

# Biodiversité insulaire :

la flore, la faune et l'homme  
dans les Petites Antilles



À l'initiative de **Jean-Louis VERNIER** (DEAL Martinique)  
sous la direction de **Maurice BURAC** (Professeur émérite)





# Actes du Colloque international

## Biodiversité insulaire la flore, la faune et l'homme dans les Petites Antilles

Schoelcher, 8 - 10 novembre 2010

*À l'initiative de Jean-Louis VERNIER*

*Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de la Martinique*

*Sous la direction de Maurice BURAC*

*Professeur émérite, GÉODE-AIHP, Université des Antilles et de la Guyane*

2013

**DEAL Martinique**

Pointe de Jaham  
97274 SCHŒLCHER Cedex  
Tél. : 05 96 59 57 00  
Fax : 05 96 59 58 00

[www.martinique.developpement-durable.gouv.fr](http://www.martinique.developpement-durable.gouv.fr)

**UAG**

Campus universitaire  
97275 SCHŒLCHER Cedex  
Tél. : 05 96 72 73 00  
Fax : 05 96 72 73 02  
[www.univ-ag.fr](http://www.univ-ag.fr)





**Conception et soutien technique**

*Rose-Hélène GUSTAVE, Maquettiste PAO, Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Martinique*

**Publié avec le soutien scientifique**

du centre de recherche GEODE Caraïbe (EA 929) – Université des Antilles Guyane

**Imprimé par**

RAPIDO

Phonepermanence

Route de Palmiste

97232 Lamentin

Tél.: 0596 756 176

Fax: 0596 756 429

email: rapido.imprimerie@wanadoo.fr

**Produit en France**

Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Martinique  
Université des Antilles et de la Guyane

ISBN 978-2-9545484-0-1

EAN 9782954548401

*Copyright © 2012 by the authors: all rights reserved.*

*Note. This volume contains original authors' abstracts reviewed and accepted by the Conference Scientific Committee*



# Sommaire

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| Comité d'organisation.....    | 7  |
| Comité scientifique.....      | 8  |
| Présentation des auteurs..... | 9  |
| Préface.....                  | 11 |
| Introduction.....             | 13 |



## MIEUX CONNAÎTRE LA BIODIVERSITÉ..... 15

### Représentations et perceptions de la biodiversité dans les îles..... 17

|  |    |
|--|----|
| <i>La Biodiversité, du néologisme à l'idéologie</i> (Jean-Raphaël Gros-Désormeaux).....  | 18 |
| <i>La Biodiversité, porteuse des prémises d'un contre-modèle de développement</i> (Raphaël Vaugirard).....   | 34 |
| <i>Valoriser la biodiversité par le biais du ludisme et de l'écotourisme : exemple d'un guide sur les arbres remarquables à la Martinique</i> (Corinne Plantin)..... | 41 |
| <i>Biodiversité et art contemporain en Martinique</i> (Franck Doria).....  | 49 |

### Une histoire naturelle de la biodiversité dans les Petites Antilles..... 54

|   |    |
|---|----|
| <i>The impacts of climate change on biodiversity and biodiversity-dependent livelihoods in the Caribbean islands</i> (Nicole Leotaud, Neila Bobb-Prescott).....                           | 55 |
| <i>Biodiversity, biogeography, and conservation of bats in the Lesser Antilles</i> (Scott C. Pedersen, Hugh H. Genoways, Gary G. Kwiecinski, Peter A. Larsen, and Roxanne J. Larsen)..... | 62 |
| <i>Introduced amphibians and reptiles in the Lesser Antilles</i> (Robert Powell, Robert W. Henderson, Gad Perry, Michel Breuil, Christina M. Romagosa).....                               | 74 |

### Reptiles et amphibiens..... 108

|  |     |
|--|-----|
| <i>Pristimantis euphronides, observations in the field and captivity: conservation implications</i> (Craig S. Berg, Billie C. Harrison, Robert W. Henderson).....  | 109 |
| <i>Composition et endémisme de l'herpétofaune martiniquaise : histoire géologique et différenciation intra-insulaire du sphérodactyle</i> (Michel Breuil).....     | 116 |
| <i>Contrasting dynamics in secondary contact zones of Anolis roquet in north-eastern Martinique</i> (Helena Johansson, Roger S. Thorpe and Yann Surget-Groba)..... | 130 |

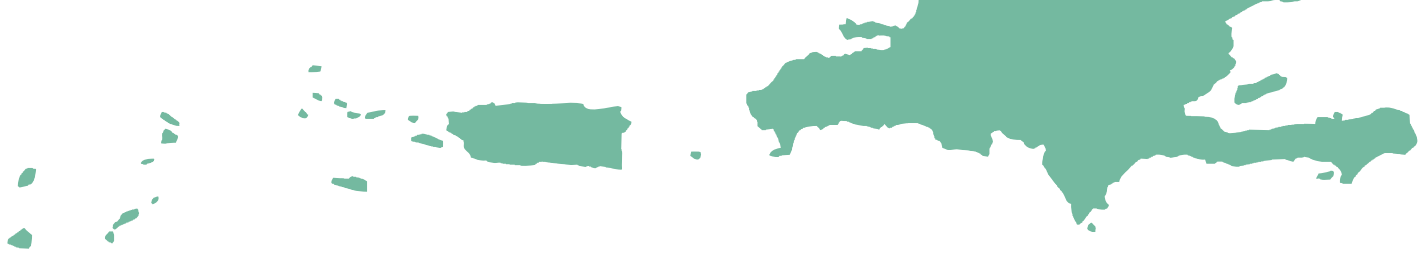
### Mammifères et oiseaux..... 140

|  |     |
|--|-----|
| <i>Biological invasion assessment: the case of House sparrow in West Indies</i> (Philippe Clergeau, Anthony Levesque).....   | 141 |
| <i>Evidence that eradicating black rats has boosted the recovery of rare reptiles and seabirds on Antiguan islands</i> (Jennifer C Daltry, Karron J. James, Andrea Otto, Toby N. Ross).....            | 146 |
| <i>Etat de la connaissance naturaliste relative au Moqueur gorge blanche à la Martinique</i> (Alexis Georges Tayalay).....   | 158 |
| <i>Cartographie par télédétection et SIG des écotopes potentiels du Moqueur gorge blanche</i> (Antoine Cheula, Jean-Raphaël Gros-Désormeaux, Yuji Kato, Alexis Georges Tayalay, Sébastien Tollis)..... | 167 |
| <i>Première étude des chauves-souris dans les goyaveraies de Martinique</i> (Rémi Picard, François Catzefflis)....   | 174 |

### TÉMOIGNAGE (Insectes)..... 184

|  |     |
|--|-----|
| <i>Les insectes des Petites Antilles : approche biogéographique</i> (Francis Dekmydt)..... | 185 |
|--|-----|





## MIEUX GÉRER LA BIODIVERSITÉ..... 193

### Enjeux de la conservation..... 195

- Invasive Alien Species Management in St. Lucia and Caribbean Partner Countries (Ulrike Krauss)..... 196*  
*Systèmes de culture innovants : vers une réintroduction de biodiversité dans les exploitations bananières des Antilles françaises (Murielle Mantran, Jérôme Tirolien, Jean-Louis Diman)..... 207*  
*Réseaux de capteurs pour la surveillance des Moqueurs Gorge-Blanche à la Martinique (Harry Gros-Désormeaux, Philippe Hunel)..... 216*

### TÉMOIGNAGES

#### De nouvelles perspectives pour la valorisation..... 220

- Un outil de protection : les réserves biologiques à la Martinique (Catherine Godefroid)..... 221*  
*La réserve naturelle des îlets de Sainte-Anne : comment concilier protection et valorisation d'un site de reproduction d'oiseaux marins (Nadine Vénumière)..... 223*  
*Le projet de réserve naturelle régionale en Baie de Génipa : un outil de protection innovant pour la Martinique (Bénédicte Chanteur)..... 229*  
*Ecotourism at the Asa Wright Nature Centre: a tool for educating children about conservation and biodiversity in Trinidad (Rachael Williams)..... 233*  
*Participatory forest management in the Caribbean: lessons on making it work, livelihood benefits and conservation benefits (Neila Bobb-Prescot, Nicole Leotaud)..... 238*  
*Les enjeux, les outils et les méthodes de sensibilisation à la biodiversité dans les établissements scolaires : des spécificités dans les établissements ultramarins ? (Magalie Ferment)..... 250*  
*Le Système d'information sur la nature et les paysages : un outil de mise en valeur des connaissances sur la nature et les paysages (Marion Patin, Gaëlle Siman, Alain Pibot)..... 254*



## QUELLE GOUVERNANCE ?..... 258

- Gouvernance et biodiversité insulaire : le cas des Antilles françaises (Maurice Burac)..... 260*  
*The importance of French overseas departments and overseas countries and territories of the European Union for the protection of biodiversity: progress so far (Bernard Deceuninck, Alison Duncan, James Millet, Julie Riegel). 270*  
*Les orientations de la gestion de la faune halieutique à la Martinique face à la complexité insulaire (Guillaume Lalubie, Maurice Montézume, Francis Dauba, Thierry Lesales)..... 279*

### TÉMOIGNAGES..... 287

- Le plan national d'actions de l'iguane des Petites Antilles 2010-2015 (Caroline Legouez)..... 288*  
*Les enjeux de préservation de la biodiversité littorale d'outre-mer : les rivages d'Amérique et de l'Océan (Magali Cerles)..... 298*  
*Conservation de la biodiversité dans l'outre-mer français : le rôle de l'UICN France (Aurélie Bocquet)..... 307*

### SYNTHÈSES DES PARTIES..... 310

- Première partie : Mieux connaître la biodiversité (Max Louis)..... 311*  
*Deuxième partie : Mieux gérer la biodiversité (Franck Dolique)..... 312*  
*Troisième partie : Quelle gouvernance ? (Patrick Queneherve)..... 314*

### RÉSUMÉS-ABSTRACTS..... 318



# Comité d'organisation

**Jean-Louis VERNIER**, Directeur adjoint de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Martinique

**Maurice BURAC**, Professeur émérite, EA 929 (GÉODE Caraïbe), Université des Antilles et de la Guyane,

**Jean-Raphaël GROS-DESORMEAUX**, Post doctorat géographie biodiversité/SIG, EA 929 (GÉODE Caraïbe), Université des Antilles et de la Guyane

**Cyrille BARNERIAS**, Chargé de mission biodiversité, espaces protégés et tortues marines, Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Martinique

**Nathalie NÉRÉE**, Chargée de communication, Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Martinique

**Colette MEDOUZE**, Responsable administrative EA 929 (AIHP-GÉODE Caraïbe), Université des Antilles et de la Guyane





# Comité scientifique

**Dr. Claude BOUCHON**, Maître de conférences  
Habilitation à Diriger des Recherches (HDR),  
Laboratoire Dynamique des Ecosystèmes Caraïbes  
et Biologie  
des Espèces Inféodées (DYNECAR), Université  
des Antilles et de la Guyane (UAG), Campus de  
Fouillole, Guadeloupe.

**Dr. Maurice BURAC**, Professeur des Universités,  
Centre de recherche Géographie Développement  
Environnement de la Caraïbe (GEODE Caraïbe),  
UAG, Campus de Schoelcher, Martinique.

**Dr. Philippe CLERGEAU**, Professeur au Muséum  
National d'Histoire Naturelle (MNHN), Département  
Ecologie et Gestion de la Biodiversité, UMR 5173,  
Paris.

**Dr. Franck DOLIQUE**, Professeur des Universités,  
UMR Espace pour le Développement (ESPACE-DEV),  
UAG, Campus de Schoelcher, Martinique.

**Dr. Blair HEDGES**, Professor of Biology,  
Department of Biology, The Pennsylvania State  
University,  
Member, NASA Astrobiology Institute Research  
Associate National Museum of Natural History,  
Washington Redlist Authority, The International Union  
for the Conservation of Nature (IUCN),  
Coordinator for the Caribbean, The International  
Union for the Conservation of Nature (IUCN), Red  
List of Threatened Species of amphibians and Global  
Amphibian Assessment.

**Dr. Frédéric JIGUET**, Professeur Associé au  
Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN),  
Département Ecologie et Gestion de la Biodiversité,  
UMR 7204 MNHN-CNRS-UPMC, Conservation des  
espèces, restauration et suivi des populations, Centre de  
Recherches sur la Biologie des Populations d'Oiseaux  
(CRBPO), Paris.

**Dr. Philippe JOSEPH**, Professeur des Universités,  
UMR Espace pour le Développement (ESPACE-DEV),  
UAG, Campus de Schoelcher, Martinique.

**Dr. Max LOUIS**, Professeur émérite, Laboratoire  
Dynamique des Ecosystèmes Caraïbes et Biologie des  
Espèces Inféodées (DYNECAR), UAG, Campus de  
Fouillole, Guadeloupe.

**Dr. Yves MONNIER**, Professeur d'ethnobiologie-  
biogéographie, Muséum National d'Histoire Naturelle  
(MNHN), Paris.

**Dr. Jacques PORTECOP**, Professeur des Universi-  
tés, biologie végétale, UAG Guadeloupe.

**Dr. Patrick QUENEHERVE**, Directeur de Re-  
cherche, Institut de Recherche pour le Développement  
(IRD), Pôle de Recherche Agro-environnementale  
de la Martinique (PRAM), UMR IRD-CIRAD-UM2  
Résistance des plantes aux bioagresseurs, Martinique.

**Dr. Gilbert VARGAS ULATE**, Professor de  
Biogeografía, Climatología, Escuela de Geografía,  
Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Costa  
Rica.

**Dr. Thierry WOIGNIER**, Directeur de Recherche  
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS),  
Laboratoire de Pédologie, Pôle de Recherche Agro-  
environnementale de la Martinique (PRAM).





# Présentation des auteurs

- **Craig S. BERG**, Curator of Reptiles and Aquarium Milwaukee County Zoological Gardens - [Craig.berg@milwctny.org](mailto:Craig.berg@milwctny.org)
- **Neila BOBB-PRESCOTT**, Senior Programme Officer, Caribbean Natural Resources Institute (CANARI) - [neila@canari.org](mailto:neila@canari.org)
- **Aurélie BOCQUET**, Chargée de programme outre-mer, Comité français de l'UICN - [aurelie.bocquet@uicn.fr](mailto:aurelie.bocquet@uicn.fr)
- **Michel BREUIL**, Muséum national d'histoire naturelle, Département de Systématique et d'Évolution, Amphibiens-Reptiles UMR 7205 CNRS «Origine, structure et évolution de la biodiversité», 57, rue Cuvier, CP n° 30, 75231 Paris cedex 05, France - [breuil.michel@gmail.com](mailto:breuil.michel@gmail.com)
- **Maurice BURAC**, Professeur émérite, GEODE Caraïbe, Université des Antilles et de la Guyane, B.P. 7207, 97275 Schoelcher Cedex – Martinique
- **François CATZEFLIS**, Directeur de recherche à l'Institut des Sciences de l'Évolution (UMR 5554 CNRS), Université de Montpellier II – 34095 Montpellier - [francois.catzefflis@univ-montp2.fr](mailto:francois.catzefflis@univ-montp2.fr)
- **Magali CERLES**, Déléguée adjointe de la Délégation Outre Mer du Conservatoire du littoral
- **Bénédicte CHANTEUR**, Chargé de mission scientifique, Parc Naturel Régional de la Martinique - [sig-pnrm@wanadoo.fr](mailto:sig-pnrm@wanadoo.fr)
- **Antoine CHEULA**, Ingénieur d'étude, Centre IRD Martinique-Caraïbe, Projet CARIBSAT, B.P. 8006, 97259 Fort-de-France Cedex – Martinique
- **Philippe CLERGEAU**, Professeur, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris
- **Jennifer C. DALTRY**, Fauna & Flora International, Jupiter House, Station Road, Cambridge CB1 2JD, UK
- **Francis DAUBA**, Chercheur, ENSAT, Av. de l'Agrobiopole, 31 326 Castanet tolosan - [dauba@ensat.fr](mailto:dauba@ensat.fr)
- **Bernard DECEUNINCK**, Responsable de programmes, service étude et patrimoine naturel, Ligue pour la Protection des Oiseaux/BirdLife France - [bernard.deceuninck@lpo.fr](mailto:bernard.deceuninck@lpo.fr)
- **Francis DEKNUYDT**, CSRPN, responsable pour la faune - [francis.deknuydt@wanadoo.fr](mailto:francis.deknuydt@wanadoo.fr)
- **Jean-Louis DIMAN**, ingénieur agroéconomiste - [jean-louis.diman@antilles.inra.fr](mailto:jean-louis.diman@antilles.inra.fr)
- **Franck DOLIQUE**, Professeur des Universités, UMR 228 ESPACE-DEV (IRD-UM2-UAG-UR), Université des Antilles et de la Guyane, Campus de Martinique, BP 7207 – 97275 Schoelcher Cedex, Martinique - FWI
- **Franck DORIAN**, Maître de conférences en Arts plastiques à l'université de Provence (Aix-Marseille 1) et chercheur au Laboratoire d'Études en Sciences des Arts (LESA, EA 3274), Docteur en Arts plastiques et Docteur en Sciences de l'Art - [franck.dorian@univ-provence.fr](mailto:franck.dorian@univ-provence.fr)
- **Alison DUNCAN**, Chef de la mission internationale, Ligue pour la Protection des Oiseaux/BirdLife France - [alison.duncan@lpo.fr](mailto:alison.duncan@lpo.fr)
- **Magalie FERMENT**, Association Civisme et Démocratie – CIDEM, Chargée de Mission Départements d'Outre-Mer - [ferment@cidem.org](mailto:ferment@cidem.org)
- **Hugh H. GENOWAYS**, University of Nebraska State Museum, W436 Nebraska Hall, University of Nebraska-Lincoln, Lincoln, NE 68588 - [hgenoways1@unl.edu](mailto:hgenoways1@unl.edu)
- **Catherine GODEFROID**, Chargée de mission recherche et gestion des milieux naturels, Office National des Forêts (ONF) - Martinique
- **Harry GROS-DÉSORMEAUX**, Chercheur-enseignant, LAMIA, Université des Antilles et de la Guyane, B.P. 7207, 97275 Schoelcher Cedex – Martinique
- **Jean-Raphaël GROS-DÉSORMEAUX**, Chargé de recherche CNRS, Centre de recherche sur les pouvoirs locaux dans la Caraïbe (CRPLC), UMR-CNRS 8053, Faculté de droit et d'économie de la Martinique, Université des Antilles et de la Guyane, BP 7209, 97275 Schoelcher Cedex (Martinique) - [jrmgrosdesormeaux@yahoo.fr](mailto:jrmgrosdesormeaux@yahoo.fr)
- **Billie C. HARRISON**, Primary Ectotherm Specialist Racine Zoological Gardens - [Bharrison@racinezoo.org](mailto:Bharrison@racinezoo.org)
- **Robert W. HENDERSON**, Curator of Herpetology, Section of Vertebrate Zoology, Milwaukee Public Museum, Milwaukee, WI 53233, USA - [Henderson@mpm.edu](mailto:Henderson@mpm.edu)
- **Philippe HUNEL**, Maître de Conférences, LAMIA, Université des Antilles et de la Guyane, B.P. 7207, 97275 Schoelcher Cedex – Martinique
- **Karron J. JAMES**, Environmental Awareness Group, P.O. Box 2103, Long Street, St. John's, Antigua
- **Helena JOHANSSON**, Institutionen för Ekologi, Miljö och Geovetenskap, Fysiologhuset, Umeå Universitet, SE-901 87 Umeå, Sweden
- **Yuji KATO**, Ingénieur d'étude, Centre IRD Martinique/Caraïbe, Projet CARIBSAT, B.P. 8006, 97259 Fort-de-France Cedex – Martinique
- **Ulrike KRAUSS**, Invasive Species Coordinator, Department of Forestry, Ministry of Agriculture, Lands, Fisheries and Forestry (MALFF), Union Saint Lucia, Tel.: (+1-758) 468 5646; Fax: (+1-758) 450 2287; Skype: [ulrike\\_krauss](mailto:ulrike_krauss) - [ulrike.krauss@gmail.com](mailto:ulrike.krauss@gmail.com)



- 
- **Gary G. KWIECINSKI**, Department of Biology, University of Scranton, Scranton, PA 18510 - [ggk301@UofS.edu](mailto:ggk301@UofS.edu)
  - **Guillaume LALUBIE**, Docteur en géographie, AIHP-Géode caraïbe, EA 929, B.P. 7207, Université des Antilles et de la Guyane, 97 275 Schoelcher - [g.lalubie@hotmail.fr](mailto:g.lalubie@hotmail.fr)
  - **Peter A. LARSEN**, Department of Biological Sciences and Museum, Texas Tech University, Lubbock, TX 79409 - [peter.larsen@ttu.edu](mailto:peter.larsen@ttu.edu)
  - **Roxanne J. LARSEN**, Department of Biological Sciences and Museum, Texas Tech University, Lubbock, TX 79409 - [roxy.larsen@ttu.edu](mailto:roxy.larsen@ttu.edu)
  - **Thierry LESALES**, Docteur en géographie, AIHP-GÉODE caraïbe, EA 929, B.P. 7207, Université des Antilles et de la Guyane, CIHENCE - 112 Av. de Paris, 94 300 Vincennes - [mail@cihence.com](mailto:mail@cihence.com)
  - **Caroline LEGOUEZ**, Chargée de mission iguanes, Cellule Technique ONCFS Martinique - [Caroline.LEGOUEZ@developpement-durable.gouv.fr](mailto:Caroline.LEGOUEZ@developpement-durable.gouv.fr), [caroline.legouez@oncfs.gouv.fr](mailto:caroline.legouez@oncfs.gouv.fr)
  - **Nicole LEOTAUD**, Executive Director, Caribbean Natural Resources Institute (CANARI) - [nicole@canari.org](mailto:nicole@canari.org)
  - **Anthony LEVESQUE**, Naturaliste, AMAZONA Guadeloupe
  - **Max LOUIS**, Professeur émérite, Laboratoire Dynamique des Ecosystèmes Caraïbes et Biologie des Espèces Inféodées (DYNECAR), Université des Antilles et de la Guyane, Campus de Fouillole, BP 592, 97159 Pointe-à-Pitre cedex
  - **Murielle MANTRAN**, ingénieure géographe géomaticienne - [murielle.mantran@antilles.inra.fr](mailto:murielle.mantran@antilles.inra.fr)
  - **James MILLET**, Royal Society for the Protection of Birds/BirdLife Partner UK, International Officer james - [millett@rspb.org.uk](mailto:millett@rspb.org.uk)
  - **Maurice MONTÉZUME**, Président de la FDAAPPMA, n° 283 Route de Balata, 97 234 Fort-de-France - [Fedepeche@hotmail.fr](mailto:Fedepeche@hotmail.fr)
  - **Andrea OTTO**, Environmental Awareness Group, P.O. Box 2103, Long Street, St. John's, Antigua
  - **Marion PATIN**, Chargée de mission SINP Mer Outremer, Muséum National d'Histoire Naturelle, CRESCO Dinard - [patin@mnhn.fr](mailto:patin@mnhn.fr)
  - **Scott C. PEDERSEN**, Department of Biology and Microbiology, South Dakota State University, Brookings, SD 57007 - [Scott\\_Pedersen@sdstate.edu](mailto:Scott_Pedersen@sdstate.edu)
  - **Gad PERRY**, Department of Natural Resource Management, Texas Tech University, Lubbock, TX 79409, USA
  - **Alain PIBOT**, Coordinateur SINP Mer, Agence des Aires Marines Protégées, Brest - [alain.pibot@airesmarines.fr](mailto:alain.pibot@airesmarines.fr)
  - **Rémi PICARD**, Chargé d'études de la Fédération Régionale de Défense des Organismes Nuisibles de la Martinique, Croix Rivail – 97224 Ducos - [r.picard@fredon972.fr](mailto:r.picard@fredon972.fr)
  - **Corinne PLANTIN**, Docteur en Géographie qualifiée à la fonction de maître de conférences – Géode Caraïbe - Chargée d'études et Responsable de la cellule Environnement du Conseil d'Architecture, d'Urbanisme et de l'Environnement de la Martinique - [plantin.corinne@wanadoo.fr](mailto:plantin.corinne@wanadoo.fr)
  - **Robert POWELL**, Department of Biology, Avila University, Kansas City, MO 64145, USA - [robert.powell@avila.edu](mailto:robert.powell@avila.edu)
  - **Patrick QUENEHERVE**, Directeur de centre et Représentant de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Président du Pôle de Recherche Agro-environnementale de la Martinique (PRAM), Directeur de Recherche, UMR IRD-CIRAD-UM2 Résistance des plantes aux bioagresseurs, Martinique, 3 rue de la Rose des vents, BP 8006, 97259 – Fort de France Cedex
  - **Julie RIEGEL**, Ligue pour la Protection des Oiseaux/BirdLife France, Responsable de programmes de la mission internationale - [julie.riegel@lpo.fr](mailto:julie.riegel@lpo.fr)
  - **Christina M. ROMAGOSA**, Department of Biological Sciences, Auburn University, Auburn, AL 36849, USA
  - **Toby N. ROSS**, Environmental Awareness Group, P.O. Box 2103, Long Street, St. John's, Antigua
  - **Gaëlle SIMIAN**, Chargée de mission SINP Mer Méditerranée, Université de La Rochelle - [gaelle.simian@univ-lr.fr](mailto:gaelle.simian@univ-lr.fr)
  - **Yann SURGET-GROBA**, Université de Genève, Science III, 4ème étage, 30 Quai Ernest Ansermet, 1211 Genève 4, Switzerland - [yann@surget-groba.ch](mailto:yann@surget-groba.ch)
  - **Alexis Georges TAYALAY**, Naturaliste, Association Ornithologique de la Martinique, (AOMA), Pointe Fort, 97231 Le Robert
  - **Roger S. THORPE**, School of Biological Sciences, College of Natural Sciences, Bangor University, Deiniol Road, Bangor, Gwynedd, LL57 2UW, UK
  - **Jérôme TIROLIEN**, ingénieur agronome - [jerome.tirolien@antilles.inra.fr](mailto:jerome.tirolien@antilles.inra.fr)
  - **Sébastien TOLLIS**, Ingénieur d'étude, Centre IRD Martinique/Caraïbe, Projet CARIBSAT, B.P. 8006, 97259 Fort-de-France Cedex – Martinique
  - **Raphaël VAUGIRARD**, Economiste, GEODE Caraïbe, Université des Antilles et de la Guyane, B.P. 7207, 97275 Schoelcher Cedex – Martinique
  - **Nadine VÉNUMIÈRE**, Chargée de mission espaces protégés, Parc Naturel Régional de la Martinique
  - **Rachael WILLIAMS**, Ph.D., The University of Trinidad and Tobago, Trinidad, West Indies - [rachaew@yahoo.com](mailto:rachaew@yahoo.com)

# Préface

Jean-Louis VERNIER, DEAL

La Martinique fait partie du point chaud de la biodiversité des îles caraïbéennes qui se distingue par un important endémisme et de fortes menaces. Sa richesse exceptionnelle est entre autres due à son climat tropical et sa construction géologique différenciée, à l'origine d'un ensemble d'îles possédant un lien ténu avec les espaces continentaux voisins. Cette biodiversité a rendu et rend encore bon nombre de services dont certains sont mal connus et largement sous-estimés, y compris en ce qui concerne leur impact économique indirect : attrait touristique, qualité des eaux, lutte anti-érosive, etc.

La protection de la biodiversité passe par trois axes principaux : connaissance, protection et valorisation. Ces trois axes ont sous-tendu l'organisation de ce colloque international sur la Biodiversité des Petites Antilles, dont ces actes rendent compte. Cette manifestation scientifique organisée par la Direction de l'Environnement (DIREN, intégrée depuis dans la DEAL) et l'Université des Antilles et de la Guyane avait pour objectif de partager les connaissances sur la biodiversité des Petites Antilles, sur les pratiques des gestionnaires et sur les actions associatives. Elle a réuni des scientifiques, des gestionnaires et permis à de nombreux participants de découvrir ou de mieux connaître les travaux effectués dans les îles voisines.

Ce colloque international a été l'occasion de présenter également les actions des associations oeuvrant pour l'environnement dans le cadre du village de la Biodiversité qui jouxtait la salle de conférence. Ont ainsi participé à la vie de ce village : le Carouge, SEVE-APNE, le CAUE, Eco-civisme, le Comité de la Randonnée Pédestre de Martinique, la Fédération des Associations de pêche et de protection du milieu aquatique, Madinair et Educoa. Les prix du concours photo organisé par la DIREN ont été remis à l'occasion de ce colloque.

La réalisation de cette manifestation internationale de très haut niveau n'aurait pas été possible sans la forte implication des scientifiques, venus de très loin parfois, des gestionnaires, des associations, mais aussi des chevilles ouvrières que furent Jean-Raphaël Gros-Désormeaux, Cyrille Barnérias, Nathalie Nérée, Colette Médouze et Rose-Hélène Gustave. On peut ici saluer les prouesses d'organisation de l'entreprise TAG Sarl et de sa gérante Mme Joëlle De Laval. Gageons que ces actes permettront d'apprécier la qualité des échanges qui ont eu lieu et pourront servir à améliorer la connaissance de nos îles si riches et fragiles des Petites Antilles.



CAUE



Association Le Carouge





Photographies des  
lauréats du concours  
photos DIREN



Fédération  
Française de la  
Randonnée Pédestre



Madininair



Association Eco-Civisme



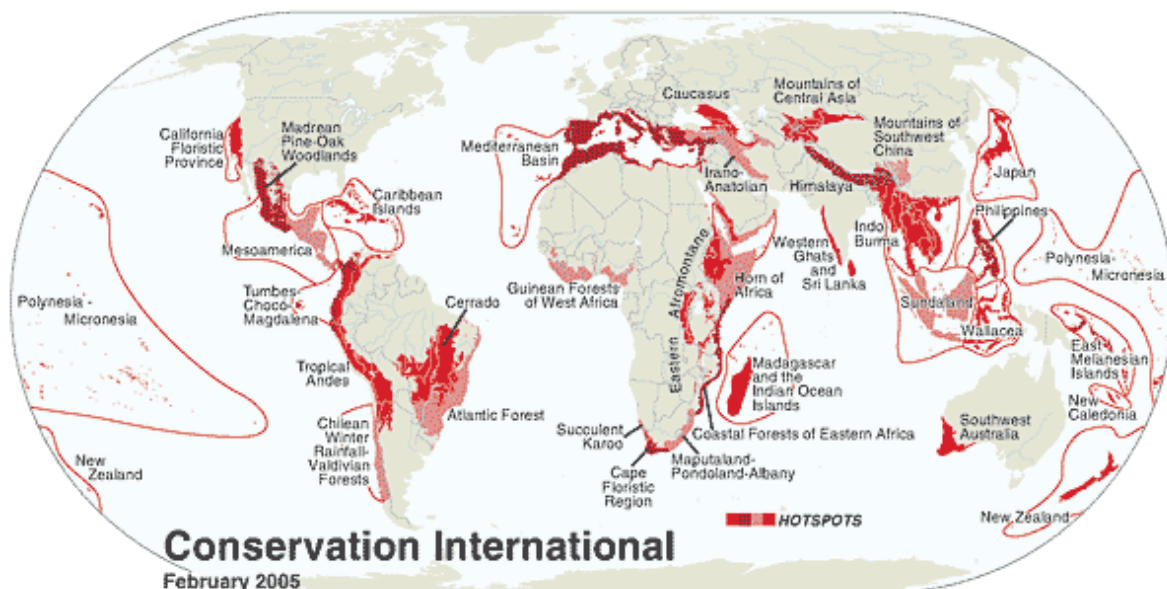
Association SÈVE



# Introduction

Maurice BURAC, UAG

La Caraïbe constitue l'un des 34 points chauds (*hot spot*) ou zones critiques de conservation de la diversité biologique (*Figure 1*). Dans cet espace éclaté, la flore et la faune, caractérisées par leur richesse et leur fragilité sont confrontées à une pression anthropique qui conduit à accélérer l'érosion de la diversité biologique mondiale. En réponse à l'appel lancé par l'Organisation des Nations Unies, demandant aux pays membres de participer activement, en 2010, à l'Année internationale de la diversité biologique, la Direction de l'environnement de la Martinique (DIREN) et l'Université des Antilles et de la Guyane (UAG - Laboratoire GÉODE-AIHP) ont réussi à réunir un très grand nombre de participants au colloque de novembre 2010, consacré à la biodiversité des Petites Antilles. Cette rencontre a été l'occasion de permettre à des scientifiques de renom de partager les résultats de leur recherche menée sur la biodiversité terrestre, zones humides comprises. Les échanges avec les gestionnaires travaillant sur le terrain, les ingénieurs agronomes, les représentants d'administrations, d'associations ornithologiques, ou de chasseurs, de pêcheurs, de randonnées pédestres, ou avec le grand public, tous concernés par la conservation de la nature, avaient été des plus fructueux.




**Figure 1.** Les "hauts lieux" de la biodiversité mondiale (Conservation internationale)

Les actes de ce colloque intitulé : « Biodiversité insulaire : la flore, la faune et l'homme dans les Petites Antilles » sont constitués des contributions de chercheurs, de naturalistes et autres spécialistes. Des témoignages très riches, émanant de professionnels tels que de gestionnaires de la flore, de la faune et des habitats, ou de représentants d'associations complètent ces présentations. Les contributeurs sont parfois rattachés aux départements de biologie et de microbiologie d'universités, aux Instituts de ressources naturelles, aux Muséum d'histoire naturelle, à des Unités mixtes de recherche, à des laboratoires de recherche ou à des institutions diverses. Ils sont basés pour la plupart aux Etats-Unis, dans la Caraïbe, en Europe, Grande-Bretagne et France notamment.

Le dossier final est un ouvrage structuré en trois parties, avec un agencement de chapitres différent parfois de celui du colloque, du fait notamment du regroupement de certaines communications sous la forme de témoignages. La première, intitulée : « Mieux connaître la biodiversité » concerne, pour commencer, les représentations et perceptions de la biodiversité dans les îles. À partir de la réflexion sur le néologisme *biodiversité* (Jean-Raphaël Gros-Désormeaux), le lecteur est en mesure d'apprécier l'ouverture des différentes disciplines sur les nouveaux rapports entre l'homme et la nature ou le passage d'une perception anthropocentriste de la biodiversité à une perception biocentriste, nécessitant de nouveaux modèles de développement. La biodiversité est d'ailleurs porteuse des prémisses d'un contre-modèle de développement (Raphaël Vaugirard). Sa valorisation par le biais du ludisme et de l'écotourisme (Corinne Plantin), ou à travers l'art contemporain (Franck Doriac) s'avère pertinente.

Dans cette première partie, sont aussi traités quelques aspects de l'histoire naturelle de la biodiversité. L'impact des changements climatiques sur la flore et la faune des îles de la Caraïbe (Nicole Leotaud), avec ses conséquences sur les ressources naturelles ou sur les activités liées au tourisme, à l'agriculture, à la pêche ou à la foresterie mobilise de plus en plus les spécialistes ou les organisations non gouvernementales.





Les scientifiques se préoccupent beaucoup de la faune chiroptère qui compte près de 26 espèces de chauve-souris dans les Petites Antilles, dont onze espèces endémiques, pour lesquelles il est nécessaire de maintenir la conservation (Scott C. Pedersen *et al.*). Les informations relatives à 163 cas d'introduction de 61 espèces d'amphibiens et de reptiles (Robert Powell *et al.*), avec les motivations de ces introductions ou leurs effets connus sur les espèces indigènes sont essentiels à comprendre.

La situation extrême de la grenouille de Grenade (*Pristimantis euphronides*), espèce endémique en danger figurant sur la liste rouge de l'UICN, qui perd de plus en plus de terrain, face à l'espèce invasive l'Hylode Johnstone (*Eleutherodactylus johnstonei*) est d'ailleurs bien confirmée (Craig S. Berg *et al.*). L'étude de la composition et l'endémisme de l'herpétofaune martiniquaise, à travers l'histoire géologique et la différenciation intra-insulaire du sphérodactyle (*Sphaerodactylus vincenti*, Sphaerodactylidae) apporte de nouveaux éléments sur la divergence d'une espèce en fonction de ses caractéristiques biologiques (Michel Breuil). L'étude des zones de contact secondaires, dans le cas de l'*Anolis roquet* de la Martinique (Helena Johansson *et al.*) peut renseigner sur les processus à l'origine de la divergence et de la spéciation.

De nouvelles connaissances sont livrées au lecteur concernant les mammifères (Jennifer C. Daltry *et al.* ; Rémi Picard et François Catzeflis), les oiseaux (Philippe Clergeau ; Alexis Georges Tayalay ; Antoine Cheula) ou les insectes (Francis Deknuydt). Elles portent non seulement sur les espèces endémiques en danger ou menacées, comme le Moqueur gorge blanche (*Ramphocinclus brachyurus*), mais aussi sur l'impact des espèces invasives sur la biodiversité, ou sur les productions agricoles et la pêche, avec l'exemple du moineau domestique (*Passer domesticus*) ou du rat noir (*Rattus rattus*).

La deuxième partie de l'ouvrage : « Mieux gérer la biodiversité » débute avec des contributions relatives aux enjeux de la conservation. La lutte contre les espèces invasives végétales ou animales nécessite une organisation rigoureuse afin de garantir la conservation de la nature et des ressources naturelles. L'exemple de Sainte-Lucie et de pays partenaires de la Caraïbe (Ulrike Krauss) traduit le niveau de conscience atteint. En culture bananière, une réalité chasse l'autre aux Antilles françaises. Ainsi, faisant suite à des systèmes de cultures essentiellement productivistes, synonymes de recherche de rendements maxima et d'utilisation massive de pesticides, d'herbicides et de nématicides, à l'origine de dommages environnementaux, la tendance est à la diminution de la pression phytosanitaire et à une réintroduction de la biodiversité sur les plantations (Murielle Mantran *et al.*). De nouvelles méthodologies accompagnées d'outils d'investigation innovants sont aussi mises au point en matière de gestion de l'avifaune (Harry Gros-Désormeaux).

Diverses contributions sous forme de témoignages sont consacrées aux nouvelles perspectives pour la valorisation de la biodiversité. Les réserves biologiques forestières constituent un vrai outil de protection (Catherine Godefroid). En Martinique, la transformation des îlets de Sainte-Anne en réserves naturelles, afin de concilier protection et valorisation des sites de reproduction d'oiseaux marins (Nadine Vénumière), ou le projet de transformation de la Baie de Génipa en réserve naturelle régionale d'intérêt mondial (Bénédicte Chanteur) visent une meilleure conservation de la biodiversité. La volonté de promouvoir ou de diversifier les produits écotouristiques (Rachael Williams) ; de consolider et de tirer parti de la ressource forestière (Neila Bobb-Prescot) dans le cadre des actions de l'Institut caraïbéen des ressources naturelles ; de donner toute sa place à l'enseignement de la biodiversité dans les établissements scolaires de l'outre-mer (Magalie Ferment) ; et le recours à de nouveaux dispositifs d'intervention, dont les systèmes d'information sur la nature et les paysages (Marion Patin) sont d'autres atouts susceptibles de contribuer à l'émergence de nouvelles pratiques visant à freiner l'érosion de la biodiversité dans le *hot spot* caraïbéen.

Dans la troisième partie de l'ouvrage, intitulée : « Quelle gouvernance ? », l'accent est mis sur le bilan des orientations, des politiques publiques menées en matière de conservation de la nature, de protection des espèces en danger ou menacées, ceci à l'échelle régionale ou locale, avec l'aide de donateurs bilatéraux ou multilatéraux, ou dans le cadre de préoccupations d'organismes intergouvernementaux. Les particularités des Antilles françaises sont soulignées (Maurice Burac), de même que les progrès réalisés dans la prise en compte par l'Union européenne de la biodiversité de l'outre-mer (Bernard Deceuninck), ou les orientations de la gestion de la faune halieutique en Martinique (Guillaume Lalubie). Des cas concrets sont analysés sous forme de témoignages : plan national d'action relatif à l'iguane des Petites Antilles (*Iguana delicatissima*) 2010-2015 (Caroline Legouez) ; enjeux de préservation de la biodiversité littorale d'outre-mer - Rivages d'Amérique et de l'Océan Indien (Magali Cerles) ; conservation de la biodiversité dans l'outre-mer français : le rôle de l'UICN France. Ils montrent, qu'en dépit d'avancées incontestables réalisées durant les dernières années, des contraintes diverses - physiques, techniques, politiques ou sociales - continuent à favoriser la diminution de la diversité biologique dans cette partie du monde.

L'ouvrage se termine par la synthèse des communications présentées lors du colloque de novembre 2010 (Max Louis ; Franck Dolique ; Patrick Quehenerve).





*Colibri falle vert - Yohan BONTÉ  
(Concours photo DIREN Biodiversité)*

**1**ère partie

Mieux connaître  
la Biodiversité



*Intervenants*



*Jennifer C DALTRY*







*Lambi - Fabien VEDIE*

# Représentations et perceptions de la Biodiversité dans les îles



# La Biodiversité, du néologisme à l'idéologie


Jean-Raphaël GROS-DESORMEAUX

L'inventaire des différentes formes de vie qui peuplent la biosphère est une activité particulièrement ancienne. Parmi les œuvres majeures citées par le Professeur Paul Arnould en 2005, il est fait référence aux écrits de Théophraste sur les plantes entre 314 et 313 avant Jésus-Christ ; aux 37 volumes de Pline l'Ancien rédigés entre 79 et 23 avant Jésus-Christ sur l'histoire naturelle du monde méditerranéen et de ses annexes septentrionales ; aux travaux de savants d'origine arabe tels l'Anvicenne et El Biruni ; aux inventaires de David Douglas dans les forêts de l'Ouest américain ; ainsi qu'aux collections de Linné et de Jussieu. Bien que ces travaux relevassent de la connaissance du vivant, il n'était nullement fait mention du concept de diversité biologique et encore moins du néologisme biodiversité. Ce ne sera qu'à partir de la fin du XXe siècle que des discours alarmistes sur l'érosion de la diversité biologique mondiale (Leakey *et al.*, 1998 ; Teyssède, 2005), tenus aussi bien par des écologistes que par des écologues, favoriseront l'émergence et la popularisation de ces notions.

L'érosion de la diversité biologique et plus généralement de la biodiversité fait en effet partie des problèmes centraux du début du XXIe siècle. Héritée de l'accélération du développement, elle représente un axe de réflexion prioritaire. La diversité biologique de la biosphère s'est en effet maintenue pendant longtemps dans un équilibre où les processus d'extinction et de spéciation se produisirent à l'échelle des ères géologiques tout au long de l'évolution de la vie sur terre. Le taux d'extinction des espèces serait 1 000 à 10 000 fois supérieur à ce qu'il devrait être naturellement à l'échelle des ères géologiques (Le Danff, 2002). Le taux naturel d'extinction des espèces de mammifères et d'oiseaux a été estimé à une espèce tous les 500 à 1 000 ans (PNUE, 2002). Le taux d'extinction naturel est actuellement évalué à deux pour mille espèces par an (Le Danff, 2002). Or, la constitution d'une nouvelle espèce nécessiterait entre cinq et dix millions d'années (Leakey *et al.*, 1998). Le rapport sur l'avenir de l'environnement mondial du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE, 2002) fait état d'un bilan alarmant pour ce qui relève du déclin et de la disparition des espèces : depuis 1970, cinquante-huit espèces de poissons, une espèce de mammifère et neuf espèces d'oiseaux se seraient éteintes. Les estimations actuellement proposées par l'Union internationale pour la

conservation de la nature (UICN, 2006) mettent en évidence une accélération du rythme d'érosion de la biodiversité : entre 1996 et 2006, le nombre total de vertébrés menacés est passé de 3 314 à 5 624 espèces. Un mammifère sur quatre, un oiseau sur huit, un tiers de tous les amphibiens et 70% de toutes les plantes évaluées sont en péril. Parmi les changements enregistrés en 2007, on relève notamment : le déclin continu des grands singes, la détérioration de la situation des différentes espèces de vautours, l'apparition des coraux dans la liste rouge dont deux espèces des îles Galápagos sont considérées « en danger critique d'extinction » (Van Kote, 2007). Plus encore, des études prospectives proposent qu'un réchauffement global de 0,8° C à 2,2° C en 2050 devrait se solder à terme par l'extinction de 15% à 37% des espèces de papillons, vertébrés et plantes terrestres peuplant les diverses grandes régions considérées (Teyssède, 2005). Néanmoins, l'anthropisation est le facteur explicatif le plus fréquemment mis en cause. L'action directe ou indirecte de l'homme est citée dans toutes les causes d'érosion : dégradation et disparition des habitats, changements climatiques et réchauffement de la planète, accroissement des dépôts azotés, impact des marées noires, consommation et commerce international d'espèces, invasions d'organismes exotiques (PNUE, 2002).

Dans ce contexte apparent de crise écologique mondiale, les termes de *biodiversité* et de diversité biologique sont généralement utilisés indifféremment pour parler du même phénomène. Pour reprendre les propos de Jacques Blondel, ces mots s'apparenteraient à *une coquille vide où chacun met ce qu'il veut* (Blondel, 1995). L'utilisation indifférenciée des mots *biodiversité* et *diversité biologique* témoigne des difficultés de conceptualisation que suscite actuellement ce phénomène. En effet, formé il y a une vingtaine d'années, le mot biodiversité, né du néologisme de l'expression diversité biologique, s'est rapidement vulgarisé. Il est désormais utilisé dans de nombreux débats concernant la qualité de la vie, l'urbanisme, l'aménagement rural, le développement durable et dépasse largement le champ de l'écologie auquel il fait référence. Cela s'explique par l'ambiguïté qui règne autour de ces termes : ils s'utilisent à la fois pour inventorier des objets et pour parler des interactions complexes qu'ils entretiennent entre eux et avec leur environnement. Ces acceptions différentes d'une même expression posent précisément un problème de conceptualisation. En effet, la popularité du terme biodiversité peut



susciter des confusions à cause de son utilisation dans des sens différents qui ne se réfèrent souvent à aucun phénomène nettement défini. Le mot s'applique de surcroît à une vaste gamme de domaines touchant à l'écologie, l'économie, la biologie de la conservation, les sciences sociales, l'éthique de l'environnement, le droit, etc. Conscientes du problème que pose ce manque de légitimité scientifique, la géographie, l'économie, l'écologie et la sociologie ont tenté d'apporter quelques éléments de réponse en faisant appel à l'expérience et au savoir de représentants de diverses spécialités (Marty *et al.*, 2005). En effet, au *croisement* de nombre de disciplines scientifiques, la biodiversité est approchée de manière pluridisciplinaire. Ainsi, des géographes, des sociologues, des écologues, des juristes, des ethnologues, des anthropologues et des économistes ont cherché à établir les fondements de sa conceptualisation à travers son interdisciplinarité. Ils l'abordent sous différents aspects et dans un cadre disciplinaire différencié axé sur leurs propres problématiques. Pourtant, ils reconnaissent tous que les questions soulevées par la biodiversité sont celles des interactions entre les hommes et la nature. Le terme biodiversité s'utilise actuellement pour parler des problématiques relatives aux interactions entre les hommes et les êtres vivants qui constituent l'actuelle biosphère.

Dans un contexte international où le mot biodiversité est devenu l'une des notions clés des débats environnementaux des deux dernières décennies, l'objectif de cette analyse est de démontrer que la caractérisation du néologisme biodiversité est entachée d'un flou étonnant qui permet de l'interpréter comme une véritable idéologie. En effet, son appropriation et son utilisation par nombres d'acteurs sociaux et plus récemment par les sciences de l'homme et de la société, lui confèrent une signification qui va bien au-delà de la définition d'origine du concept de diversité biologique. Pour ce faire, nous avons choisi d'illustrer nos représentations de la *diversité biologique* puis de la *biodiversité* à partir d'exemples tirés dans la zone des Petites Antilles, et plus particulièrement dans les Antilles françaises. Il est nécessaire de préciser que le point de vue ici proposé n'a nullement la prétention de s'imposer comme étant la définition de ce que serait la *biodiversité*. Néanmoins, il présente l'avantage de proposer une vision originale de ce que sous-tend cette abstraite notion.

## Le concept de diversité biologique, un inventaire du vivant

En 1987, le bureau d'évaluation technologique du congrès américain, *Office of technology assessment* (OTA), postula que la diversité biologique se rapporte à la variabilité et à la *variété parmi les diverses formes de vie et dans les complexes écologiques dans lesquels elles se rencontrent*. McNeely (1990) étaye cette définition en citant les groupes d'êtres vivants et les complexes écologiques, soit *l'ensemble*

*des espèces de plantes, d'animaux et de micro-organismes ainsi que les écosystèmes et les processus écologiques. Dès lors, la diversité biologique représentera le degré de variété naturelle incluant à la fois le nombre et la fréquence des écosystèmes, des espèces et des gènes dans un ensemble donné*<sup>1</sup>. En effet, les systèmes biologiques sont des ensembles complexes, hétérogènes et hiérarchiquement emboîtés. Les atomes s'agencent en cristaux ou en molécules qui s'organisent en cellules capables de se reproduire. L'agrégation et la coopération entre les cellules constituent des organismes multicellulaires. L'individu, unicellulaire ou pluricellulaire ainsi constitué, est considéré comme l'unité élémentaire du monde vivant. Il est porteur d'un patrimoine génétique propre qui constitue son génotype et dont l'expression sera le phénotype. Les individus susceptibles d'échanges génétiques fertiles et féconds sont regroupés en espèces. Les individus d'une même espèce habitant un même milieu s'organisent en population. Les ensembles plurispécifiques délimités généralement à partir des bases de la taxinomie forment des peuplements ou des communautés. L'ensemble des populations d'espèces animales et végétales qui évoluent au sein d'un milieu donné constitue une biocénose.

En définissant la diversité biologique par la variété de ses composantes à différentes échelles d'analyse, les précédents auteurs semblent minimiser son aspect fonctionnel. Sandlund (1993) comblera cette lacune en attribuant à la diversité biologique la *variété fonctionnelle des diverses formes de vie qui peuplent la biosphère aux niveaux d'organisation et de complexité croissante : génétique, population, espèce, communauté, écosystèmes*. Jacques Blondel (1995) aborda son aspect pratique en la caractérisant par la *quantité et la structure de l'information contenue dans des systèmes vivants hiérarchiquement emboîtés*. De manière théorique, l'expression diversité biologique désigne donc un *ensemble d'entités d'importance et de complexité variables et croissantes* (Ramade, 2002). Nous retiendrons que la diversité biologique peut être définie comme la *quantité et la structure de l'information contenue dans des systèmes vivants hiérarchiquement emboîtés* (Blondel, 1995). Elle s'appréhende donc selon différents niveaux interdépendants et hiérarchiquement emboîtés. On parlera de diversité génétique intra et inter-populations, de diversité spécifique, de diversité des assemblages d'espèces, de diversité des écosystèmes au sein des paysages et de diversité dans le temps, de systèmes biologiques changeants qui évoluent.

<sup>1</sup> Traduction de « biological diversity encompasses all species of plants, animals, and microorganisms and the ecosystems and ecological processes of which they are parts » dans McNEELY, J. A. et coll. (1990). *Conserving the world's biological diversity*. Gland, Switzerland and Washington D.C. : The International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, World Resources Institute, Conservation International, World Wildlife Fund-US and World Bank, 193 p., p. 17.

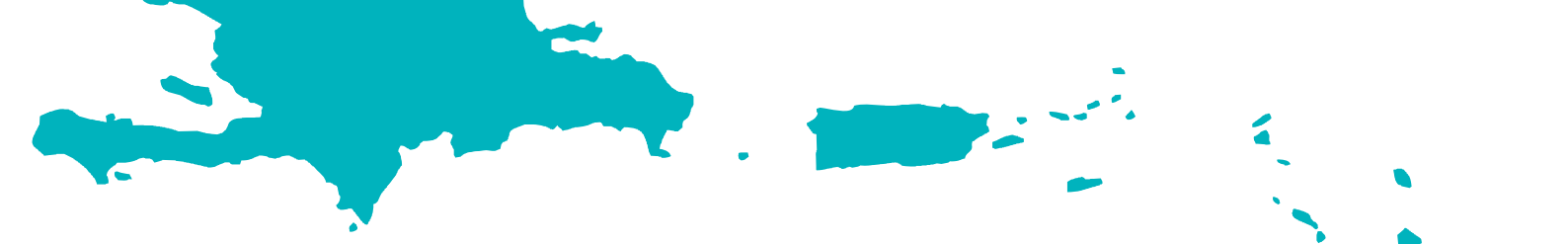


Les propositions précédemment exposées laissent prétendre que ce concept de diversité biologique est utilisé pour déterminer le degré de variabilité dans la complexité de systèmes biologiques structurés dans lesquels chaque élément est aussi caractérisé par des fonctions. Ces systèmes sont hiérarchiquement emboîtés selon des niveaux d'organisation. Ceux relatifs aux échelles biosystémiques intracellulaire, cellulaire et organique proposés par Alain Lacoste et Robert Salanon (2001) sont les suivants : la macromolécule, l'organite intracellulaire, la cellule, le tissu, l'organe, le module, l'individu, la population, la communauté, le complexe de communauté et la biocénose. Cela signifie que l'étude de la diversité biologique peut être approchée à différentes échelles de complexité et ce en fonction des critères élémentaires, structuraux et fonctionnels. L'approche biologique aborde donc la diversité biologique selon trois niveaux de perception : la diversité génétique, la diversité taxinomique et la diversité écosystémique, qualifiées respectivement de diversité génétique, organistique et écologique (Blondel, 2005 ; Simon, 2007). Bien que l'approche génétique ait une importance fondamentale dans la connaissance des unités élémentaires de la diversité biologique, la notion s'identifie plus fréquemment aux espèces. À l'échelle taxinomique, la diversité biologique se réfère aux activités concernant l'inventaire et la connaissance du monde vivant. Enfin, la diversité des écosystèmes, qualifiée d'écodiversité (Blondel, 2005) ou de biocomplexité (Lévêque *et al.*, 2001), constitue les interactions fonctionnelles entre les entités biologiques.

Il serait illusoire de penser que le concept de diversité biologique, tel que défini précédemment, ait vu le jour à la fin du XXe siècle dans les Petites Antilles. L'inventaire de la diversité biologique terrestre dans cette région est présente dans les écrits des premiers chroniqueurs et naturalistes, mais plus anciennement dans les connaissances laissées par les amérindiens. Le manuscrit laissé par l'Anonyme de Carpentras (Moreau, 1987) contient de précieuses descriptions de taxa, apprises des Caraïbes. Elles concernent la faune et la flore de cinq îles dont la Dominique, la Martinique, Sainte-Lucie et Marie-Galante. La cinquième île n'est pas mentionnée. Citons à titre d'exemple ce passage dans lequel il a consigné un recensement de taxa aviens, réalisé à partir de renseignements fournis par les Caraïbes : « Les oiseaux sont perroquets de deux ou trois sortes très bons à manger, poules, pigeons, tourterelles, ramiers et une infinité d'autres fort dissemblables des nôtres, et entre autres oiseaux, il y en a un qui n'est pas du tout si gros qu'une noix, fort semblable à un pic vert de ce pays, et est aussi tout vert, qui en volant fait un bruit comme fait une grosse mouche... Il y a diversité d'oiseaux et qui sont bons à manger. Il y a quatre sortes de perroquets à savoir

le « caharou », qui est gros comme une poule et bleu et rouge. L'« alarou » est des moyens, et a la tête blanche et le corps rouge. Le « cheur » est tout vert et assez gros. L'« enri » est petit comme le poing, et tout vert. Lorsqu'on a blessé ou tiré un perroquet sur quelque branche, ne se pouvant plus soutenir, il s'accroche si fort à la branche qu'il y demeure pendu encore même étant mort, et bien souvent l'arbre se trouve si haut qu'il le faut laisser là. Nos Indiens les tuent fort dextrement à coups de flèches, et s'ils demeurent accrochés ils montent sur les arbres comme des écureuils. Les poules y sont toutes privées et domestiques, elles sont plus petites que les nôtres et quasi frisées. Nos indiens en mangent fort rarement, et moins encore de leurs œufs, qu'ils ont en telle horreur que même ils n'en sauraient voir manger auprès d'eux sans prendre mal au cœur. Ils les nomment « cayou ». « Acoucoua » : sont des pigeons ramiers, qui sont très difficiles d'avoir, parce qu'ils se tiennent ordinairement aux hautes montagnes et au plus haut des arbres. Il y a des camarades, derniers venus, qui nous ont assuré y avoir vu des canards que les sauvages nomment « eriuu ». Il y a de deux sortes de poules d'eau, dont l'une est presque semblable aux nôtres, petites et se tiennent le long de la mer en tortillant toujours. L'autre est toute noire et grosse comme une poule ordinaire, qui a les pieds du canard, et se tient dans les rivières et est fort bonne à manger. Néanmoins ces Indiens n'en mangent jamais, mais plutôt les injurient. Elles ont une crête fort rouge. Les aigrettes sont de fort beaux oiseaux et bons à manger, dont les unes sont toutes blanches et les autres comme de gris violet. Elles sont un peu plus grosses qu'un pigeon, elles ont le col fort long, et les pieds comme ceux d'un canard, et portent l'aigrette sur le dos et se nomment « chibri ». Mais ce qui est de joli à voir parmi tous les oiseaux, c'en est un petit, tout vert, qui est de la grosseur d'une grosse olive et de la même forme qu'un pic vert (dont nous avons parlé ci-dessus). Quand il vole, son vol est comme celui d'un papillon, remuant ainsi ses ailes qui font un son comme le son d'une grosse mouche, et fait son nid dans du coton tout pur sans y entremêler aucune chose, ses œufs sont de la grosseur d'un bouton et d'un fort beau vert comme onde. Il y a d'une autre sorte d'oiseaux qui porte une plume qui est longue d'un pied ou d'un pied et demi, fort étroite. Nos Indiens en mettent cinq ou six ensemble, ou seulement deux, et puis les font tenir au bout de leurs cheveux qui sont tressés par derrière, lorsqu'ils vont boire en quelque part, et nomment « ouacra ». « Yalippou » est un autre oiseau, qu'on nomme ordinairement grand gosier, parce que le dessous de son gosier se dilate fort est toujours rempli de petits poissons, et il est continuellement en action pour en prendre, ce qu'il fait en s'élevant, environ deux piques en l'air, et fond par après tout d'un coup sur le poisson. Cet oiseau n'est guère bon à manger parce qu'il sent trop le poisson... »

Il reste néanmoins que l'essentiel de cet inventaire amérindien de la diversité biologique des Antilles françaises a été principalement consigné dans les écrits laissés par le Révérend Père Raymond Breton dans




son *Dictionnaire caraïbe-françois, mêlé de quantité de remarques historiques pour l'éclaircissement de la langue* (Breton, 1665). Il y a consigné des informations inédites, tirées du savoir caraïbe, pour l'ethnologie, la linguistique et le naturalisme. Ces travaux contiennent des désignations et des descriptions des animaux et des plantes des Petites Antilles, certes après celles de l'Anonyme de Carpentras, mais plus structurées, plus importantes et de manière beaucoup plus systématique. A titre d'exemple, les écrits du Père Raymond Breton sont considérés comme étant les premiers inventaires des amphibiens et des reptiles de Guadeloupe. Ces trois principaux ouvrages publiés en 1665, en 1666 puis en 1667, répertorient notamment les dénominations attribuées par les Caraïbes de la Guadeloupe réfugiés à la Dominique pour des iguanes «*ouyamaca*», des améives «*anaoli*», des roquets «*boulougoutou*», des geckos «*acacamoulou*», des serpents venimeux «*ahoua*», des boas «*ouanache*», des couresses «*touboulouerou*», des tortues «*ouyamum*», des crapauds «*houa*», des grenouilles «*ouaitibi-tibi*» (Breuil, 2002). En 1654, Jacques Du Tertre, plus communément connu sous le nom de Jean-Baptiste Du Tertre, publia l'*histoire générale des isles de Saint-Christophe, de la Guadeloupe, de la Martinique et autres de l'Amérique où l'on verra l'établissement des colonies françaises dans ces isles, leur guerres civiles et étrangères et tout ce qui se passe dans le voyage et retour des Indes*. Puis entre 1667 et 1671, il complètera son œuvre principale par une *histoire générale des Antilles habitées par les français*, contenant un volume consacré à l'*histoire naturelle des Antilles habitées par les Français*. Il y apporte notamment des précisions sur la morphologie et les mœurs de pélicans, de flamants, de colibris et de troglodytes.

Les travaux d'inventaire de la diversité biologique taxinomique des Petites-Antilles seront peu à peu affinés entre le XVII<sup>e</sup> siècle et le XVIII<sup>e</sup> siècle par les approches de plus en plus spécialisées des missionnaires naturalistes, des botanistes et des médecins du roi, correspondants ou membres de la prestigieuse Académie des sciences. Citons à titre d'exemple Charles Plumier qui est considéré par Jean Lescure (2001) comme l'un des précurseurs de l'approche systématique dans l'inventaire de la diversité biologique dans les Petites Antilles. En 1693, il publia la *Description des plantes de l'Amérique* ; puis, *Institutiones rei herbariae en 1700* ; et *Nova Plantarum americanarum genera* en 1703. Ce dernier ouvrage contient les descriptions de 106 genres nouveaux et 219 espèces d'après des planches représentants des fleurs, des fruits et des parties végétatives. Il fera de Charles Plumier le fondateur de la systématique générique américaine. Même après sa mort en 1704, il marquera la connaissance de la diversité biologique dans les Petites Antilles grâce à la publication de son *Traité des Fougères de l'Amérique* où il décrit 102 espèces d'Haïti, 63 espèces de la Martinique, 32 espèces de la Jamaïque et 15 autres des Antilles. L'œuvre léguée à la science par Charles Plumier compte, entre autre, 22 volumes in folio de manuscrits et de dessins, 6000

dessins, dont 1200 d'animaux (Lescure, 2001). Michel Breuil (2002) indique qu'il a reconnu dans les dessins de Plumier des représentants des vipères fer-de-lance, un crocodylien, un iguane commun, un anolis, une couleuvre, un scinque, des thécadactyles, un iguane des Petites Antilles, des invertébrés marins, des tortues marines, la tortue charbonnière, des tortues palustres et des grenouilles. Dans cette liste non exhaustive des précurseurs de l'inventaire du vivant dans les Antilles, et notamment dans les îles françaises et leurs territoires voisins, il faut aussi rappeler les écrits laissés par le Père Louis Feullée (1660-1732), le Père Jean-Baptiste Labat (1663-1738), Jean-Baptiste Lignon (1667-1729), Jean-André Peyssonnel (1694-1759), Jean-Baptiste Mathieu Thibault de Chanvalon (1725-1788), Nicolas Baudin (1754-1803), Jean-Baptiste Leblond (1747-1815), Hypolite Nectoux (1759-1836), Louis Claude Marie Richard (1754-1821), Palisot de Beauvois (1752-1820) et Alexandre Moreau de Jonnés (1778-1870).

Le XIX<sup>e</sup> siècle sera celui où l'inventaire du vivant, et par là même la diversité biologique, se structurera en s'appuyant d'autant plus sur des voyageurs naturalistes correspondants du Muséum National d'Histoire Naturelle. Des personnalités emblématiques des Antilles françaises, telles Félix-Louis L'Herminier (1779-1833), Auguste Plée (1786-1825), Louis-Daniel de Beauperthuis (1807-1871), Francis de Castelnau (1810-1880), Charles Paulus Bélanger (1805-1881) et Antoine Duss (1840-1924) enrichiront de manière significative les collections de poissons, d'amphibiens, de reptiles, de mammifères, d'insectes et de plantes du Muséum. Rappelons par exemple que les caisses expédiées par Auguste Plée sont citées par Jean Lescure (2001) *comme étant la plus belle collection de poissons, d'amphibiens et de reptiles des Petites-Antilles*. L'auteur ajoute qu'*on peut y trouver des spécimens de mammifères et de reptiles des Antilles qui ont maintenant disparu*. Charles Paulus Bélanger sera à l'origine de la collection de plantes des montagnes de la Martinique au jardin botanique de Saint-Pierre entre 1853 et 1858, date à laquelle il enverra au Muséum 320 espèces de plantes : il continuera des envois annuels jusqu'en 1879 (Thésée, 1990). Le Père Antoine Duss est l'auteur de la *Flore phanérogame des Antilles françaises (Guadeloupe et Martinique)*, ouvrage paru en 1897 dans les annales de l'Institut colonial de Marseille (Lescure, 2001). D'autres correspondants, moins populaires et parfois oubliés, ont apporté d'importantes collections. Sans avoir la prétention de fournir une liste exhaustive, nous pouvons citer des noms tels Claude Robin (1750-1794), Pierre-François Lefort (1767-1843), Louis-André Pichon (1771-1850), Jean-Baptiste Ricord-Madianna (1777-1837), Théodosie Rivoire (vers 1839), Alexandre Rousseau (vers 1840), Bavay (vers 1870), l'abbé Picarda (1840-1901).






Faisant suite à cette démarche, les travaux du Père Robert Pinchon (1913-1980) au début du XXe siècle, sont les prémices d'une volonté locale d'appropriation de l'inventaire du vivant à la Martinique, et par la même de la diversité biologique locale dans sa dimension taxinomique. En effet, durant les 33 années d'enseignement qu'il dispensa au Séminaire collège, il initia de jeunes martiniquais à la connaissance de la nature, du vivant et de sa diversité. Il marquera toute une génération de naturalistes, qui à leur tour transmettront leur passion à d'autres générations. Parmi les plus emblématiques à la Martinique, nous pouvons citer Alain Delatte et Marcel Bon Saint-Côme. La collection du Père Pinchon stockée à la Martinique, se compose notamment de 2247 bocaux contenant des spécimens, de 141 pièces séchées, de 237 boîtes d'insectes et de papillons, de 59 boîtes d'oiseaux naturalisés.

Les progrès scientifiques en biologie moléculaire et en télédétection permettent aujourd'hui de compléter cette approche organistique de l'inventaire du vivant par des perceptions génétiques et écologiques de la diversité biologique. Il reste néanmoins certain que quelle que soit la manière dont il est approché, l'inventaire du vivant semble être orienté en fonction de la société qui le motive, de ses préoccupations environnementales, culturelles et plus encore économiques. L'emploi du néologisme *biodiversité* dans le cadre institutionnel de la Convention sur la Diversité Biologique justifie ce constat.

## L'utilisation du néologisme biodiversité, une idéologie

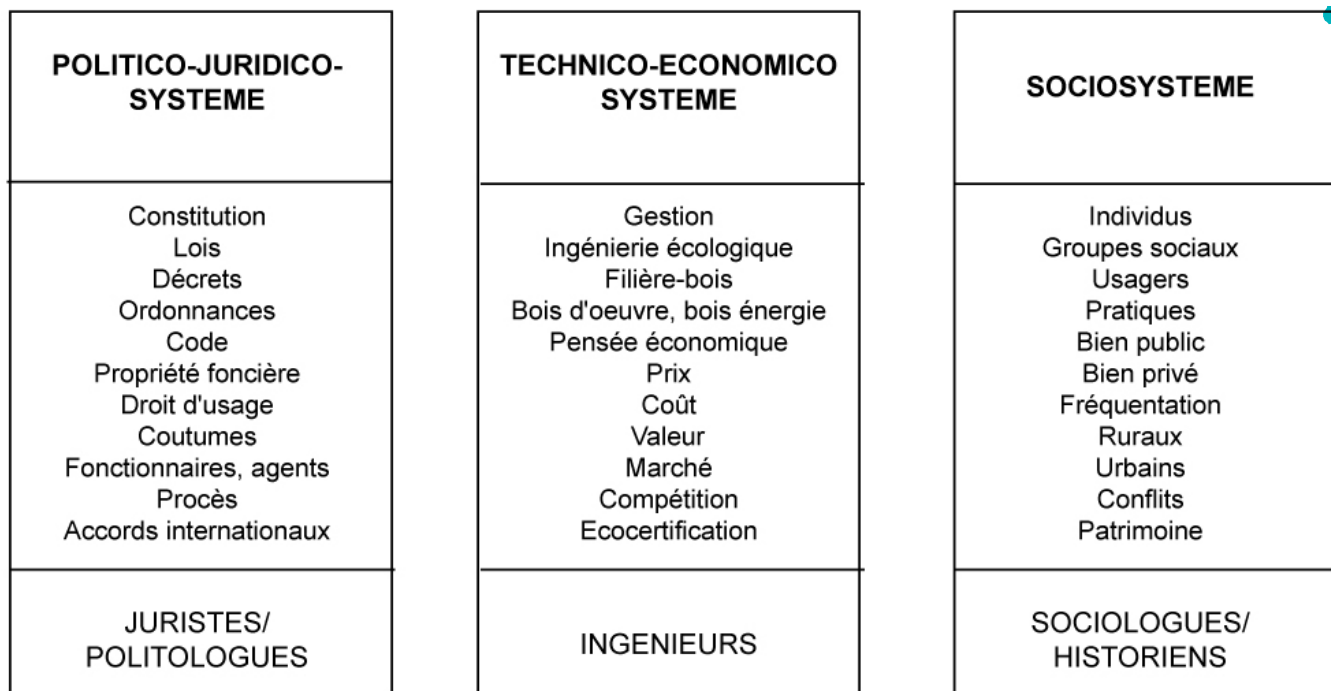
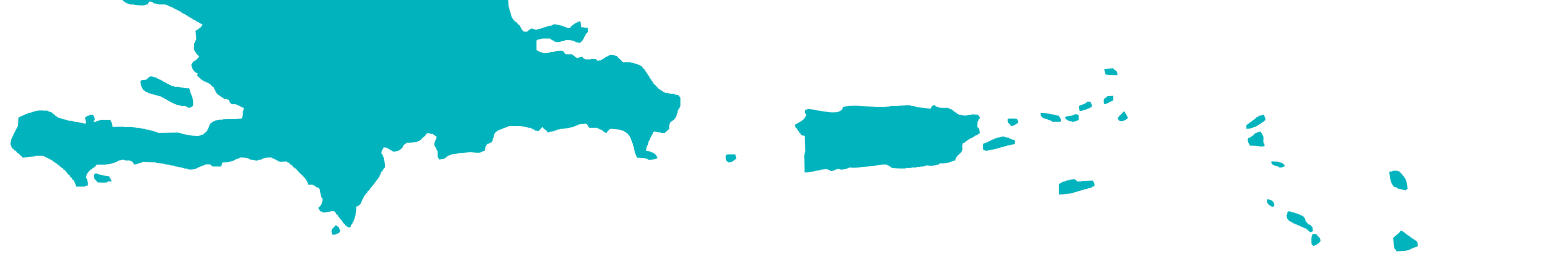
Utilisé par Thomas Lovejoy en 1980 au sein de l'UICN, *biological diversity* a été simplifié par le néologisme *biodiversité* lors de la publication du premier compte-rendu du forum américain sur la diversité biologique, organisé en 1986 par le conseil scientifique national (National research council). La publication du livre d'Edgar O. Wilson, *BioDiversity* (1988), marquera l'émergence du concept. Il est issu de la prise de conscience de l'impact de l'homme sur les milieux naturels et sur leurs ressources biologiques. Longtemps abordées par les sciences naturelles, ces problématiques seront considérablement étendues aux sciences humaines et sociales à partir de 1992, suite à la Conférence de Rio sur l'environnement et le développement durable qui précéda la ratification de la Convention sur la diversité biologique (CBD) en 1993. Le sommet mondial de Johannesburg sur le développement durable a plus que jamais relancé le débat autour de cette problématique mondiale. Plus récemment, le sommet de Nagoya, le 29 octobre 2010, renforce l'attention portée aux problématiques de biodiversité. Cet intérêt pour la diversité biologique – sa préservation, la



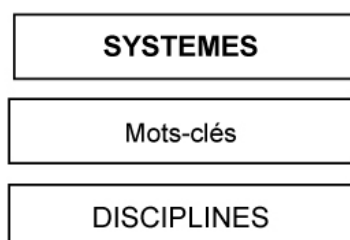
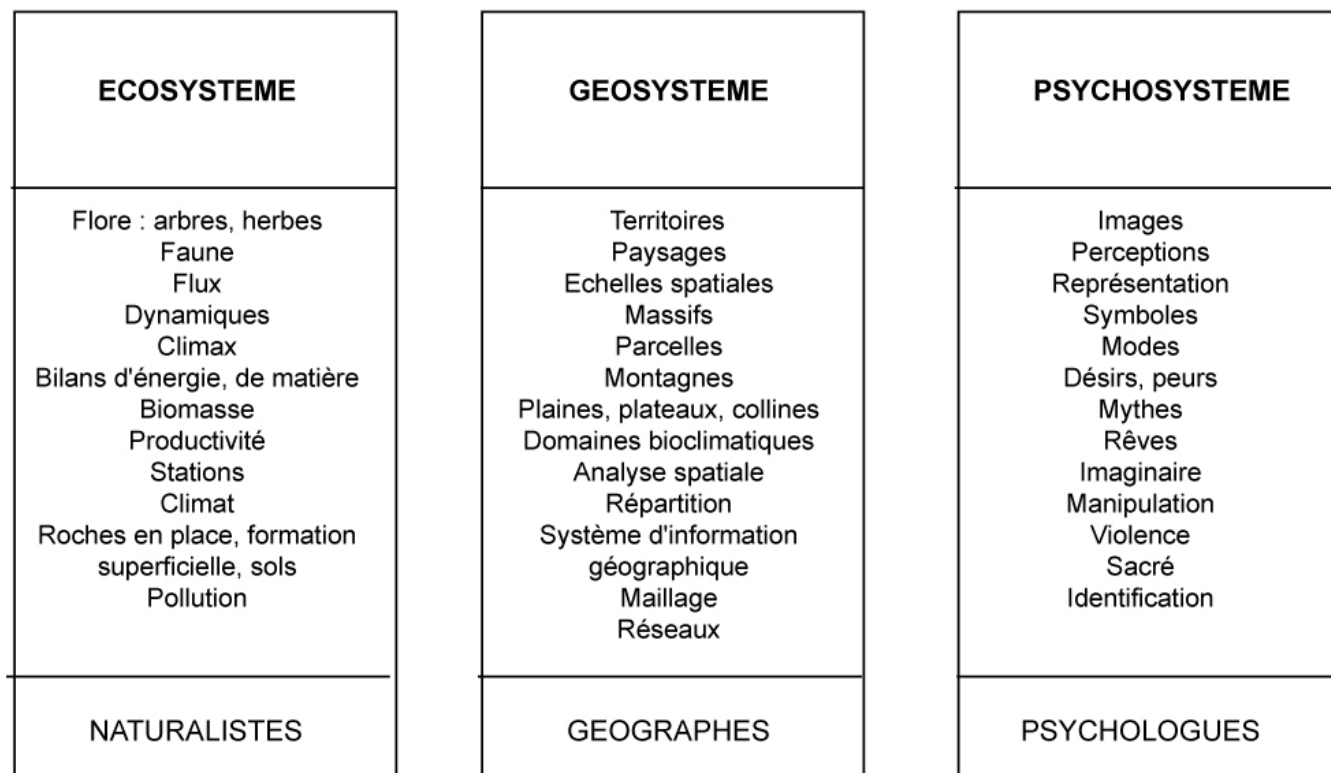
préconisation d'usages durables, le partage équitable – a fait l'objet de nombreuses réflexions abordant la biodiversité à partir de la biologie, de la géographie, de la sociologie, de la psychologie, de l'économie, du droit et de la politique (Marty *et al.*, 2005). L'analyse de ces différentes approches de la biodiversité amène donc à distinguer son approche traditionnellement biocénotique où la science fait état de la diversité du vivant, d'une perception, plus novatrice, dans laquelle le concept engloberait aussi sa *préservation, d'en préconiser des usages durables, de veiller à un partage équitable des bénéfices qu'elle apporte* (Barbault *et al.*, 2005).

Dans son acception originelle, le néologisme *biodiversité* est utilisé comme synonyme de l'expression diversité *biologique*. Il définit donc l'ensemble des entités biologiques différenciables au sein de la biosphère : il englobe aussi bien la variété génétique que celle des taxa et des écosystèmes. Les modalités d'utilisation actuelle du mot tendent à lui apporter une autre dimension. Le dictionnaire de l'environnement dirigé par Yvette Veyret (2007), aborde la notion de *biodiversité* en se référant à sa triple dimension biologique, politique et juridique. En effet, si pour certains, la *biodiversité* n'est qu'une manière d'aborder la complexité du vivant sous toutes ses formes et à toutes ses échelles spatiales, pour d'autres disciplines sa diffusion et son appropriation lui confèrent une signification plus large. Dans cette perception modernisée où la relation de l'homme, et plus globalement des sociétés, à la nature est l'élément fondateur, la biodiversité est utilisée pour parler de préoccupations variées, selon que l'on se place du point de vue de la systématique, de l'économie, du droit, de la sociologie, de la psychologie ou de la géographie (*figure 1*).

Le systématien et plus généralement le naturaliste abordent la biodiversité comme la diversité de toutes les formes du vivant. L'économiste ou l'ingénieur s'attachera à tout ce qui concerne son exploitation et sa valorisation. Ainsi, l'industrie pharmaceutique conçoit la biodiversité comme un réservoir de gènes pour les biotechnologies. Le juriste et le politologue privilégieront l'élaboration, la discussion et le respect des textes visant à institutionnaliser le concept. Le sociologue et l'historien veilleront à étudier l'organisation des sociétés humaines autour de la biodiversité. Dans une perception sociétale élargie à des aspects culturels, elle est analysée comme mémoire de l'humanité (Micoud, 2005). Le psychologue l'approchera en tant que paysages auxquels s'intègrent des espèces symboliques. Dans une géographie culturelle, elle se référera dès lors aux perceptions, au sacré, au mythique ou à l'imaginaire. Dans son approche biogéographique, le géographe abordera la biodiversité en utilisant la *graphie* pour rendre compte du *bio* – soit de tout ce qui relève des *êtres vivants, de leurs nombres, de leurs groupements, de leurs interrelations et de leur dynamique* – en le situant dans *toutes les dimensions et à toutes les échelles du géo* (Arnould, 2005). Science de synthèse, la géographie élargit son analyse du phénomène aux *interactions tissées autour de la*




BIODIVERSITE




**Figure 1.** Biodiversité à la croisée des systèmes (P. Arnould)





*biodiversité* (Arnould, 2005), soit le contexte d'étude de la diversité biologique.

Malgré leurs différences, toutes ces visions de la biodiversité ont la même finalité : la conservation des différentes expressions de la diversité biologique. Comme l'a clairement souligné Jacques Blondel (2005), *la biodiversité n'est pas une discipline de recherche, mais une nouvelle manière d'aborder des champs de recherche traditionnels comme la biogéographie, l'écologie, la systématique et la génétique pour ce qui est des sciences de la nature. Elle s'intéresse aux acteurs que sont les entités biologiques le long des hiérarchies biologiques, des gènes aux paysages, mais aussi à leurs fonctions sociales et aux services qu'ils rendent.* Le concept de biodiversité résulte à notre sens d'une manière rénovée de percevoir les relations entre l'homme et la nature. Cette dernière passe d'un statut d'élément répulsif et de ressource inépuisable, à celui d'une valeur qui au contraire nécessite une attention particulière. Le mot *biodiversité* s'appliquerait dès lors à toutes les problématiques actuelles qui relèveraient de la protection, de la conservation, de la valorisation et plus largement de la gestion durable et intégrée de la diversité biologique. La biodiversité sous-tend une conception des relations entre l'homme et la nature où l'espèce humaine œuvre pour la préservation d'une biosphère qui participe à son bien être et plus encore qui lui garantit sa survie. Comme l'a souligné le professeur Jean-Claude Lefeuvre – président de l'Institut français de la biodiversité (IFB) – lors d'un entretien pour la revue « Terre sauvage », la biodiversité est *la clé des relations homme-nature* (Nicolino, 2002). Elle fait partie des enjeux majeurs du XXI<sup>e</sup> siècle. En effet, dans l'esprit de la Convention sur la diversité biologique (CBD) et de ses pays signataires, la notion de biodiversité ne se limite pas uniquement à inventorier le vivant (Barbault *et al.*, 2005 ; Veyret, 2007 ; Drobenko, 2007). Sur des prétextes variés faisant souvent appel à des considérations éthiques, esthétiques, culturelles et économiques, le terme biodiversité est devenu une véritable idéologie à laquelle les politiques gouvernementales acceptent ou non d'adhérer. L'expression diversité biologique fait le constat de la variété du vivant, la biodiversité, elle, offre donc une vision plus élaborée de la biosphère. Ce concept s'utilisera pour parler des questions relatives aux interactions entre les hommes et la nature. Il s'applique à tout ce qui relève de l'érosion du monde vivant résultant des activités humaines, aux activités de protection et de conservation, à la création d'espaces naturels protégés et aux modifications de comportements en matière de développement. Cette approche élargie du concept fait référence à des problématiques telles les modes d'accès à la diversité biologique, les usages qu'en font les sociétés, les savoirs développés pour y accéder, les bénéfices qu'on en retire, la manière dont




ces bénéfiques doivent être partagés, sa gestion et sa durabilité (Blondel, 2005). Dans ce registre institutionnel, la biodiversité se réfère aux différentes actions menées en faveur de la diversité biologique (Larrère, 2005).

Rappelons en effet que la diffusion du mot *biodiversité* fait suite à la Convention sur la diversité biologique (CBD) ouverte à la signature au Sommet de la Terre de Rio de Janeiro en 1992. Initiée en novembre 1988 par le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), elle est entrée en vigueur le 29 décembre 1993. Ses principaux objectifs sont *la conservation de la diversité biologique, la gestion durable de ses composantes et le partage juste et équitable des bénéfices provenant de l'utilisation des ressources génétiques* (ONU, 1992). Grâce à ses 193 parties signataires, la Convention jouit de la participation quasi universelle des pays. Elle cherche à éliminer toutes les menaces qui pèsent sur la diversité biologique et les services offerts par les écosystèmes au moyen d'évaluations scientifiques, du développement d'outils, de mesures et de procédés d'encouragement, du transfert de technologies et des pratiques exemplaires, et de la participation active et à part entière des parties prenantes compétentes (communautés autochtones et locales, jeunes, ONG, femmes et milieu des affaires). Cette idéologie de la biodiversité a été d'autant plus rappelée à Nagoya, au Japon, le 29 octobre 2010 : *les Parties à la Convention sur la diversité biologique (COP-10) se sont entendues sur un ensemble de mesures qui ont pour objectif de garantir que les écosystèmes de la planète continueront à maintenir le bien-être de l'humanité dans le futur. Reconnaisant le rôle clé de la biodiversité pour le bien-être humain, les représentants des agences de développement, des banques de développement et des institutions politiques de coopération au développement ont adopté de façon unanime une déclaration pour l'intégration de l'agenda de la biodiversité dans les plans de développement.*

L'utilisation du néologisme suggère une prise de conscience des effets négatifs de la dégradation de la nature sur le bien-être de l'espèce humaine. Dans ce cadre-ci, la biodiversité s'intègre donc au concept de développement durable, soit *un développement qui répond aux besoins présents, sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs* (Organisation des Nations Unies, 1992). Cet objectif résulte d'un ensemble de réflexions et d'actions, coordonnées à différents niveaux d'intégration ou d'organisation, visant à favoriser la conservation et la valorisation d'une ressource. La conservation est la *protection contre la dégradation ou la destruction de toute entité écologique dont il est souhaitable d'éviter la perte* (Ramade, 2002). La protection est une réponse des sociétés modernes à la dégradation des espèces et des milieux. Elle s'exerce principalement par l'application d'une législation réglementant l'occupation et l'utilisation des territoires. Si la conservation de la





diversité biologique est plus que justifiable du point de vue de l'éthique, sa valorisation en tant que ressource est quand à elle un processus principalement d'ordre économique visant à répondre à un besoin. Elle démontre l'importance d'une diversité biologique marchande pour les sociétés humaines. Elle devient dès lors un objet économique dont les problématiques s'étendent à sa valeur, son évaluation et sa valorisation (Vivien, 2005). La diversité biologique apparaît alors comme une ressource susceptible de générer des bénéfices économiques. En vue de la conserver, sa légitimité économique tend à s'imposer comme l'une des solutions les plus efficaces. Dans le cadre du concept de développement durable, ce second aspect de gestion fait référence à la durabilité dans l'utilisation de la ressource biologique. Elle consisterait à maintenir, à rechercher et à appliquer durablement des procédés d'exploitation par rapport à son environnement *socio-économico-politique*. Quoique contestable dans le cas de certaines ressources biologiques (notamment chez les espèces animales menacées et en voie d'extinction), dans le contexte d'une protection efficace, elle aurait un impact réel dans la volonté anthropique de conserver la ressource biologique et plus encore le taxon considéré comme tel. Perçu comme une ressource naturelle exploitable, ce dernier prendrait alors une fonction sociale et économique. Comme le souligne Alain Miossec en 1993, ne peut-on pas penser que ... *gérer la nature, c'est aussi la mettre en valeur. En faire un espace de loisir et d'éducation pour les visiteurs* (Chadenas et al., 2003).

La biodiversité est un cadre de réflexion des relations entre l'homme et la nature, ciblant ses problématiques sur l'ensemble des valeurs que représente la diversité biologique pour la société. Certains auteurs la qualifient de *médiateur* entre les systèmes écologiques et les systèmes sociaux (Lévêque et al., 2001). D'autres vont même jusqu'à différencier les divers types de relations à la biodiversité selon le système de légitimité auquel elle s'intègre : on parlera alors de *biodiversité marchande, industrielle, civique, de renom, inspirée ou domestique* (Vivien, 2005). Cette interaction homme/nature est abordée selon deux approches philosophiques divergentes : l'une, qui perçoit l'homme en tant qu'être social extérieur à la nature ; et l'autre issue de la théorie darwinienne sur l'évolution définissant l'homme comme un élément appartenant à cette nature (Marty et al., 2005). Que l'on se place du point de vue de ses enjeux économiques ou plus globalement de sa gestion, les discussions autour de la notion de biodiversité sont fondamentalement guidées par la place que l'on accorde aux sociétés dans la nature : *sont-elles un des nombreux éléments de la nature, ou doit-on, au contraire, les considérer comme extérieures à cette dernière ?*

Ainsi, la préservation de la diversité biologique est souvent justifiée par des considérations éthiques dites anthropocentrées, biocentriques ou écocentriques (Larrère, 2005). L'anthropocentrisme argumente sa préservation

en raison de la ressource naturelle qu'elle constitue pour l'humanité et les générations futures. La diversité biologique sera dès lors valorisée après l'évaluation de sa valeur économique (Vivien, 2005). Le biocentrisme est une approche qui met l'accent sur l'entité biologique qui a une valeur en soi, indépendamment des préférences humaines. Dans cette conception, chaque être vivant devient un être à préserver auquel on attribue une considération morale. Enfin, l'écocentrisme aborde la biodiversité sous une dimension beaucoup plus large. Inspirés de l'éthique léopoldienne<sup>2</sup>, les raisons et les choix de préservation sont fixés selon les lieux et les circonstances : les règles sont établies en fonction du contexte spatio-temporel. En partant du principe que *protéger une population c'est protéger les milieux dont elle dépend et non la vie de tous les individus qui la composent, car la vie de tout organisme est naturellement menacée, l'éthique écocentrique ne se soucie guère de l'individu, mais elle invite à respecter les milieux et les processus naturels, les paysages, enfin la diversité biologique en tant que telle* (Larrère, 2005). Cette conception de la biodiversité rejoint le constat de Robert Barbault qui estime que *le débat a tendance à se concentrer sur le nombre d'espèces, alors qu'il faudrait réfléchir en terme d'espace, soit de sauvegarde de la diversité des milieux, pas de montrer une sorte d'acharnement thérapeutique à conserver toutes les espèces* (Van Kote, 2007). Ainsi, penser biodiversité devient de plus en plus une démarche *écocentriste* qui vise à répondre aux contraintes d'un développement économique durable et solidaire. Par delà la conservation, la diversité biologique s'affirme au travers d'une valeur capable de justifier économiquement les démarches de gestion durable et intégrée entreprises à son égard.

<sup>2</sup> Léopold Aldo, 1997, Almanach d'un comté des sables (Larrère, 2005).






## Biocentrisme, écocentrisme et anthropocentrisme dans les Petites Antilles, l'exemple des oiseaux à la Martinique

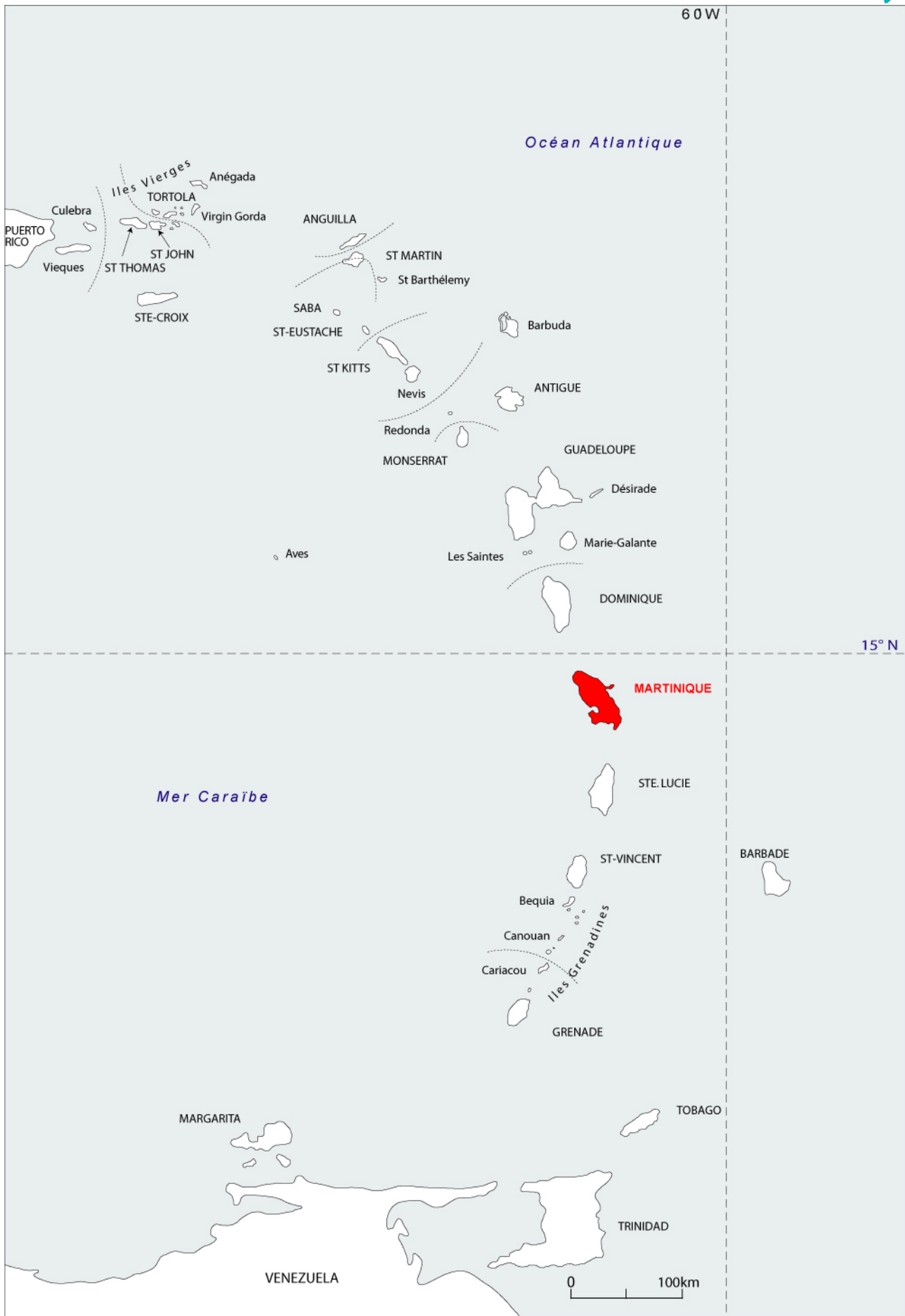
Dans les Petites Antilles, cette idéologie écocentrique à tendance fortement, *anthropocentrique* se traduit notamment par la prise en compte de la biodiversité avienne dans la gestion du territoire à la Martinique. Ce territoire est une illustration du positionnement politique français dans la gestion des hauts lieux de la diversité biologique mondiale. Ce département français est l'île la plus vaste de l'archipel des Petites Antilles. D'une superficie d'environ 1100 km<sup>2</sup>, la Martinique s'étend du nord-ouest au sud-est sur une longueur de 73 km. Sa forme très allongée lui confère une largeur maximale de 39 km. Elle se situe entre le tropique du cancer et l'équateur au 14,5° de latitude nord et 61° de longitude ouest (*figure 2*). Elle est baignée à l'ouest par la mer des Caraïbes et à l'est par l'océan Atlantique. Elle compte près d'une dizaine d'espèces de reptiles et de mammifères, contre plus d'une soixantaine d'espèces d'oiseaux nicheurs. Bien que les diversités en espèces aviennes de la France métropolitaine (276) et de la Guyane (718) soient largement supérieures à la sienne, le taux d'endémisme (3%) y est plus élevé. Plus encore, sur moins de 1% de la superficie de la France métropolitaine associée aux autres départements d'outre mer, on dénombre plus de 1/10<sup>ème</sup> de sa richesse en espèces d'oiseaux. On estime à près de 200 le nombre d'espèces d'oiseaux fréquentant la Martinique. *Bird life international* (BLI) a identifié la Martinique comme étant une *Zone d'endémisme* (ZE) pour les oiseaux des Petites Antilles.

Bien que la préservation des espèces aviennes ait d'abord été motivée par des considérations *biocentristes*, les modalités de gestion auxquelles sont soumises les entités *biospatiales* de cet espace insulaire sont de nature *écocentrique*. En effet, l'homme s'est intéressé à la protection des oiseaux pour des raisons éthiques : conscient de sa responsabilité dans la raréfaction et l'extinction de certaines espèces, on peut comprendre que des considérations morales l'aient poussé à se racheter auprès d'une nature dont dépend sa survie, mais plus encore qu'il accepte de partager avec d'autres espèces. En effet, en prenant l'exemple du développement de l'anthropisation, nous avons pu constater que des populations d'oiseaux ont diminué jusqu'à leur extinction pour des représentants de Psittaciformes (Thibault de Chanvallon, 1763). Ce sont essentiellement des aras et des perroquets de la famille des Psittacidés. Robert Pinchon (1953, 1967), Marcel Bon Saint-Côme et Arnaud Le Dru (1994) dénombrent deux espèces de aras et une espèce de perroquet qui auraient disparu de la Martinique : l'Ara de Martinique (*Ara martinica*), l'Ara de Guadeloupe



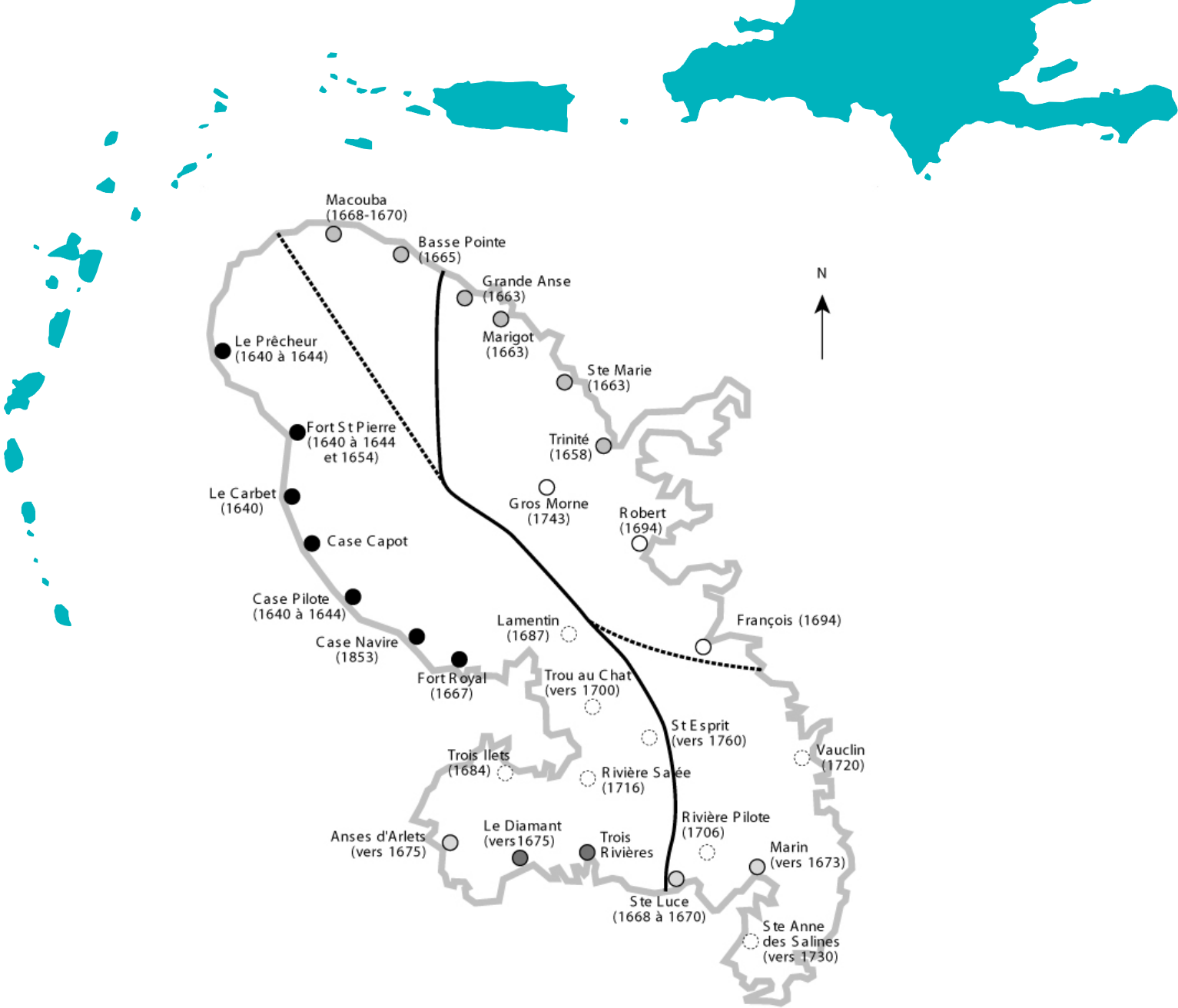
(*Ara guadeloupensis*) et le Perroquet de Martinique (*Amazona martinica*). Édouard Bénito-Espinal (Bénito-Espinal et al., 1988) ne retient que deux espèces connues ayant disparu en excluant l'Ara de Guadeloupe (*Ara guadeloupensis*). Quelle que soit l'hypothèse retenue, nous avons la certitude que les psittacidés existant à la Martinique avaient totalement disparu de l'île en 1751 (Thibault de Chanvallon, 1763). Ces extinctions rapides s'expliquent par divers facteurs tous liés au processus d'anthropisation. Tout d'abord, pour ce qui est des aras, à partir des observations effectuées sur l'espèce de la Guadeloupe, Du Tertre (1654, 1667) prétend qu'ils se nourrissaient du fruit de Mancenillier (*Hippomane mancinella*). Cet arbre se développe en dessous de 80 mètres d'altitude sur les plages sableuses (Fournet, 1978) ce qui fait penser que cet oiseau fréquentait les zones les plus basses de l'île. Or, ces zones furent parmi les premières à être occupées (*figure 3*).

L'occupation rapide des zones basses fait donc partie des premières causes d'extinction des aras. Les perroquets n'avaient pas, semble-t-il, la même aire de distribution. Ils se nourrissaient de multiples variétés de graines et de fruits dont ceux des acajous, des cotonniers et des mombins (Du Tertre, 1667). Ils devaient donc principalement occuper l'étage bioclimatique inférieur. Il est précisé qu'ils ne consommaient pas les fruits du Mancenillier (Du Tertre, 1667). Or, si l'on considère l'année 1751 comme date marquant la disparition des psittacidés, les milieux originels de ces espèces sont déjà fortement érodés à cette époque (*figure 3*). Mais les modifications de biotopes ne furent pas la cause principale de l'extinction de ces oiseaux. En effet, les premiers modèles de la colonisation française le long de la côte nord-ouest de la Martinique, où le terrain est escarpé et montagneux, excluaient une déforestation à large échelle (Kimper, 1988 dans Koenig, 2000). L'état actuel des forêts du nord aurait pu permettre le maintien de populations au moins jusqu'à l'éruption de la Montagne Pelée en 1902. En se référant aux observations apportées par Du Tertre (1667) et Labat (1722), les aras et les perroquets firent l'objet d'importants prélèvements. S'agissant des aras, Du Tertre (1667) explique qu'ils sont souvent consommés par les habitants. À cause de leur caractère domestique et de leur comportement curieux (Du Tertre, 1667), ces oiseaux se capturaient sans difficultés. L'auteur précise qu'il arrivait qu'on en tue cinq ou six sur un seul arbre sans qu'aucun ne tente de s'envoler. Les perroquets furent eux aussi exterminés à cause des qualités gustatives de leur chair. Labat (1722) affirme en avoir consommé en grande quantité. Il est donc plus probable que les psittacidés originaires de la Martinique furent chassés jusqu'à extinction plutôt qu'ils ne disparurent à cause de la perte d'habitats. Rappelons que, selon Thibault de Chanvallon (1763), en 1751 ils étaient importés des îles voisines à des fins culinaires.



**Figure 2.** La Martinique dans l'archipel des Petites Antilles (Géode Caraïbe)





- Limite entre la "Demeure des Français" et la "Demeure des Sauvages" d'après la plupart des anciennes cartes. Etablie dès le début de la colonisation, elle fut supprimée en 1658 après l'expulsion des Caraïbes.
- - - La même limite selon Pierre Dessalles. Annales du Conseil souverain de la Martinique, I, p. 31.
- Quartiers habités dès le début de la colonisation.
- Quartiers habités vers 1658, avant l'expulsion des Caraïbes.
- Quartiers habités à la suite de l'expulsion des Caraïbes (1658).
- Quartiers peuplés avant 1670.
- Quartiers habités à partir de 1680.

Les chiffres entre parenthèses indiquent les dates de fondation des paroisses d'après l'abbé Rennard : Origines des paroisses et des quartiers de la Martinique, p. 68.

On peut remarquer que dans les quartiers de Case Capot et des Trois Rivières, habités très tôt, aucune paroisse ne se forma, mais on n'y trouve aujourd'hui aucun bourg. Ces quartiers n'existent plus en tant que centres de peuplement.

**Figure 3.** L'évolution de l'occupation des sols entre le XVIIe et le XIXe siècle (M. Burac 1974, à partir de J.B. Delarwarde 1935)



Dès le début de la colonisation, d'autres espèces d'oiseaux firent l'objet de prélèvements notables. Les Frégates superbes (*F. magnificens*) furent victimes de ces excès à cause des qualités pharmacologiques de leur graisse (Breton, 1665 ; Du Tertre, 1967). Les amérindiens avaient pour habitude de charger leur embarcation de mauves (*S. antillarum* ; *S. hirundo* ; *S. dougallii* ; *S. maxima* ; *S. nilotica*) capturées sur des îlets (Du Tertre, 1967). Plus récemment, les observations personnelles de Robert Pinchon (1976) sur la pratique de la chasse témoignent des prélèvements excessifs dont



**Cliché 1.** Les îlets de la réserve naturelle ornithologique à la Martinique (PNR Martinique)

la Frégate superbe (*Fregata magnificens*) et le Pélican brun (*Pelicanus occidentalis*) faisaient l'objet pour les vertus pharmacologiques de leur graisse. Des chasseurs en pénurie de gibier allaient même jusqu'à abattre des Mouettes rieuses d'Amérique (*Larus atricilla*). L'auteur n'hésite pas à utiliser le mot hécatombe pour qualifier les prélèvements qui se faisaient sur les Pluviers dorés d'Amérique (*Pluvialis dominica*), sur les Grands chevaliers à pattes jaunes (*Tringa melanoleuca*) et sur les Bécasseaux à échasses (*Micropalama himantopus*). Il parle de plusieurs centaines de Sarcelles à ailes bleues (*Anas discors*) abattues chaque année. Il cite un vol de Dendrocygnes des Antilles (*Dendrocygna arborea*) qui aurait été décimé par des chasseurs en novembre 1963. Enfin, il raconte une anecdote marquante de chasseurs qui, en 1955, auraient saccagé une colonie de Petits hérons bleus (*Egretta caerulea*) en tuant les mères sur leur nid durant leur période de reproduction et plus encore pendant la période de fermeture de la chasse.

La prise de conscience de la nécessité de conserver la diversité biologique avienne à la Martinique a été marquée par une démarche écocentriste de mise en protection d'un certain nombre de zones naturelles en vue de préserver leur habitat. Les sites les plus

représentatifs de cette démarche sont les îlets<sup>3</sup> de la presqu'île de Sainte Anne. Le décret de mise en réserve naturelle de ces îlots a pour objectif prioritaire de protéger les nombreuses espèces pélagiques qui s'y reproduisent. Cet espace dédié aux oiseaux se compose des îlets Hardy, Poirier, Burgaux et Percé (**cliché 1**). Ils totalisent une superficie de 5,76 hectares dont 2,63 hectares pour l'îlet Hardy, 2,1 hectares pour l'îlet Poirier, 0,49 hectare pour l'îlet Burgaux et 0,54 hectare pour l'îlet Percé. Robert Pinchon signalait déjà l'importance de ces îlets pour les colonies d'oiseaux qui viennent y établir leur nid chaque année (Pinchon, 1976). Les sternes (*Sterna fuscata*, *Sterna anaethetus*, *Sterna dougallii*, *Sterna hirundo*) et le Noddi niais (*Anous stolidus*) pondent généralement leurs œufs à même le sol sur les tapis herbacés que forment le Pourpier-bord-de-mer (*Sesuvium portulacastrum*) et l'Herbe-bord-de-mer (*Sporobolus virginicus*), ou dans les anfractuosités des îlots et le réseau de galeries calcaires de l'îlet Hardy pour le Puffin d'Audubon (*Puffinus lherminieri*). D'autres pélagiques d'intérêt, tel le Paille-en-queue (*Phaethon aethereus*) nichent aussi dans la réserve. Des limicoles tel le Tournepierre à collier (*Arenaria interpres*) fréquentent les parties sableuses de l'îlet Hardy. Cette démarche préservationniste ne fait actuellement l'objet d'aucune forme de valorisation.

En outre, une vision idéologique anthropocentriste de la biodiversité consiste à attribuer aux oiseaux une fonction de ressource biologique au travers d'activités ludiques : la démarche conservationniste à leur égard est d'autant plus justifiée par rapport aux avantages que la société en tire dans la perspective de développer l'écotourisme ornithologique à la Martinique. Actuellement, les aspects ludiques de l'ornithologie à la Martinique sont principalement motivés par des associations de naturalistes : l'Association ornithologique de la Martinique, la Société pour l'étude, la protection et l'aménagement de la nature à la Martinique, l'Association mémoire patrimoine de l'anse des Salines et l'association Le Carouge. Leurs activités peuvent être classées en plusieurs regroupements : les actions d'amélioration de la connaissance scientifique et de suivi des espèces ; les actions de sauvegarde ; les actions de sensibilisation du grand public aux problématiques de conservation et de protection des oiseaux à la Martinique ; et

<sup>3</sup> Cette expression s'utilise dans les Antilles françaises pour désigner les plus petites îles.



les actions de formation à l'ornithologie. Hélas, l'une des principales sources de revenus des îles de la Caraïbe, le tourisme, n'est que très partiellement incluse dans leurs activités. L'observation de spécificités ornithologiques, véritable source de profits dans certaines régions du monde, ne fait pas partie des attraits mis en avant dans la politique de médiatisation touristique à la Martinique. Or, l'observation

plus sûres de l'écotourisme martiniquais, sur laquelle il devient primordial de mettre l'accent par le biais d'aménagements spécifiques. C'est à partir de 2004 que l'étang des Salines, déjà apprécié par les chasseurs pour sa richesse ornithologique en espèces migratrices, fit l'objet d'aménagements en vue de réaliser un *parcours découverte*. Afin de faire découvrir cet étang et les biotopes auxquels il est associé, le Conservatoire des Espaces Littoraux et de Rivages Lacustres a réalisé



Clichés 2. Observatoire de la faune et de la flore des étangs à la Martinique (JR Gros-Désormeaux)

d'oiseaux pour le plaisir, plus communément appelée *birding* ou *birdwatching* chez les Anglo-saxons, est une activité en plein essor. Céline Chadenas (2003) utilise l'expression d'internationalisation de l'observation ornithologique lorsqu'elle aborde l'engouement mondial pour cette forme d'écotourisme. Ce secteur en plein développement est perçu à certains égards comme étant une chance pour la prise de conscience environnementale de chacun, mais également une opportunité économique.

Depuis 2006, l'avifaune tend à être perçue comme l'une des valeurs les

un aménagement permettant l'observation de la flore et de la faune, sans pour autant nuire à la tranquillité des espèces présentes sur ce site. L'outil de tourisme ornithologique réalisé en 2006 est un parcours qui se prolonge en une véritable promenade au-dessus de l'étang avec au milieu une palissade d'observation de la faune (*clichés 2*). Il se présente comme une fenêtre ouverte sur un vaste paysage aquatique permettant une meilleure observation des oiseaux migrateurs qui fréquentent les vasières de l'étang. Bien que l'objectif de tourisme ornithologique ne soit qu'un des aspects mis en avant dans la valorisation du site de l'étang des Salines, il représente un aménagement qui marquerait les prémices d'un *birdwatching* dans le département de la Martinique.





Dans cet objectif de valorisation de l'avifaune et des espaces associés, qualifiés d'entités biospatiales, le Conservatoire du Littoral et des Rivages Lacustres a installé un système de vidéotransmission de la faune aviaire sur l'îlot du Rocher du Diamant. L'objectif principal de cette technologie est de faire découvrir en temps réel à un large public les populations d'oiseaux qui fréquentent cet îlot. En effet, pas moins de treize espèces ont été observées en 2004. Parmi celles-ci figurent le Noddi brun (*Anous stolidus*), la Sterne bridée (*Sterna anaethetus*), le Paille en queue (*Phaethon aethereus*), le Fou brun (*Sula leucogaster*) et la Frégate superbe (*Fregata magnificens*). De récentes observations citent même la présence du Puffin d'Audubon (*Puffinus lherminieri*), une espèce pour laquelle les enjeux de conservation sont prioritaires à l'échelle internationale. Le Her Majesty's Diamond Rock, comme le baptisèrent les Anglais, en 1805, est protégé par un Arrêté de protection de biotope depuis 1994. L'accès y est actuellement interdit en raison de la présence de plus d'un millier d'oiseaux marins qui s'y arrêtent chaque année. Il constitue un attrait touristique majeur. Cependant, il n'existait aucun aménagement favorable à une valorisation pédagogique et plus encore écotouristique de l'îlot. L'outil de valorisation consiste à filmer le comportement des oiseaux nichant ou fréquentant le rocher à partir de caméras amovibles et disposées dans des zones de concentration d'oiseaux. Un pupitre de télécommande des caméras contrôle leur zoom et leur orientation. Il est également prévu la mise à disposition d'un ordinateur qui fera la liaison avec internet, ainsi que l'enregistrement des meilleures séquences pour une présentation aux visiteurs. Les internautes pourront ainsi avoir des images du rocher en tout temps.

Ainsi, le mot biodiversité s'emploie pour parler de l'ensemble des interactions entre la diversité biologique et son environnement. L'expression diversité biologique est utilisée pour décrire la variabilité du vivant. Elle s'opère différemment selon les niveaux d'organisation ou d'intégration des échelles biologiques et spatiales. La diversité biologique et plus généralement la biodiversité ne peuvent s'envisager dans leur globalité, mais en limitant leur analyse à un territoire et à une entité biologique dans un cadre temporel et analytique clairement défini. Les échelles d'analyse ainsi caractérisées sont essentielles dans la délimitation des entités biospatiales : ce sont les espaces sur lesquels la logique écocentriste préconise de mettre l'accent. L'approche biocentriste serait utopique dans une biosphère dont l'orientation et le foisonnement de la diversité biologique sont principalement liés aux processus de compétition interspécifique (Lamy, 1999). Les changements spatio-temporels de composition et de structuration de la diversité biologique sont inexorablement dépendants du phénomène d'exclusion compétitive. Il est donc normal que, pour assurer sa survie, l'espèce humaine rentre en compétition avec d'autres taxa dans l'exploitation de l'espace et de ses ressources. Nous pourrions aller

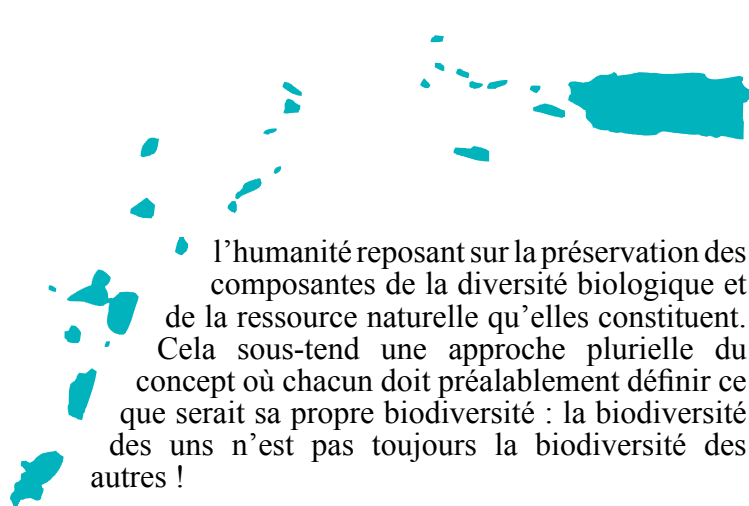
jusqu'à imaginer l'éradication globale d'espèces qui mettent en danger la vie de l'homme. La lutte pour l'existence est un phénomène normal où les taxa les mieux adaptés à un environnement s'imposent face aux moins bien adaptés. Rappelons par exemple que l'accroissement des effectifs d'espèces aviennes partageant les mêmes ressources alimentaires et les mêmes lieux de reproduction de la Bernache cravant (*Branta bernicla*) est à l'origine de la diminution de leur population en Europe (Chadenas, 2003).

En tant qu'espèce, l'homme répond parfaitement aux règles qui régissent la biosphère. Néanmoins, pour diverses raisons (éthiques, esthétiques, économiques, sociologiques, culturelles, écologiques, etc.), sa sphère intellectuelle ou noosphère lui impose de prendre en considération la conservation de la vie sous toutes ses formes. Il a dès lors la responsabilité de pérenniser sa propre existence dans un altruisme tourné vers les besoins des générations futures, mais aussi les besoins d'autres entités biologiques avec lesquelles il partage la biosphère au travers d'une pratique écocentriste à tendance anthropocentriste des problématiques de biodiversité.

Ainsi, une vision écocentriste dans laquelle la survie de l'homme est au centre des préoccupations doit rester l'objectif prioritaire de la biodiversité dans les Petites Antilles. *La gestion future des petites îles devra permettre de corriger les effets pervers du développement, par la définition d'actions modèles, applicables s'il le faut dans d'autres parties du monde, et basées sur la qualité de la vie et sur la durabilité, beaucoup plus que sur une croissance en soi* (Burac, 2006). Les raisons et les choix de préservation doivent dès lors être fixés selon les lieux et les circonstances. Les modalités de conservation et de valorisation d'une entité biologique doivent dépendre du contexte social, culturel et économique, analysé à une échelle de gestion territoriale communale replacée dans un cadre international.

La biodiversité interprétée comme une idéologie est donc assimilable à une forme de gestion communautaire raisonnée de l'environnement résultant d'un processus d'élaboration d'une conscience collective du développement durable, dans laquelle l'éducation, la formation, la culture et bien plus encore l'information auront un rôle fondamental à jouer. Ainsi, comme l'ont souligné Robert Barbault et Bernard Chevassus-au-Louis (2005), le concept de biodiversité tel qu'il vient d'être défini impose le recours à des approches largement pluridisciplinaires, des changements d'échelles, tant spatiales que temporelles, la prise en compte des nécessités d'action et donc un renouvellement des problématiques. Bien loin d'apporter des réponses, la biodiversité ouvre un véritable champ de questionnements autour d'un bien-être de





l'humanité reposant sur la préservation des composantes de la diversité biologique et de la ressource naturelle qu'elles constituent. Cela sous-tend une approche plurielle du concept où chacun doit préalablement définir ce que serait sa propre biodiversité : la biodiversité des uns n'est pas toujours la biodiversité des autres !

## Références bibliographiques

ARNOULD P., 2005, «Biodiversité : quelle histoire ?», in P. Marty and al. (eds.), *Les biodiversités*, Paris, CNRS éditions, p. 67-80.

BARBAULT R., Chevassus-au-Louis B., 2005, *Biodiversité, science et gouvernance*, Paris, ADPF.

BLONDEL J., 2005, «Biodiversité et sciences de la nature», in P. Marty and al. (eds.), *Les biodiversités*, Paris, CNRS éditions, p. 23-36.

BLONDEL J., 1995, *Biogéographie*, Paris, Masson.

BRETON R., 1665, *Dictionnaire caraïbe français - Dictionnaire français caraïbe meslé de quantité de marques historiques pour l'éclaircissement de la langue*. Grammaire caraïbe, Auxerre, G. Bouquet.


BREUIL M., 2002, *Histoire naturelle des amphibiens et reptiles terrestres de l'archipel guadeloupéen*, Paris, Publications scientifiques du Muséum national d'histoire naturelle.

BURAC M., 2006, «Quel développement dans les petites îles tropicales ?», in R. Confiant and al. (eds.), *A l'arpenteur inspiré*, Matoury, Ibis rouge, p. 371-398.

CHADENAS C., 2003, «L'Homme et l'oiseau sur les littoraux d'Europe occidentale (appropriation de l'espace et enjeux territoriaux : vers une gestion durable ?)», Th. : géographie. Université de Nantes, Nantes.

DU TERTRE J.B., 1667, *Histoire générale des Antilles habitées par les Français*. T. 2 contenant l'histoire naturelle, Paris, Thomas Jolly.

DU TERTRE J.B., 1654, *Histoire générale des isles de Saint-Christophe, de la Guadeloupe, de la Martinique et autres de l'Amérique où l'on verra l'établissement des colonies françaises dans ces isles, leurs guerres civiles et étrangères et tout ce qui se passe dans le voyage et retour des Indes*. Paris, J. et E. Langlois.



DROBENKO B., 2007, «Biodiversité (droit de l'environnement)», in Yvette Veyret and al. (eds.), *Dictionnaire de l'environnement*, Paris, éditions Armand Colin, p. 40-42.

FOURNET J., 1978, *Flore illustrée des phanérogames de Guadeloupe et de Martinique*, Paris, Institut National de la Recherche Agronomique.

KOENIG S., 2000, «Evaluation préliminaire des risques relatifs au lâcher de perroquets en Martinique», Rp. : Windsor Research Station.

LABAT J.B., 1722, *Voyage aux isles, chronique aventureuse des Caraïbes 1693-1705*, Paris, Phébus libretto.

LACOSTE A., SALANON R., 2001, *Eléments de biogéographie et d'écologie*, Paris, Nathan.

LAMY M., 1999, *La biosphère, la biodiversité et l'homme*, Paris, ellipses.

LARRÈRE R., 2005, «Les considérations éthiques qui justifient la préservation de la biodiversité», in P. Marty and al. (eds.), *Les biodiversités*, Paris, CNRS éditions, p. 190-193.

LEAKEY R., LEWIN R., 1998, *La sixième extinction*, Paris, Flammarion.

LE DANFF J.P., 2002, «La convention sur la diversité biologique : tentative de bilan depuis Rio», *Vertigo*, N° 3 (<http://www.vertigo.uqam.ca>).

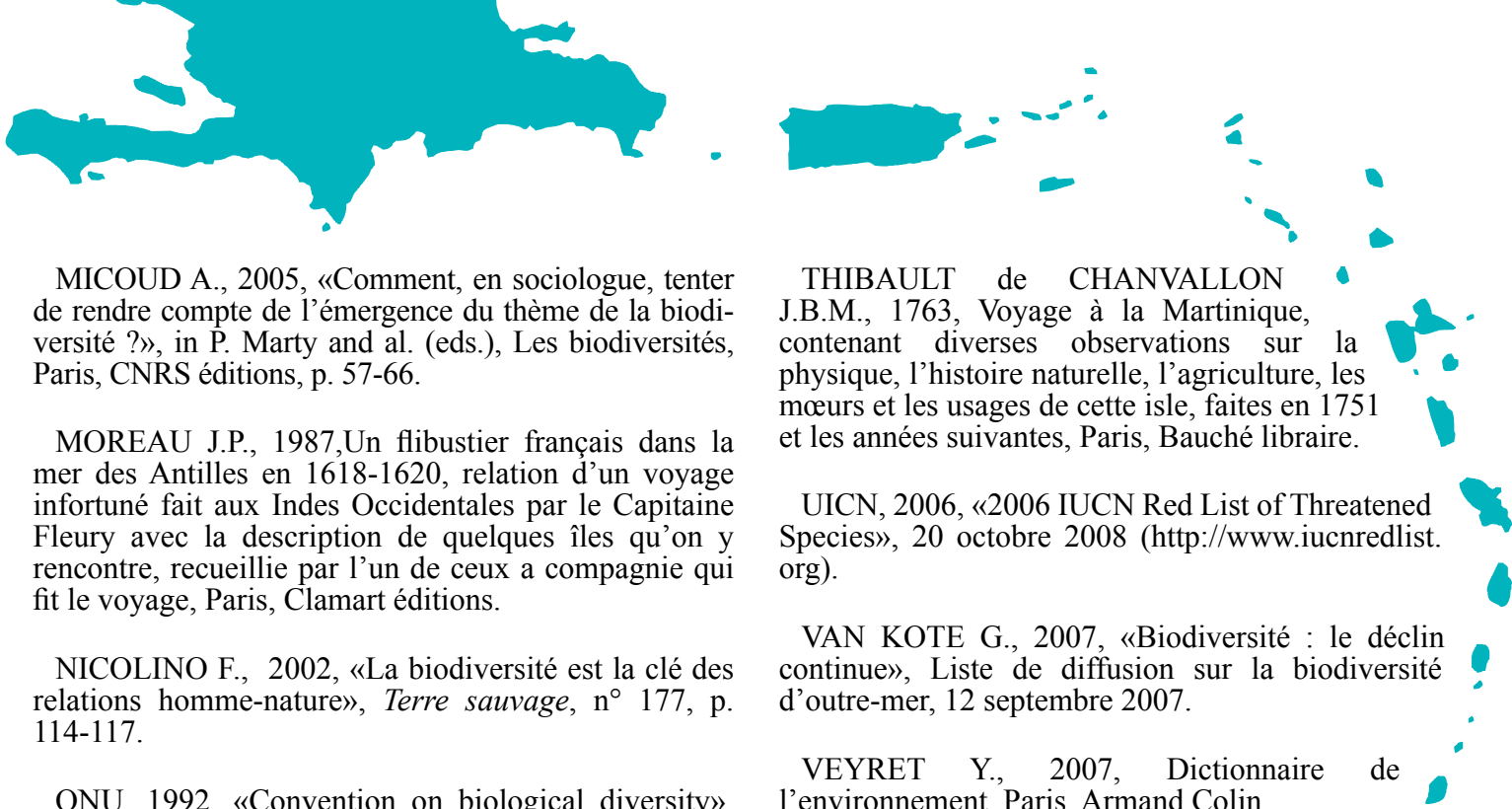
LESCURE J., 2001, «Les voyageurs et les naturalistes français aux Antilles (XVIIe - XIXe siècle)», in D'Hondt and al. (eds.), *L'exploration naturaliste des Antilles et de la Guyane*, Paris, CTHS éditions, p. 107-133.

LÉVÊQUE C., MOUNOLOU J.C., 2001, *Biodiversité*, Paris, Dunod.

MARTY P., VIVIEN F.D., LEPART J., LARRÈRE R., 2005, *Les biodiversités*, Paris, CNRS éditions.

MCNEELY J., MILLER K., REID W., MITTERMEIER R., WERNER T., 1990, *Conserving the world's biological diversity*, Gland, Switzerland and Washington D.C., The International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, World Resources Institute, Conservation International, World Wildlife Fund-US and World Bank.





MICOUD A., 2005, «Comment, en sociologue, tenter de rendre compte de l'émergence du thème de la biodiversité ?», in P. Marty and al. (eds.), *Les biodiversités*, Paris, CNRS éditions, p. 57-66.

MOREAU J.P., 1987, *Un flibustier français dans la mer des Antilles en 1618-1620, relation d'un voyage infortuné fait aux Indes Occidentales par le Capitaine Fleury avec la description de quelques îles qu'on y rencontre, recueillie par l'un de ceux a compagnie qui fit le voyage*, Paris, Clamart éditions.

NICOLINO F., 2002, «La biodiversité est la clé des relations homme-nature», *Terre sauvage*, n° 177, p. 114-117.

ONU, 1992, «Convention on biological diversity», Treaty series, No. 1760, 11 août 2009 (<http://www.cbd.int>).

PINCHON R., 1976, *Faune des Antilles françaises : les oiseaux*, Fort-de-France, documentation de la Réserve du Père Pinchon.

PNUE, 2005, «Changements climatiques et espèces migratrices», 07 novembre 2005 (<http://www.cms.int>).

RAMADE F., 2002, *Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement*, Paris, Dunod.

SIMON L., 2007, «Biodiversité», in Y. Veyret and al. (eds.), *Dictionnaire de l'environnement*, Paris, Armand Colin, p. 39-40.

TEYSSÈDRE A., 2005, «Vers une sixième grande crise d'extinctions ?», in R. Barbault and al. (eds.), *Biodiversité, science et gouvernance*, Paris, ADPF, p. 24-49.

THÉSÉE F., 1990, *Le jardin botanique de Saint-Pierre, Martinique, 1803-1902*, Paris, Editions caribéennes.

THIBAUT de CHANVALLON J.B.M., 1763, *Voyage à la Martinique, contenant diverses observations sur la physique, l'histoire naturelle, l'agriculture, les mœurs et les usages de cette isle, faites en 1751 et les années suivantes*, Paris, Bauché libraire.

UICN, 2006, «2006 IUCN Red List of Threatened Species», 20 octobre 2008 (<http://www.iucnredlist.org>).

VAN KOTE G., 2007, «Biodiversité : le déclin continue», *Liste de diffusion sur la biodiversité d'outre-mer*, 12 septembre 2007.

VEYRET Y., 2007, *Dictionnaire de l'environnement*, Paris, Armand Colin.

VIVIEN F.D., 2005, «La diversité biologique entre valeurs, évaluations et valorisations économiques», in P. Marty and al. (eds.), *Les biodiversités*, Paris, CNRS éditions, p. 125-140.

WILSON E.O., 1988, *BioDiversity*, Washington, National Academy Press.





# La Biodiversité, porteuse des prémisses d'un contre-modèle de développement

Raphaël VAUGIRARD

L'approche trop commune de la biodiversité conduit certains à une conception réductrice la renvoyant à des actions ponctuelles, telles que la protection d'oiseaux, de forêts, la connaissance de plantes rares, de richesses marines, etc, alors que ce sujet traite en fait, de façon plus fondamentale, de la préservation d'écosystèmes complexes qui fournissent à l'homme des « services » indûment tenus pour acquis. On prend de plus en plus conscience que ces « services » conditionnent en fin de compte le niveau de vie et de « bien être » de l'homme, mais aussi le niveau de développement économique des sociétés. Introduite dans l'opinion mondiale au sommet de Rio en 1992 (à travers la Convention mondiale sur la biodiversité), elle est devenue aujourd'hui une alerte majeure désormais portée concurremment par le monde scientifique et les instances internationales (notamment onusiennes), face à des Etats trop souvent réticents. En France, entre 2007 et 2010, plusieurs lois dites « Grenelle de l'environnement » abordent la préservation et valorisent la biodiversité. Ces lois conçues en pleine crise de l'économie post-industrielle mondialisée annoncent-elles la révolution dite de la « croissance verte » évoquée en décembre 2008 ?

L'année 2010, proclamée par l'ONU année internationale de la biodiversité est donc propice à une réinterrogation du modèle systémique Homme/Société/Nature qui a pris corps avec le capitalisme dans son évolution, du mercantilisme au capitalisme libéral mondialisé. Sont convoqués tous les modèles socio-économiques qui ont pu être mis en œuvre auxquels sont intimées des analyses critiques de leurs impacts négatifs participant de la crise environnementale. L'objectif est de démontrer l'intimité des liens entre « dumping environnemental » et « dumping social » notamment dans les pays du Sud, où nous situons les îles et pays de la Caraïbe, comme ceux du Nord. Mais aussi d'apprécier les possibilités d'un nouveau modèle de croissance intégrant l'impératif écologique tant au niveau des pays qu'au niveau mondial.

L'intérêt scientifique de la remise en cause des logiques économiques, politiques et sociales, réside dans l'évaluation des capacités collectives de « réversibilité » des processus d'appauvrissement et de dégradation de la biodiversité comme on a pu le constater pour le changement climatique à l'issue des accords de Kyoto en 2005. La « réversibilité » est en


résonnance avec la « résilience ». Cette nouvelle logique atteste des interactions devant être intensifiées entre les sciences naturelles et les sciences sociales pour ouvrir des champs inédits d'un nouveau type de progrès.

Dans cette perspective, si on part des sciences sociales, l'approche-critique à réussir dans le sens de la « réversibilité », concerne les « services » extorqués de la nature pour satisfaire les besoins humains, allant de la production-consommation de biens, les extractions de ressources naturelles, l'utilisation urbanistique de zones sensibles, les équipements et infrastructures, etc. Toutes les activités socio-économiques impliquant l'homme dans l'environnement sont interpellées : l'agriculture et les pratiques culturelles, les sources d'énergie, les modes de préservation de la santé humaine, l'alimentation, les notions de travail et d'activité, etc. Tous les territoires assujettis au mode de croissance de type libéral, des petits espaces insulaires aux continents, sont concernés.

Face à l'ampleur des menaces auxquelles sont soumis les écosystèmes dans la plupart des pays du Sud comme du Nord, continentaux ou insulaires, on peut considérer que l'outil analytique « réversibilité/irréversibilité » des processus doit être mis au centre de l'évaluation des modes de production et de croissance. Incontestablement les progrès réalisés dans le sens de la « réversibilité » des impacts économiques sur l'environnement, les efforts pour gagner la résilience des milieux, la mise en œuvre d'une nouvelle pédagogie écologique efficace et des méthodes innovantes dites de « technologies circulaires », vont faire évoluer la dialectique Homme/Société/Nature. Ces nouveaux rapports émergents permettront d'atténuer l'influence du modèle actuel et de progresser vers des « contremodèles de croissance » nouveaux mettant l'environnement au cœur du progrès social et économique. Mais le combat n'est pas encore gagné.

## Éléments de « l'antimodèle » nature/homme/société dans le système économique dominant

Au risque d'une lapalissade, nous dirons que le modèle historique né avec le mercantilisme a fait correspondre le développement de la production à la dégradation des milieux et plus précisément, à l'extorsion d'une « rente environnementale » comparable à la plus-value du travail dénoncée par le Marxisme. La destruction



d'écosystèmes forestiers, la disparition d'espèces vivantes dans la plupart des territoires (plantes, animaux, micro-organismes, etc), puisent leurs racines dans le système commercial en vigueur dès le XV<sup>e</sup> siècle. Le modèle économique qui conduit les processus économiques jusqu'à la mondialisation a évolué dans une logique d'opposition « Economie-Environnement » que nous qualifierons d'antimodèle. Dans les îles Caraïbes, pour produire plus de sucre et plus tard, plus de banane, plus de minerai de bauxite, plus de pétrole, etc, à exporter, il fallait défricher plus de surfaces, déboiser plus de forêts, etc, pour créer des espaces de production homogènes non en rapport avec les besoins de la communauté humaine du territoire.

Des historiens affirment qu'il y eut comme un aveuglement des colonisateurs à l'égard de la forêt primaire et des ressources végétales dans les régions tropicales abordées en tant qu'espaces « vierges ». Et on s'aperçoit *ipso facto* du conflit de significations qu'apporte cette notion de « virginité ». Si pour le colon, elle exprimait la « non-mise en valeur agronomique » selon ses conceptions héritées des pays européens, pour l'observateur actuel bénéficiant du recul historique, cette notion pourrait signifier la virginité du modèle culturel et cultural de toute emprise de nature capitaliste. Deux lectures qualitativement opposées qui donnent une idée de la distance pouvant séparer deux systèmes de valeurs. La colonisation doit être relue en tant que forme primitive de la mondialisation puisque c'est cette même logique qui aura perduré trois siècles après.

## La relation négative « Economie-Environnement »

Le système colonial et le capitalisme industriel qui a suivi, ont instauré dans les Caraïbes et autres territoires tropicaux correspondant aujourd'hui aux pays du Sud, des objectifs économiques qui ont ramené les écosystèmes tout comme l'homme au rang de facteurs de production. La traditionnelle fonction de production  $Y = f(W, N)$  et sa dérivée  $DY/Y = DW/w + DN/N$  l'indiquent bien. Ce modèle a prospéré de par des attitudes agressives vis à vis de la nature ( $DN/N$ ). A titre d'exemple, le couplage déforestation-plantation a constitué une véritable norme socio-historique d'appropriation de l'espace dans les colonies caraïbéennes. L'historien A. Nicolas, citant le Révérend père Dutertre explique que le colon qui s'installait recevait du gouverneur une propriété d'environ 52 ha. Et l'attributaire disposait de 2 ans pour éliminer le « bois debout » sinon, les terrains revenaient à l'Etat.

C'est dans cette logique destructrice que des espaces arborés ont été transformés en terres cultivables. Dans les îles Caraïbes, les surfaces agricoles utiles (SAU) ont atteint jusqu'à 60% du territoire (Martinique, Barbade, Ste Lucie, etc). Sur le continent, au Brésil, Josué de Castro signale dans sa fameuse « Géographie de la faim » (1962),

des régions telles que le Pernambouc au Nord Est où la déforestation a atteint 80% du territoire au profit de la grande propriété. Ce qui inaugurerait selon ce géographe, l'ère de la misère, de la malnutrition et de la pauvreté jusque-là inconnues.

### *Des « îles à manioc » aux « îles à sucre » dans la Caraïbe*

On n'a pas fini d'approfondir les impacts du basculement des Caraïbes « d'îles à manioc » à « îles à sucre » (A. Bravo 2002). Autant la première structuration caractérisait une organisation précapitaliste préservant la biocénose, autant la seconde signifie le capitalisme préindustriel triomphant dilapidant les milieux. Autant le système autour du « manioc » relevait d'une harmonie ethno-biologique, autant le « sucre » exprime une rupture écologique. On sait que tout rapport de force entre organisations précapitalistes et capitalistes vire rapidement en faveur de ces dernières. C'est donc cette logique qui va s'imposer avec des conséquences écologiques incalculables au niveau environnemental et bioculturel.

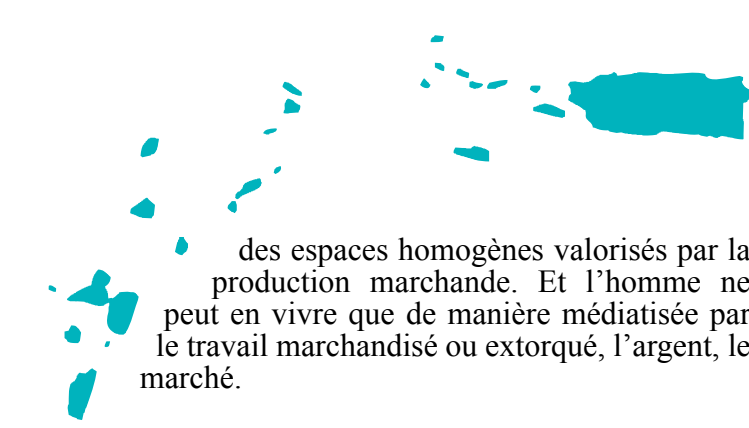
### *Le système des plantations et l'appauvrissement écologique*

Il faut rappeler que la plantation correspond à un espace recomposé, un écosystème unidimensionnel dont l'homme ne tire plus sa vie que dans des conditions médiatisées par le travail marchandisé ou extorqué, l'argent, le marché. Au cycle de la nature se substitue le cycle de la marchandise, aux rapports sociaux primitifs de communautés, dont la fonction était la reproduction sociale, se substituent les rapports capitalistes et les logiques d'accumulation de profit. Du système de canalisation de l'énergie naturelle ambiant s'est substitué l'écosystème domestique dépendant de l'homme pour son fonctionnement. Est complètement occultée l'existence d'un véritable système bioculturel des peuples primitifs qui ignoraient la propriété privée. Il commandait les modes de prélèvements dans les milieux (par la cueillette, la pêche, la chasse) ainsi que des cultures (manioc, etc).

### **Du « dumping environnemental » au « dumping social »**

L'espace et l'ethno-biocénose antérieurs transformés en « terres cultivables » ont été soumis à des cycles complètement inconnus. Ils correspondent désormais à un facteur de production que l'on mesure, divise et quantifie. En d'autres termes à la nature nourricière, source de vie dans laquelle la communauté animiste Caraïbe vouait son culte, son respect, se substituent





des espaces homogènes valorisés par la production marchande. Et l'homme ne peut en vivre que de manière médiatisée par le travail marchandisé ou extorqué, l'argent, le marché.


### *Le cycle des plantations conduit à la « crise de la monoculture »*

Le cycle à long terme du système des plantations en petits espaces insulaires est de mieux en mieux connu. L'augmentation de la demande extérieure de produits exotiques (sucre, banane, ananas, etc) émanant des pays riches génère mécaniquement celle des espaces plantés pour la satisfaire selon l'élasticité de l'offre. Lorsque les cours sont favorables, les économies insulaires et continentales tentent de tirer partie des recettes d'exportation et se font une concurrence en fonction de leur dotations en facteurs terres et MO. Les petits espaces sont acculés à la spécialisation pour résister et tenter de maîtriser les coûts de production. L'affectation croissante des facteurs de production (terres et main d'œuvre) à la seule production d'exportation crée donc un contexte de monoculture. Cette logique s'est vérifiée à des degrés divers pour la plupart des économies caraïbéennes et de l'Amérique latine.

Plus le territoire est exigu et plus l'impact de la monoculture est important. Il faut ajouter que dans la compétition des productions, pour tenter de garder de hauts niveaux de rendements agricoles, à partir de la moitié du XX<sup>ème</sup> siècle, on fait massivement appel à des produits phytosanitaires, herbicides, engrais et pesticides qui viennent perturber le cycle des sols. La perte de flexibilité des économies, ces dernières ne pouvant se diversifier rapidement ou réorienter le système productif, induit une situation impactant gravement l'environnement et les équilibres écologiques (eau, sols, biodiversité, etc). C'est dans ce jeu de contraintes qu'apparaissent et s'aggravent les crises écologiques, préludes au « dumping environnemental » du fait de l'irréversibilité du système incapable de sortir des processus d'appauvrissement des milieux et de l'environnement.

### *Les liens de causalité entre « crise environnementale » et « crise sociale »*

Le modèle externalisé arrivant à des situations de rigidités économiques extrêmes avec la monoculture, notamment en espaces insulaires, développe une double dépendance. D'abord celle des exportations (DX/X) pour se procurer des ressources commerciales, économiques nouvelles, mais aussi celle des importations (DM/M) de produits que l'on peut de plus en plus difficilement produire sur place. Il en est ainsi de l'agriculture domestique travaillant pour le marché de l'alimentation, mais aussi



de biens et services artisanaux demandés sur le marché local. Au final, la crise de la monoculture aboutit à une crise générale faisant exploser le chômage, éjectant des masses rurales hors des systèmes productifs. La crise des campagnes ouvre l'ère de l'exode rural, de la pauvreté et de l'urbanisation spontanée (bidonvilles, quartiers insalubres, etc). Ce processus aggrave en continu la disjonction entre les structures sociales et les structures productives tout en déstructurant parallèlement les relations ville-campagnes.

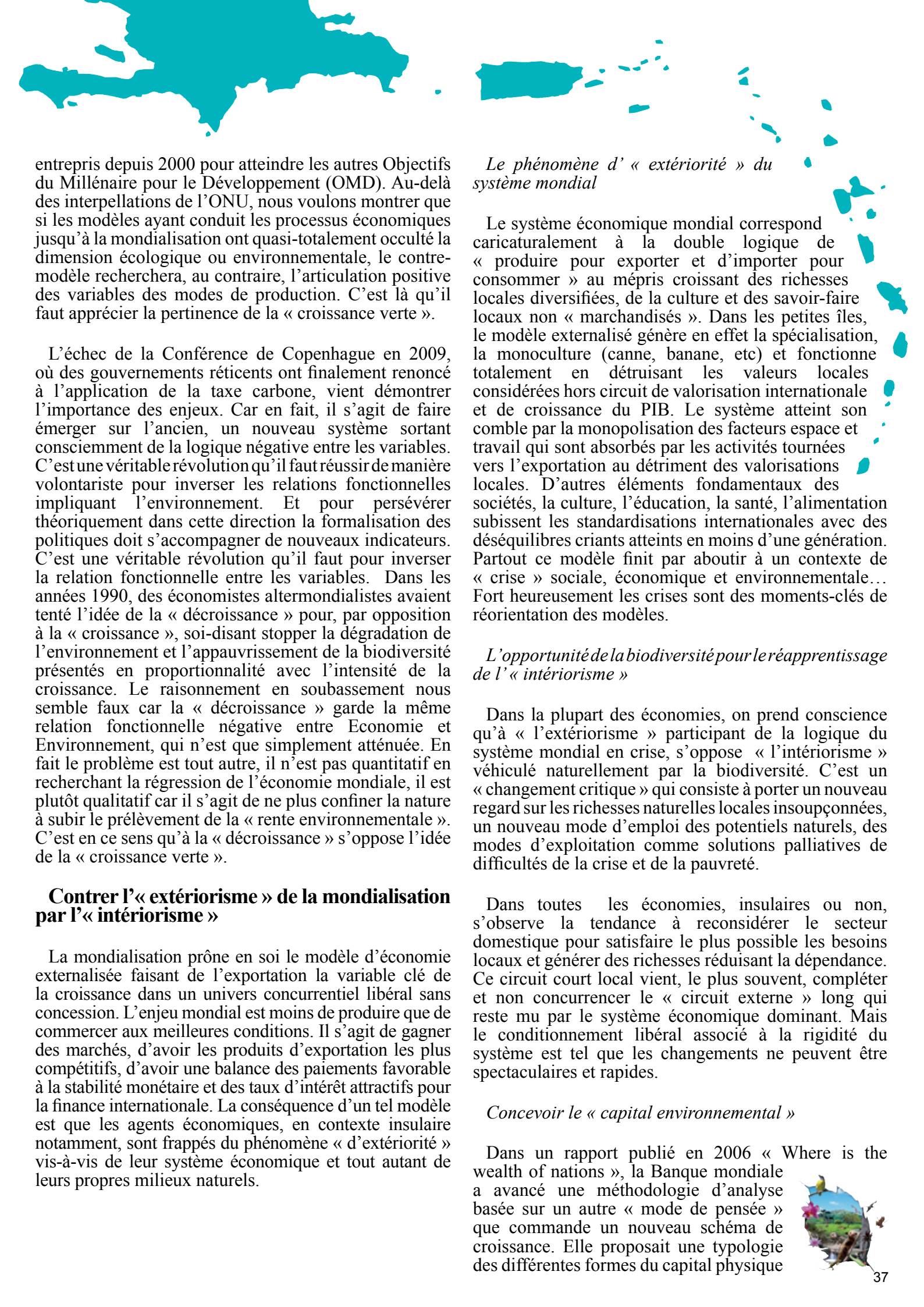
Dans le système se caractérisant par « produire pour exporter » les campagnes ne sont plus des lieux de production mais des lieux stérilisés et de spéculation foncière et/ou immobilière à travers les documents d'urbanisme apparaissant à partir des années 1970 dans les îles françaises. La misère et la pauvreté, les faibles niveaux d'alphabétisation entretiennent le chômage et les bas revenus. Ils annoncent le « dumping social ». Comment ? Par le jeu de contraintes externes (baisse des cours internationaux, concurrence sauvage, saturation des marchés, etc) associées aux difficultés internes (baisse des rendements agricoles, pollution des sols, faibles salaires, chômage, etc). L'économie s'engage alors dans une spirale de cercles vicieux où l'appauvrissement des milieux naturels, l'absence d'une agriculture tournée vers l'intérieur aggravent encore les conditions de vie, l'urbanisation et le chômage urbain.

### **La nature précapitaliste des secteurs de la biodiversité**

Il n'est donc pas faux de dire que le modèle économique capitaliste nie la « valeur » de la biodiversité. Dans ce système dominant, la biodiversité participe d'un sous-système de résistance. Cette résistance a été clairement mise en avant par les recherches du géographe Guy Lasserre (« La petite propriété des Antilles françaises dans la crise de l'économie de plantation » ; Ed. CRC 1973). L'auteur indique que la petite agriculture vivrière sur des micro-parcelles, le petit élevage, etc, subissant la domination des plantations restaient orientées vers le marché intérieur. Activités d'autosubsistance, ce « sous secteur » reste mêlé par une logique plus proche du rythme de la nature que ce celui du marché. Il présente donc un lien qualitativement différent entre l'homme et la nature. Le mépris de ce sous-système, sa dévalorisation dans un contexte d'absence totale de préoccupation écologique, viennent de sa faible monétarisation, de son faible rapport marchand, etc.

### **Les prémisses d'un contre-modèle, la « croissance verte »**

La dernière Assemblée Générale des Nations Unies en 2008 a réaffirmé l'importance des liens d'interdépendance entre développement et environnement. Elle a répété que la perte de la biodiversité entraîne de graves conséquences sur le développement humain et ralentit les efforts



entrepris depuis 2000 pour atteindre les autres Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD). Au-delà des interpellations de l'ONU, nous voulons montrer que si les modèles ayant conduit les processus économiques jusqu'à la mondialisation ont quasi-totalement occulté la dimension écologique ou environnementale, le contre-modèle recherché, au contraire, l'articulation positive des variables des modes de production. C'est là qu'il faut apprécier la pertinence de la « croissance verte ».

L'échec de la Conférence de Copenhague en 2009, où des gouvernements réticents ont finalement renoncé à l'application de la taxe carbone, vient démontrer l'importance des enjeux. Car en fait, il s'agit de faire émerger sur l'ancien, un nouveau système sortant consciemment de la logique négative entre les variables. C'est une véritable révolution qu'il faut réussir de manière volontariste pour inverser les relations fonctionnelles impliquant l'environnement. Et pour persévérer théoriquement dans cette direction la formalisation des politiques doit s'accompagner de nouveaux indicateurs. C'est une véritable révolution qu'il faut pour inverser la relation fonctionnelle entre les variables. Dans les années 1990, des économistes altermondialistes avaient tenté l'idée de la « décroissance » pour, par opposition à la « croissance », soi-disant stopper la dégradation de l'environnement et l'appauvrissement de la biodiversité présentés en proportionnalité avec l'intensité de la croissance. Le raisonnement en soubassement nous semble faux car la « décroissance » garde la même relation fonctionnelle négative entre Economie et Environnement, qui n'est que simplement atténuée. En fait le problème est tout autre, il n'est pas quantitatif en recherchant la régression de l'économie mondiale, il est plutôt qualitatif car il s'agit de ne plus confiner la nature à subir le prélèvement de la « rente environnementale ». C'est en ce sens qu'à la « décroissance » s'oppose l'idée de la « croissance verte ».

### **Contre l'« extériorisme » de la mondialisation par l'« intériorisme »**

La mondialisation prône en soi le modèle d'économie externalisée faisant de l'exportation la variable clé de la croissance dans un univers concurrentiel libéral sans concession. L'enjeu mondial est moins de produire que de commercer aux meilleures conditions. Il s'agit de gagner des marchés, d'avoir les produits d'exportation les plus compétitifs, d'avoir une balance des paiements favorable à la stabilité monétaire et des taux d'intérêt attractifs pour la finance internationale. La conséquence d'un tel modèle est que les agents économiques, en contexte insulaire notamment, sont frappés du phénomène « d'extériorité » vis-à-vis de leur système économique et tout autant de leurs propres milieux naturels.

### *Le phénomène d'« extériorité » du système mondial*

Le système économique mondial correspond caricaturalement à la double logique de « produire pour exporter et d'importer pour consommer » au mépris croissant des richesses locales diversifiées, de la culture et des savoir-faire locaux non « marchandisés ». Dans les petites îles, le modèle externalisé génère en effet la spécialisation, la monoculture (canne, banane, etc) et fonctionne totalement en détruisant les valeurs locales considérées hors circuit de valorisation internationale et de croissance du PIB. Le système atteint son comble par la monopolisation des facteurs espace et travail qui sont absorbés par les activités tournées vers l'exportation au détriment des valorisations locales. D'autres éléments fondamentaux des sociétés, la culture, l'éducation, la santé, l'alimentation subissent les standardisations internationales avec des déséquilibres criants atteints en moins d'une génération. Partout ce modèle finit par aboutir à un contexte de « crise » sociale, économique et environnementale... Fort heureusement les crises sont des moments-clés de réorientation des modèles.

### *L'opportunité de la biodiversité pour le réapprentissage de l'« intériorisme »*

Dans la plupart des économies, on prend conscience qu'à « l'extériorisme » participant de la logique du système mondial en crise, s'oppose « l'intériorisme » véhiculé naturellement par la biodiversité. C'est un « changement critique » qui consiste à porter un nouveau regard sur les richesses naturelles locales insoupçonnées, un nouveau mode d'emploi des potentiels naturels, des modes d'exploitation comme solutions palliatives de difficultés de la crise et de la pauvreté.

Dans toutes les économies, insulaires ou non, s'observe la tendance à reconsidérer le secteur domestique pour satisfaire le plus possible les besoins locaux et générer des richesses réduisant la dépendance. Ce circuit court local vient, le plus souvent, compléter et non concurrencer le « circuit externe » long qui reste mu par le système économique dominant. Mais le conditionnement libéral associé à la rigidité du système est tel que les changements ne peuvent être spectaculaires et rapides.

### *Concevoir le « capital environnemental »*

Dans un rapport publié en 2006 « Where is the wealth of nations », la Banque mondiale a avancé une méthodologie d'analyse basée sur un autre « mode de pensée » que commande un nouveau schéma de croissance. Elle proposait une typologie des différentes formes du capital physique



qui fonde la richesse d'un pays : capital produit (machine, constructions, etc), capital intangible (institutions, l'humain), auxquels s'ajoute le capital naturel. Cette innovation permet de réinterpréter le réel historique et d'expliquer l'extorsion de la « rente environnementale ». Dans la fonction de production du modèle historique dominant, le capital se formerait par absorption et substitution du facteur Nature au sens large (allant de la terre, eau, air, bois, matières premières, etc.) par le métabolisme du système de production. C'est ainsi qu'on peut transformer des réserves de pétrole en d'autres formes de capital physique ou humain.

Dans le système productif, la nature, l'environnement, la biodiversité doivent devenir des facteurs reproductibles, des lieux de production en résilience non pas en soi et pour soi, mais fondamentalement orientés pour apporter une meilleure qualité de la vie humaine.

### La biodiversité corrobore le modèle de la « croissance verte »

La biodiversité offre aux sociétés humaines une quantité de « services » jusque-là mal considérées, dont on prend progressivement conscience. Ces services démontrent que l'homme reste dépendant de la nature. Il n'existe aucun produit miracle, de substitution à toutes les ressources naturelles et à tous les biens écosystémiques que nous détruisons. Pour comprendre la profondeur des changements de mécanismes rendus possibles par la biodiversité, voyons quelques exemples dans des domaines concrets. L'agroécologie est une alternative aux modèles agricoles spécialisés connus jusqu'ici. Elle s'inscrit dans le schéma de la « croissance verte » recherchant « la production sans la destruction ». La baisse du pouvoir d'achat, le chômage, la pauvreté participent aux mécanismes de la « crise alimentaire ». L'agriculture productiviste est socialement et écologiquement insoutenable. Le rappel des vertus des produits locaux traditionnels diversifiés consommés par les générations précédentes (vivriers, maraîchers, etc) mais dévalorisés par les structures de goûts importés (Mac-Do, Pizza, etc), la petite production marchande et non marchande, contribuent à influencer

les comportements de consommation individuelle mais aussi collective notamment dans les zones rurales et périurbaines.

L'écart de productivité entre l'agriculture paysanne et l'agriculture industrielle va jusqu'à 20, comme le montre la comparaison entre les résultats présentés dans le tableau ci-dessus. Mais d'un autre côté, sont totalement occultés les impacts négatifs de la forte productivité (érosion, pollutions chimiques, mauvaises herbes, herbicides, etc) qui, en termes de coûts de traitement, peuvent annuler presque tous les gains de productivité par rapport à la production paysanne. L'agroécologie participant de la « croissance verte » exige un travail plus intense et soigné que l'agriculture à grande échelle. Elle peut entraîner la création de nombreux emplois, à condition que les agriculteurs puissent être correctement rémunérés pour la qualité de leurs produits et pour les services environnementaux rendus à la société. Dans les pays caraïbéens moulés dans le modèle de la plantation, l'agroécologie paysanne existe à travers la petite production marchande ou non marchande mais reste sous-estimée et jugée archaïque par les autorités politiques et les organismes de recherche. Il est curieux de constater, contrairement aux discours de ces derniers qui continuent à cautionner le productivisme, que ce sont les exploitations paysannes qui sont les plus à mêmes d'héberger les systèmes agroécologiques plus conformes aux exigences du développement durable.

### L'ingénierie des « technologies circulaires »

Le nouveau schéma de « croissance verte » correspond certes à l'optimisation de la réversibilité mais aussi à la maximisation de la résilience des milieux. C'est l'objet de l'ingénierie des technologies circulaires. Comme l'explique J.P. Panpreneau, il s'agit de transformer les effluents (produits usés) en matières premières pour un autre procès socialement utile et économiquement rentable. Ces « technologies circulaires » sont la source de nombreuses expérimentations. L'exemple le plus parlant est celui de la gestion des déchets ménagers dont le volume croît à une vitesse exponentielle. L'idée est d'articuler positivement des éléments sociaux, économiques et environnementaux.

**Tableau 1** : Productivité paysanne contre productivité industrielle (Ecart de productivité)

|                                     | Paysan Andin     | Fermier Middle West |
|-------------------------------------|------------------|---------------------|
| Surface par actif et par an         | 0.5 ha           | 100 ha              |
| Rendement du blé à l'ha             | 1.1 t            | 5 t                 |
| Production brute annuelle par actif | 0.55 t           | 55 t                |
| Valeurs perdues par an              | 50 kg (semences) | 400 t (semences)    |
| Valeur Ajoutée Marchande par actif  | 0.5 t            | 100 t               |

Source : *Alternatives Economiques*, n°295 octobre 2010, page 92



**Tableau 2** : schéma de récupération/revalorisation de déchets

|   | Conception de l'action  | Domaines impliqués  | Effets positifs   |
|---|---|---|---|
| Déchets métaux ;<br>plastiques ; verres ;<br>etc. | Remise en déchetterie<br>d'une quantité donnée<br>de déchets triés par des<br>inactifs et autres titulai-<br>res de bas revenus, etc.<br><br>Rétribution par un ticket<br>d'accès à un service pu-<br>blic : transport ; cantine ;<br>formation, autres « bons<br>d'achat » | Déchets = environnement<br><br>Récupération = activité<br>socialement utile pour des<br>inactifs<br><br>Produits = filières de retraite-<br>ment artisanal ou industriel<br><br>Service public = Etat | Valorisation de déchets<br><br>Création activité sociale<br><br>Production de matières pre-<br>mières<br><br>Interventionnisme public |

Le **tableau 2** fait apparaître que le projet de récupérer des déchets ménagers par des inactifs en les rémunérant par un ticket d'accès à un service public procède d'une approche systémique. Le triple intérêt de cette expérience vient d'une part, qu'elle ne correspond pas à une logique de marché ; ensuite qu'elle écarte la démarche monétaire ou monétarisée, et enfin, qu'elle comporte la dimension sociale de lutte contre l'exclusion, la pauvreté et donc participe à la lutte contre les inégalités, etc. La gestion des éléments basiques tels que l'air, l'eau, les déchets s'offre à des expérimentations de « l'ingénierie circulaire ».

La question de la biodiversité émerge dans une période où le système économique mondial en crise est dominé par le libéralisme stérilisant les systèmes productifs, la concurrence aggravant les faillites et les gaspillages de ressources, la course à la croissance qui paradoxalement génère plus de pauvreté.

La plupart des îles de la Caraïbe se voient encore acculées à prioriser leur « cohérence externe » par rapport à l'économie internationale au détriment de leur « cohésion interne ». Ce sont probablement là les ressorts de la « crise de la pensée » facilitant la reproduction des vieux schémas que l'on veut pourtant dépasser. Comment ne pas comprendre que le modèle de développement dilapidateur de ressources se reproduit par le schéma de « croissance mimétique » des pays du Sud à l'égard des pays industriels, se dynamisant par les exportations, par l'accès aux marchés mondiaux d'agro-exportations (banane, sucre, rhum, etc.) au mépris des conditions de production et de la satisfaction des besoins des populations ? Pourtant nous est démontré chaque jour que le « libéralisme ne nourrira pas la planète ».

Précisément si la biodiversité nous invite à un autre regard sur les potentialités économiques, à un autre mode de valorisation des ressources et à un autre mode de pensée, son émergence est liée, corrélée à la déconstruction de ce puissant modèle qui conduit actuellement la mondialisation en crise. C'est dire l'acuité du combat de long terme qu'il faut mener.

Les réponses à cette crise de modèles doivent éviter les analyses clivées abordant d'un côté les milieux et de l'autre le système économique. Au contraire c'est dans la démystification de leur interaction que pourront être explorées les perspectives de réversibilités car il s'agit de trouver les moyens de faire les sociétés réintégrer, autant que possible, leurs écosystèmes naturels. Dans cette perspective, nous pensons qu'il est possible d'enrichir le développement socio-économique et culturel des peuples et de les accompagner dans la réappropriation de leur environnement par la stratégie du développement endogène. Cette orientation organisant des réversibilités systémiques nous semble la plus à même de démystifier la contradiction historique environnement-développement, de reconstruire des relations symbiotiques entre l'homme caraïbéen et son milieu naturel, de faire les sociétés « se concevoir pour elles-mêmes » et non uniquement pour servir le marché mondial.

Dans ce tournant historique, nous ferons nôtre la pensée de J. M. Keynes en préambule de sa théorie générale lorsqu'il affirmait que : « Le problème n'est pas de comprendre les idées nouvelles, il est de se débarrasser des conceptions anciennes qui ont poussé leurs racines dans les recoins les plus profonds de notre esprit ».





## Références bibliographiques

Paul ARNOULD et *al.* - Forêts et développement durable - Colloque de Glasgow - Août 2004

Alain BLERALD -1986- histoire économique de la Guadeloupe et de la Martinique du XVII<sup>e</sup> siècle à nos jours - Paris -Ed. Karthala

Josué de CASTRO - 1972- Géographie de la faim - Paris- Ed. du Seuil

Jean CRUSOL - 1980 - Economies insulaires de la Caraïbe ; aspects théoriques et pratiques du développement.- Paris : Ed. Caraïbéennes

Hervé DOMENACH & Michel PICOUET - 2000.- Population et environnement - Que Sais-Je n° 3556 - Paris - Ed. PUF

Guy LASSERRE - 1972 - La petite propriété des Antilles françaises dans la crise des plantations ; Collection de Fonds Saint Jacques

Armand NICOLAS - 1996 - Histoire de la Martinique Tome 1 - Paris- Ed. L'Harmattan

Oruno D. LARA - 1992 - La Caraïbe en construction- Espace Ed CERCAM

René PASSET - 1979 - L'économie et le vivant- Paris- Ed PAYOT


Banque mondiale - 2006 - Where is the wealth of nations ? Measuring Capital for the 21th Century - Washington (DC) Banque Mondiale

### Articles de revues

Environnement et développement n° hors série 1978, La caraïbe menacée, ENDA-DAKAR Ed. KARTHALA 1978

Environnement et développement n° hors série 1978, BENOIST - Editorial pp 11-14

Environnement et développement n° hors série 1978, G. CLARKE Carribbean urban environnements pp 15-26



Environnement et développement n° hors série 1978, J. BARRAU - les hommes et le milieu naturel à la Martinique pp 31-43

Environnement et développement n° hors série 1978, J.C. GIACOTTINO-Cycle de plantation et terres abandonnées à Trinidad pp 45-60

Environnement et développement n° hors série 1978, R. G. CECIL haitian environmental problems affecting the economic development of small communities pp 63-75

Environnement et développement n° hors série 1978, R. PAQUETTE - La petite exploitation agricole en Martinique pp 77-93

Historiens et géographes n° 387 Août 2004 : Colloque de Glasgow sur le développement durable - P. ARNOULD & V. CLEMENT - Forêts et développement durable

Alternatives Economiques n°63 hors série du 1<sup>er</sup> trimestre 2005 consacré au développement durable





# Valoriser la biodiversité par le biais du ludisme et de l'écotourisme : exemple d'un guide sur les arbres remarquables à la Martinique

Corinne PLANTIN

À la Martinique, l'une des structures de référence de l'aménagement du territoire ayant réalisé un guide sur les arbres remarquables dans une démarche ludique et d'écotourisme, reste le Conseil d'Architecture, d'Urbanisme et de l'Environnement (CAUE) de la Martinique. A partir de quels critères de remarquabilité cet organisme s'est-il basé pour la réalisation de ce guide ? Quelles démarches ont été effectuées ? Comment est-il possible à partir de cette action, de valoriser et protéger les arbres répertoriés ? Après avoir présenté la notion et les critères de remarquabilité dans un premier volet, il serait intéressant de se pencher sur les démarches adoptées pour la réalisation d'un guide sur les arbres remarquables. Enfin, dans une dernière partie, il sera démontré comment à partir de cette action de sensibilisation, il est possible d'agir efficacement et durablement pour la survie des arbres remarquables de la Martinique.

## Qu'est-ce qu'un arbre remarquable ?

Le CAUE de la Martinique a voulu réaliser une action concrète pour l'année internationale de la biodiversité. Il s'est donné pour mission de créer un ouvrage pratique qui permettrait de valoriser et protéger durablement la biodiversité remarquable en milieu anthropique. La structure a pour cela mis à jour des données dont elle disposait sur les arbres remarquables de la Martinique. Pourquoi ces arbres sont dits « remarquables » ? Il est indispensable de faire une approche de la notion et des critères de remarquabilité, afin de mieux cerner les sujets abordés.

## La notion de remarquabilité

Le terme de remarquabilité se rapproche beaucoup de celui de notabilité. Est remarquable ce qui attire l'attention ou mérite d'être connu ou d'avoir un regard attentif. Beaucoup de qualificatifs sont associés à ce qui est remarquable : admirable, formidable, éblouissant, émérite, fameux, éminent, exceptionnel, extraordinaire, célèbre, signalé, insigne, frappant, magistral, épatant, rare, mémorable, singulier... La biodiversité remarquable ne signifie nullement qu'elle est de meilleure qualité ou de grande notoriété (maints arbres remarquables sont très peu connus). Elle concerne des espèces animales et végétales, des habitats naturels qui représentent un

intérêt particulier parce qu'ils sont rares, qu'ils jouent un rôle déterminant dans notre écosystème, ou parce qu'ils ont une valeur socioculturelle et historique faisant d'eux de véritables patrimoines. Ainsi, parmi les arbres remarquables de la Martinique, on peut observer des espèces rares comme le *Kigelia africana* de la famille des bignoniacées, originaire du Sénégal, plus connu sous le nom de l'arbre à saucisses. Remarquons que le caractère endémique n'est pas un critère de remarquabilité obligatoire. On note aussi des spécimens à forte valeur socioculturelle et historique comme le fromager dont le tronc servait autrefois de support pour attacher les esclaves punis, et qui fait encore aujourd'hui l'objet de croyances populaires (il serait habité par des esprits).

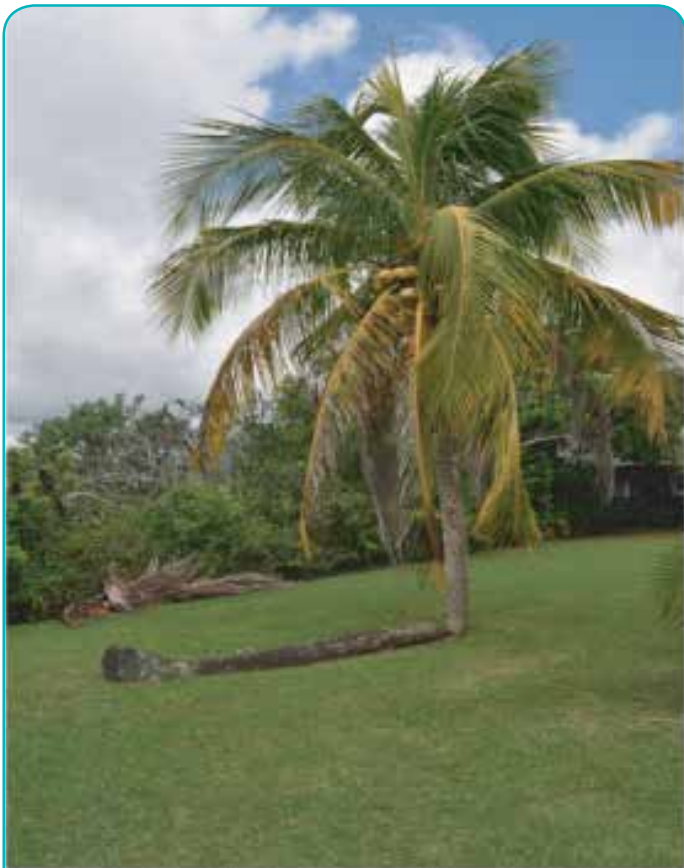
Maints arbres notables répertoriés servent d'habitats naturels pour de nombreuses espèces animales (oiseaux, insectes, araignées, lézards, serpents, petits mammifères...) et végétales (mousses, lianes, épiphytes, plantes parasites...). Le figuier maudit aux racines conquérantes se développant sur d'autres espèces arborées, réputé pour être un excellent « repère à esprits », demeure un très bel exemple. Parmi ceux jouant un rôle important dans l'écosystème martiniquais, on pourrait citer le poirier dont les graines sont appréciées par les tourterelles. La remarquabilité reste une notion très complexe à aborder. C'est la jonction d'une série de critères qui rend un arbre remarquable. Dans un souci de préservation des espèces arborées, tous les arbres sont remarquables et méritent d'attirer l'attention. Seulement, certains le sont plus que d'autres par rapport à différents critères de sélection de remarquabilité.

## Les critères de remarquabilité

En ce qui concerne les arbres, on distingue près d'une dizaine de critères de remarquabilité. Il peut s'agir de spécimens exceptionnels par la taille ou l'âge. Ainsi, le baobab de Place d'Armes, localisé en plein cœur de la ville du Lamentin, mesurant quinze mètres de hauteur, planté entre les années 1700 et 1800 en pleine période d'esclavage, a été sélectionné pour sa taille et son âge. De plus, il s'agit d'un « arbre à palabres », lieu traditionnel de rassemblements, sur



lequel habitent de nombreuses espèces épiphytes. L'âge d'un arbre est évalué en fonction de l'indice de circonférence. C'est en effet la circonférence qui est retenue en priorité comme marqueur biologique temporel. L'originalité de la forme du tronc ou du port de l'arbre peut être un critère de notabilité. C'est le cas du cocotier de l'Habitation Bellevue au Marigot qui présente un tronc en forme d'angle droit (*cliché 1*). La rareté précédemment évoquée, faisant d'un spécimen un individu exceptionnel sur le plan botanique, est un autre critère de remarquabilité. Par exemple, le mangoustanier du parc du presbytère du Morne-Rouge, offrant des fruits à peau épaisse de couleur pourpre (les mangoustans) est une espèce originaire d'Indonésie extrêmement rare à la Martinique. Un alignement original d'arbres peut aussi constituer un critère de sélection. L'alignement remarquable de palmiers colonnes du quartier Palmiste dans la ville du Lamentin, s'étend sur plus de 200 mètres. Ils structurent la route. On retrouvait fréquemment ce type d'alignement d'arbres à proximité des habitations.



**Cliché 1** : Le cocotier au tronc original de l'Habitation Bellevue au Marigot (CAUE Martinique)

La remarquabilité peut aussi reposer sur un ensemble arboré ancien (généralement plus de 100 ans). Il est fréquent de retrouver sur d'anciennes habitations ou d'autres sites historiques, un ensemble d'arbres âgés. Dans la commune du Prêcheur,

sur le site de l'ancienne sucrerie de l'Anse Céron, des zamas et autres espèces arborées centenaires en illustrent parfaitement l'exemple. Les tamariniers de la place Abbé Morland à Sainte-Anne, ont été plantés en septembre 1848 lors de l'élection du maire Charles Gustave Modey d'Escoublant. Chacun d'eux représente un membre du premier conseil municipal de la commune. Les espèces caractéristiques d'un milieu naturel exceptionnel jouant un rôle déterminant dans un écosystème et servant d'habitats naturels, offrent aussi un caractère de notabilité. Par exemple, les palétuviers des zones de mangrove en voie de disparition sont concernés par ce type de notabilité. Tout un riche écosystème dépend de leur survie. Les arbres servant de repères paysagers à forte valeur socioculturelle ou témoins de conditions particulières d'un milieu, sont également remarquables. Visible depuis la mer, le gigantesque palmier du quartier Pain de sucre de la ville de Sainte-Marie, sert d'amer aux pêcheurs. Dans la ville de Forte-de-France, dans le quartier des Terres Sainville, un majestueux Enterolobium offre de l'ombre sur la place Abbé Grégoire. Il s'intègre parfaitement dans l'aménagement urbain de ce lieu central fréquenté de jour comme de nuit, situé à proximité d'une église, d'une école et d'une rue très passante. Lieu de rassemblements et de rendez-vous, c'est un repère paysager et socioculturel important en milieu urbain.

Les arbres immortalisés par un artiste, un homme politique ou une célébrité, ainsi que ceux associés à des légendes, des pratiques médicinales, un bâti ou des événements historiques, peuvent être remarquables. L'impressionnant fromager de Saint-Pierre, tel un phénix renaît de ses cendres après l'éruption volcanique de 1902. Il est ainsi devenu un témoin miraculé de ce sombre épisode de l'histoire martiniquaise. Le poète Aimé Césaire aimait s'y recueillir. L'écorce du peltophore dont on retrouve un spécimen au quartier Fond Bourlet à Case-Pilote, était utilisée contre les coliques intestinales, en lavage en cas de conjonctivite et pour la fabrication des pirogues (héritages amérindiens). Les palmiers royaux du quartier foyalais de Didier accompagnent depuis des décennies des bâtisses bourgeoises de l'époque coloniales. Ceux des ruines du Vieux Moulin, ensemble cubique de la fin du 19<sup>ème</sup> siècle de style néo-classique, acheté en 1899 par Victor Sévère et devenu résidence du gouverneur en 1921, enjolivent et personnalisent le site. Enfin, les capacités d'adaptation ou de survie en milieu anthropique ou face aux aléas naturels, constituent des critères de remarquabilité. Il existe à Trinité un Prunier mombin localisé en face de l'Hôtel des impôts, en pleine zone bâtie. Il porte des marques d'entailles sévères à la base du tronc, mais présente des capacités surprenantes de survie et d'adaptation en milieu urbain. En 2007, les bourrasques de l'ouragan Dean ont balancé de gauche à droite le Palmier d'Arec du presbytère du Morne-Rouge qui culmine toujours à plus de 30 mètres. Son houppier aurait touché terre. Nous retiendrons que les critères de remarquabilité restent assez variés. Un seul arbre

peut bénéficier de plusieurs critères à la fois. Plus il en dispose, plus il mérite d'être qualifié de remarquable.

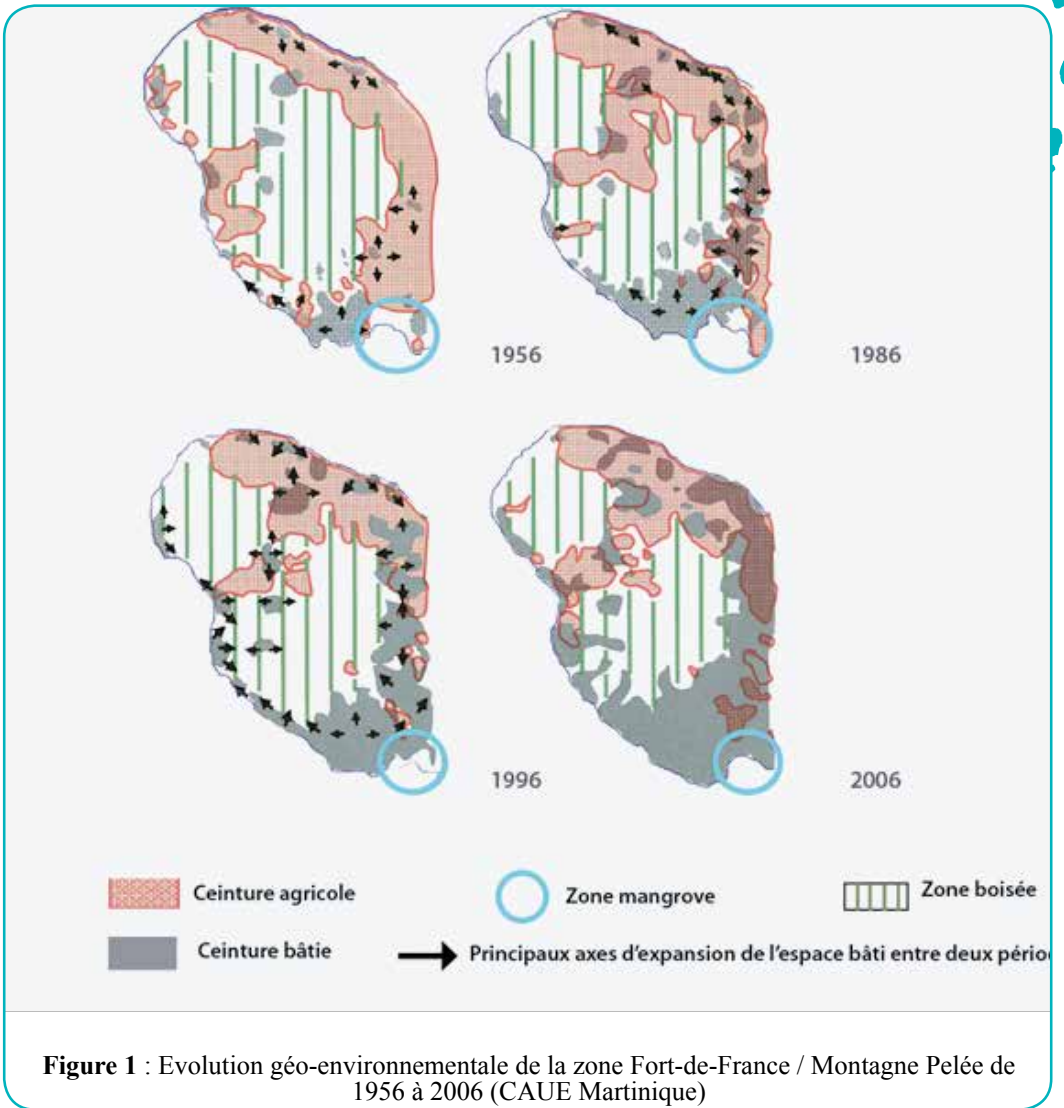
## Les démarches adoptées

Le guide des arbres remarquables du CAUE de la Martinique a été réalisé dans une logique de développement durable. En effet, il invite à participer à l'écotourisme et aux loisirs de plein air, en mettant en avant des espèces arborées remarquables qui représentent d'importants enjeux économiques, sociaux, culturels et écologiques. De plus, cette action a été menée dans l'optique de conserver ces spécimens. Dans quel contexte est née cette initiative ? Pourquoi avoir choisi cet outil de communication ? A quel public s'adresse cet ouvrage ? Quelles démarches ont été entreprises pour sa réalisation ? Pour répondre à ces interrogations, il est fondamental dans un premier temps d'exposer le contexte global dans lequel évolue la biodiversité remarquable de la Martinique, avant de présenter dans un deuxième volet la méthodologie qui a été employée pour cette opération.

## Le contexte

Il est désolant de constater aujourd'hui que la biodiversité de la Martinique est menacée, voire dégradée à certains endroits. En effet, bien que le territoire soit encore globalement très boisé (un peu plus de 65 %), des espèces animales et végétales tendent à disparaître continuellement, particulièrement dans un cadre insulaire où l'espace est limité et où la pression anthropique demeure de plus en plus forte. Néanmoins, des actions sont menées régulièrement par le Parc Naturel Régional de la Martinique, l'Office Nationale des Forêts, le Conservatoire du littoral et bien d'autres structures politico-administratives et associatives, pour permettre de protéger le patrimoine naturel de l'île. Si l'on devait dresser un portrait de la biodiversité martiniquaise, nous insisterions sur le fait que les écosystèmes du territoire bénéficient d'une impressionnante richesse d'espèces et un taux d'endémisme assez élevé. Cependant, les espèces localisées dans les zones les plus accessibles (plaines, littoraux), sont plus exposées au processus de dégradation. Les actions de préservation, bien


qu'existantes, restent encore trop restreintes. Si l'on se réfère à la figure 1 montrant l'évolution géo-environnementale de la zone Fort-de-France / Montagne Pelée entre 1956 et 2006, nous pouvons observer que les espaces boisés se sont considérablement réduits en moins d'un demi-siècle, contrairement aux ceintures anthropiques (agricoles et bâties



confondues) qui se sont étalées sur le territoire étudié, et ce, de manière accélérée entre les années 1980 et 2000. En effet, l'étalement des zones anthropiques déjà existantes, l'apparition et la densification d'autres espaces bâtis, la consommation spatiale agricole, ainsi que le mitage, représentent les principaux facteurs de la dégradation de la biodiversité. Grâce à des inventaires scientifiques de plus en plus exhaustifs et à la mise en place de zones protégées, on espère une amélioration de la sauvegarde de la biodiversité de la Martinique.

C'est essentiellement grâce à la richesse de son patrimoine naturel que la Martinique peut développer des loisirs de plein air et un écotourisme efficace. Cela






signifie donc que la dégradation, même infime, de sa biodiversité, a inévitablement un impact négatif sur ces champs d'activités économiques. En effet, les sites deviennent alors de moindre qualité, en présentant une biodiversité davantage restreinte et touchée par diverses catégories de pollutions. Par exemple, si la zone de mangrove de Ducos tendait à disparaître sous l'effet de l'urbanisation, non seulement ce serait une catastrophe sur le plan écologique, mais aussi pour les entreprises touristiques et de loisirs dépendant de cette mangrove qu'elles font découvrir par le biais de différentes activités : canoë-kayak, randonnées organisées... Ainsi, dans une logique systémique où tous les éléments environnementaux interagissent entre eux, mais aussi de développement durable, il serait suicidaire pour l'économie martiniquaise basée en grande partie sur le tourisme, de négliger la conservation de la biodiversité de l'île. Par ailleurs, dans une enquête réalisée en 2000<sup>1</sup> sur les pratiquants de loisirs sportifs de plein air de l'agglomération foyalaise, plus de 70 % des personnes interrogées souhaitaient se retrouver au contact de la nature, afin de pouvoir s'oxygéner et évacuer le stress du quotidien. Cela signifie que le maintien de la biodiversité, surtout en milieu urbain, est indispensable pour l'équilibre psychologique et la santé d'une bonne partie de la population.

A la Martinique, une médiatisation de plus en plus poussée a été mise en place ces dernières années pour sensibiliser la population sur l'importance de la préservation du patrimoine naturel. Parallèlement, de plus en plus d'actions de sensibilisation sont menées dans les établissements scolaires pour toucher les plus jeunes, les adultes de demain. Il y a progressivement une sorte de conscientisation de l'intérêt de conserver la biodiversité. Malheureusement, on note encore de nos jours des formes d'incivilité. Par exemple, des individus peu scrupuleux en termes de qualité environnementale, abandonnent des débris à proximité des arbres. Cela signifie qu'il faut encore agir inlassablement pour sensibiliser davantage la population. En faisant un diagnostic sur l'état général de préservation de la biodiversité en Martinique, surtout celle des milieux anthropiques où elle est fortement dégradée ; en constatant l'intérêt majeur de développer durablement l'écotourisme et les loisirs de plein air ; en réalisant qu'il y a encore beaucoup d'efforts à entreprendre pour sensibiliser l'ensemble de la population sur le patrimoine naturel, le CAUE de la Martinique a pris l'initiative de créer un outil pédagogique sur la biodiversité notable en milieu anthropique, pouvant intéresser à la fois les touristes et la population locale. C'est donc à partir de ce constat préoccupant que l'organisme a décidé de créer un guide sur les arbres remarquables de la Martinique.

<sup>1</sup> Enquête réalisée dans le cadre de la thèse doctorale de Corinne PLANTIN soutenue en 2006, intitulée « Les cultures urbaines sportives et artistiques d'origine états-unienne : Exemples du hip-hop, du body system et de la glisse urbaine dans l'agglomération foyalaise ».

## Méthodologie



Comme pour tout ouvrage, la réalisation d'un guide demande une méthodologie. Dans un premier temps, il fallait définir la valeur des arbres. Il existe des barèmes dans ce domaine. Depuis plus d'une vingtaine d'années, ont été créés des barèmes européens ou de grandes agglomérations (Marseille, Lyon, Nantes), permettant d'évaluer les arbres. Bien souvent, quatre critères simples sont pris en compte : l'indice de l'espèce et de la variété, l'indice de situation et de valeur esthétique, l'indice d'état sanitaire et de vigueur de l'arbre, puis l'indice de circonférence du ou des troncs. La valeur de l'arbre se calcule en multipliant ces quatre indices. Elle servira de référence pour le coût d'indemnisation en cas de dégâts et de perte de l'arbre. L'indice de l'espèce et de la variété correspond au prix de vente à l'unité des catalogues des pépiniéristes professionnels. L'indice de la situation et de l'esthétique s'appuie d'une part, sur un gradient esthétique (qualité esthétique moyenne, beau spécimen ayant été élagué et arbre exceptionnellement beau au port naturel), d'autre part, sur un gradient d'effectifs (arbre isolé, groupe de deux à cinq, alignements et groupes de plus de cinq spécimens). L'indice d'état sanitaire et de vigueur de l'arbre repose sur une classification de l'état sanitaire (bon ou moyen) et de la vigueur (peu, moyennement et très vigoureux). Enfin, l'indice de circonférence relate l'âge et les efforts fournis par l'arbre pour arriver au stade adulte. Il propose des classes de circonférence de tronc ou de circonférences cumulées en centimètres à un mètre du sol, allant de dix en dix à partir de 10 centimètres. Plus la circonférence est importante, plus l'indice est élevé. Le CAUE de la Martinique s'est inspiré de ce barème pour élaborer le guide des arbres remarquables.

Avoir des connaissances de ce que l'on veut préserver est nécessaire. Il était donc indispensable de se rendre sur le terrain pour entreprendre une longue phase de repérage et d'observation de spécimens arborés sur l'ensemble de la Martinique, essentiellement en milieu anthropique. Il fallait que ces arbres restent facilement accessibles au grand public (visiteurs et résidents). De ce fait, n'ont pas été choisis les arbres localisés dans des endroits très enclavés, dans des espaces forestiers impénétrables, sur des pentes abruptes et dangereuses, dans des propriétés privées peu accessibles, même si beaucoup d'entre eux présentaient d'excellents critères de remarquabilité. La localisation des arbres fut donc un critère de sélection déterminant. Par ailleurs, pour permettre un circuit d'évasion couvrant l'ensemble de la Martinique et montrant plusieurs types paysagers, il a été nécessaire de choisir un ensemble d'arbres de façon à ce que leur distribution spatiale soit assez éparse à l'échelle de l'île. Autre grande difficulté à surmonter, la contrainte numérique. En effet, seulement une quarantaine de spécimens pouvaient être montrés dans un guide. Enfin, le CAUE a mis en place une sorte de « casting » d'arbres, à partir de différents critères de



remarquabilité dont certains demeurent très subjectifs : beauté, dimensions, forme, port, âge, histoire, rareté, légendes, environnement, capacité de résistance, manière dont ils sont perçus et vécus par la population.

Une classification simple a été établie. Cinq catégories ont été retenues : les Géants, les Originaux, les Urbains, les Historiques et légendaires, puis les Survivants. Quelle que soit la catégorie qui lui était attribuée, chaque arbre devait être photographié sous différents angles. Pour certains clichés, l'équipe du CAUE a fait appel à un professionnel, car photographier un arbre n'est point une démarche évidente par rapport à différents paramètres : souci d'esthétisme, dimensions des arbres, luminosité... Les dimensions des arbres devaient également être évaluées (hauteur de l'arbre et diamètre du tronc). Il fallait vérifier quel type de port ils avaient : boule, conique, étalé, colonnaire large, palmier, cocotier, sans port défini (type liane). Chaque fiche technique a été complétée par des données qualitatives concernant ces arbres, telles des informations communiquées par des habitants, élus, services techniques, botanistes, guérisseurs, historiens, sociologues et documents. Enfin, à partir de la classification adoptée, il a été réalisé à l'échelle de la Martinique une carte de localisation des arbres remarquables sélectionnés. Ainsi, avant une phase rédactionnelle, suite à une longue période d'observation, de prises photographiques, de mesures et d'informations sur le terrain, les données qualitatives et quantitatives récoltées ont été sélectionnées, classées et traitées. Cette investigation s'est déroulée sur de nombreux mois, soit près de quatre années.

Il était important pour le CAUE de trouver un outil pédagogique facile à manier, à comprendre et à utiliser, pour sensibiliser le grand public, mais aussi les élus. En effet, au-delà des amateurs du sport de plein air et des touristes, il était indispensable d'associer l'ensemble de la population à ce projet, afin de réussir cette action durablement. C'est pour cette raison qu'a été approuvée la décision de prendre comme outil référentiel un guide ayant un format permettant de le transporter et de le manipuler facilement. Par ailleurs, dans le guide, dans un souci de facilité de compréhension, il a été employé un vocabulaire simple, ce qui cependant n'a point empêché de mentionner les noms scientifiques compliqués des arbres présentés. Un glossaire et quelques citations sur les arbres ont été mis en avant. Non seulement le guide propose une classification des arbres par thème de remarquabilité, mais aussi par commune et par nom d'arbre. Chaque arbre est mis en valeur dans une fiche de présentation contenant ses noms scientifique et usuel, un petit texte apportant des informations sur le spécimen, une légende évoquant les dimensions et styles de port d'arbre, ainsi qu'une à plusieurs photographies. A partir de cet ouvrage, les lecteurs peuvent parcourir et percevoir la Martinique différemment.

## De la valorisation à la gestion des arbres remarquables


Il serait regrettable de limiter la valorisation des arbres remarquables répertoriés à un guide touristique et de loisirs distribué dans différents points de vente. En effet, il faudrait que cette initiative incite les acteurs politiques et structures politico-administratives à s'investir d'avantage dans la valorisation, la protection et la gestion de ce patrimoine naturel. Comment peuvent-ils y parvenir ?

### Les actions de valorisation et de protection

Comment valoriser un arbre remarquable ? D'un point de vue technique, il est dommage qu'un arbre notable doté d'une grande élégance soit entouré de végétaux mal entretenus ou d'éléments inertes qui obstruent ses caractères physiques de remarquabilité. Il faut dans ce cas dégager l'environnement de l'arbre notable, en éliminant les végétaux et éléments anthropiques inesthétiques (panneaux de publicité, restes de décorations de fêtes...). Il existe un manguiier notable au Saint-Esprit sur lequel sont fixés des écriteaux. A côté du spécimen, on remarque des palettes de bois et des poubelles utilisées par un petit commerce avoisinant. Son système racinaire est complètement dégarni (*cliché 2*). Cela montre à la fois ses grandes capacités de résistance et le manque d'intérêt qui lui est porté. La valorisation des arbres remarquables s'appuie sur une certaine sobriété. Elle peut également être faite par une mise en lumière ou par un éclairage indirect. Pour le fromager notable de la Pointe du Bout, la municipalité des Trois-Ilets a fait un effort de mise en valeur grâce à un éclairage nocturne. Il est possible d'aménager à côté de l'arbre une signalétique assez discrète qui relate ses caractères de remarquabilité. Dans certains cas, il est nécessaire d'installer un mobilier urbain pour empêcher les



Cliché 2 : Un manguiier remarquable agressé (CAUE Martinique)



véhicules de stationner près du réseau racinaire de l'arbre. Parfois, des bancs ou des gradins sont aménagés pour permettre aux passants de s'asseoir et de profiter de l'ombre procuré par un arbre. Ainsi, la municipalité de Trinité a aménagé des gradins en béton autour d'un poirier remarquable centenaire qui est éclairé la nuit. Cet aménagement rappelle qu'il s'agit d'un arbre à palabres autour duquel autrefois les habitants se rencontraient et échangeaient. Il est important de souligner que la valorisation d'un arbre remarquable n'entraîne pas systématiquement sa protection.

Les arbres sont des « immeubles ». S'ils présentent des intérêts historiques, socioculturels, économiques, ainsi que des critères de remarquabilité, pourquoi ne pourraient-ils pas bénéficier d'une protection au même titre que les monuments historiques classés ou inscrits en fonction du code du patrimoine ? A l'heure actuelle, si l'on observe des sites naturels, parcs et jardins protégés par les codes de l'environnement et du patrimoine, il existe aussi des textes de loi qui permettent de protéger un arbre ou un groupe d'arbres isolés présentant un ou des caractères de remarquabilité. Si un arbre notable non classé est menacé ou agressé, un inventaire des arbres remarquables peut constituer un outil de prévention, de sensibilisation, de négociation, afin de trouver des propositions, des alternatives, pour éviter l'abattage de cet arbre. Mais, il ne s'agit nullement d'un outil de protection. Une commune peut parfaitement mentionner un arbre remarquable dans son document de planification d'urbanisme tel le Plan Local d'Urbanisme (PLU), et stipuler un règlement concernant sa préservation. L'objectif à atteindre serait d'éviter les abattages, défigurations et asphyxies engendrés par des actions inopportunes. Par ailleurs, depuis 1993, il existe un outil juridique pour protéger les arbres notables. En effet, la Loi Paysage prend en compte la notion d'espace boisé classé appliquée à des arbres isolés ou en groupe. L'article L.130-1 du code de l'urbanisme sur les espaces boisés classés, a été complété dans la Loi Paysage qui souligne que ce classement peut aussi s'appliquer à des arbres isolés, des haies, des réseaux de haies et des plantations d'alignement. Par conséquent, les arbres classés doivent faire l'objet d'une demande préalable d'abattage à la commune. Il est étonnant de constater que pendant longtemps, il a existé un flou juridique en ce qui concerne le petit patrimoine naturel remarquable en milieu anthropique, alors que certains arbres notables étaient devenus de véritables reliques à préserver urgemment.

L'une des protections importantes mises en place est d'arrêter les abattages opérés inconsidérément. La valeur d'un terrain est corrélée à la présence d'arbres notables qui rendent agréable un site et mettent en valeur les constructions. L'Habitation Clément au François en illustre l'exemple. Dans les projets de construction, il faut parfois faire le difficile choix entre d'une part, conserver un arbre notable tout en lui garantissant de bonnes conditions de vie

(sans minimiser son espace vital au niveau racinaire et son volume de ramure) ; d'autre part, celui de l'abattre, tout en sachant que cette action équivaut non seulement à modifier radicalement le paysage, mais aussi à mettre fin à des années, voire des décennies d'efforts d'implantation. Généralement, lorsqu'un arbre présentait des champignons, des branches mortes conséquentes ou un tronc creux, considéré comme malade, pour une mise en sécurité, il était abattu ou maladroitement bûcheronné sans expertise scientifique, faute d'avoir des biologistes et professionnels compétents sous la main. Un autre type de protection a été adopté pour empêcher les atteintes au système racinaire. Selon le code de l'urbanisme (article L.1301), pour les arbres classés, « tout changement d'affectation du sol de l'espace boisé de nature à empêcher sa conservation est proscrit », afin de limiter les agressions qui favorisent un compactage du sol (stockage de matériaux, stationnement de véhicules...), et une imperméabilisation du sol (projets de revêtements stabilisés, pose de revêtements pavés ou de dalles).

Limiter les mauvais élagages est aussi une action de préservation. Le classement d'un arbre dans un Plan Local d'Urbanisme comme élément du paysage pour des raisons d'ordre historique, culturel ou écologique, permet aux municipalités de contrôler les élagages intempestifs et désastreux. Ces dernières n'autorisent les tailles que suite à un accord. Selon le code de l'urbanisme, la Loi du 2 mai 1930 sur les sites et monuments, et à son décret d'application n° 88-1124 du 15 décembre 1988, un arbre peut être classé « monument naturel » par décret en Conseil d'Etat, sur initiative ou après avis de la Commission supérieure des Sites, Perspectives et Paysages. D'après cette loi, « les effets du classement suivent le monument naturel en quelques mains qu'il passe [...]. Les propriétaires des monuments naturels classés ne peuvent ni détruire, ni modifier l'état des lieux ou leur aspect, sauf autorisation spéciale du Ministre en charge des Sites ». Ainsi, un arbre remarquable classé « monument naturel » ne peut être élagué sans autorisation. Un maire peut engager une procédure auprès du Tribunal administratif au titre d'un dommage de travaux publics, si l'on porte atteinte à un arbre classé. Seule une concertation des élus locaux peut amener à favoriser ces classements. Imposer une taille raisonnée permet également de protéger les arbres remarquables. En cas de nécessité d'intervention, comme pour une taille particulière ou la pose d'un dispositif de soutènement, il est possible de faire venir sur le terrain un arboriste-expert pour orienter les étapes d'intervention. Il est également impératif de protéger les arbres lors des divisions de terrains, des créations de lotissements et des constructions souterraines. L'arbre peut être menacé dans son développement par des constructions établies sur ou sous son système racinaire. Les notaires, agences foncières et géomètres devraient veiller à faire respecter les limites de division à l'extérieur des zones de protection des arbres notables, soit une distance de plusieurs mètres préalablement établie à partir du sommet de l'arbre. Les actions de valorisation et de protection des arbres remarquables sont de plus en plus nombreuses et variées.

## Vers une gestion durable des arbres remarquables ?


Les premières étapes de la gestion des arbres remarquables sont les actions de valorisation et de protection précédemment évoquées. Pour permettre une gestion efficace de ces spécimens, il est indispensable de rédiger des prescriptions relatives aux arbres remarquables dans le plan local d'urbanisme (PLU). Ces prescriptions concernent plusieurs catégories spatiales : les zones classées N (naturelles et forestières), A (agricoles), AU ou U (zones urbaines). Les variantes de protection des arbres se retrouvent dans les différentes composantes des PLU : le rapport de présentation, les documents graphiques, le projet d'aménagement et de développement durable (PADD), le règlement et les annexes. Notons que le rapport de présentation doit souligner les prescriptions liées au droit de l'urbanisme, édictées dans le PADD, ainsi que le règlement du PLU. L'intérêt des arbres remarquables de la commune est mis en avant tant d'un point de vue social, économique, culturel, paysager, esthétique, qu'écologique. Le rapport fait référence : aux articles L.130-1 et L.123-1 du Code de l'urbanisme sur le classement des arbres en espaces boisés à classer et en éléments de paysage ; aux articles L.341-1 à L.341-22 du code de l'environnement (loi du 2 mai 1930 sur les sites et monuments et à son décret d'application n°88-1124 du 15 décembre 1988) ; aux articles 670 à 673 du Code civil (loi du n° 53-286 du 4 avril 1953) ; au barème de valeur des arbres et aux documents contractuels d'engagement qui en intégrant le PLU, ont une valeur juridique contraignante.

Dans le PADD qui est une innovation de la loi Solidarité et Renouveau Urbain (SRU), sont communiquées les orientations d'aménagement et d'urbanisme de la commune. Dans les orientations d'aménagement de quartiers ou secteurs consistant à valoriser l'environnement, les paysages et le patrimoine, les arbres remarquables peuvent être considérés comme des éléments de projets et de développement durable. On retrouve dans le PADD : l'inventaire des arbres remarquables de la commune, réalisé à partir d'une concertation avec le département, initiateur d'un inventaire départemental ; un document graphique spécifique qui localise les arbres remarquables répertoriés et montre la zone de protection attachée à ces spécimens ; un justificatif du classement des arbres notables comme « éléments paysagers » préservés au titre du Code de l'urbanisme ; un tableau descriptif pour chaque arbre mentionnant l'essence, le numéro de matricule et le diamètre de la zone de protection ; le classement en espaces boisés classés des îlots consacrés à l'accueil des arbres majeurs, futurs arbres remarquables ; et les prescriptions des arbres classés éléments paysagers. Dans le règlement du PLU, sont présentées les prescriptions de valorisation des arbres notables préalablement évoquées : mentions sur les tailles, les élagages, les abattages, les permis de construire, le barème de valeur et les parcelles classées.

Si les arbres remarquables répertoriés figurent dans les documents de planification d'urbanisme, il faudrait par la suite suivre leur évolution, les surveiller et les entretenir. Ces actions ont un coût que certaines communes n'ont peut-être pas toujours les moyens d'assurer. Pour la surveillance, grâce à l'outil de l'itinéraire photographique, il est possible de localiser un arbre avec un système GPS et de le photographier à un endroit et un jour précis tous les ans. En comparant les clichés pris à deux dates différentes, on suit son évolution : dimensions, envergure, marques d'agressions faites par l'homme ou par les aléas naturels, abattage, élagage... L'entretien des arbres remarquables est aussi à prendre en compte. Certains d'entre eux sont situés au cœur d'un espace urbanisé très fréquenté. Même s'ils ont l'avantage de procurer de l'ombre, pour des raisons de sécurité, après la vérification d'experts, certains arbres méritent soit d'être élagués par rapport à des branches cassantes qui menacent de tomber, soit de suivre un traitement en cas de maladie, soit d'être replantés, voire même d'être abattus suite à un déracinement provoqué par les bourrasques d'une tempête. Ces actions peuvent être réalisées par les municipalités qui disposent d'une cellule d'urbanisme et d'une équipe technique, chargées de l'aménagement et de l'entretien des espaces verts des villes.


Il est envisageable, à partir du barème de valeur des arbres précédemment évoqué, d'établir une estimation des dégâts causés aux spécimens remarquables. Si le tronc est blessé ou l'écorce semble arrachée ou décollée, on mesure la largeur (et non la hauteur) de la plaie, en faisant une proportion entre celle-ci et la circonférence du tronc. Les dégâts sont calculés en fonction d'une classification de la lésion en pourcentage de la circonférence, allant de moins de 20 % à plus de 50 %, à laquelle correspond un classement d'indemnité en pourcentage de la valeur de l'arbre, allant de 20 % à 100 %. Remarquons que si les tissus du système de sève sont atteints sur une largeur supérieure à 50 % de la circonférence du tronc, l'arbre peut être considéré comme inguérissable et propice à des infections importantes, ce qui réduit considérablement sa valeur. Si les branches d'un arbre sont arrachées, brûlées ou cassées, on se réfère à son volume avant la mutilation. Pour cela, on établit une classification de mutilation de la ramure en pourcentage du volume initial, allant de moins de 20 % à plus de 50 %, auquel correspond un classement de l'indemnité en pourcentage de la valeur de l'arbre, allant de 20 % à 100 %. Il existe un figuier maudit remarquable au Diamant situé à proximité du poste de secours. Non seulement l'écriteau des consignes de baignades est cloué à même son tronc, mais l'arbre est aussi brûlé à différents endroits, suite aux rites du Mercredi des Cendres de mise à feu du roi du Carnaval. Enfin, pour les arbres ébranlés à la suite d'un choc ayant causé des dégâts au niveau du système racinaire, les dégâts sont calculés sur






deux cycles de végétation. Si on note un appauvrissement, un dépérissement, l'arbre est considéré comme perdu. Un arbre remarquable pourrait être assuré au même titre qu'un monument historique classé.

Les municipalités en partenariat avec les structures politico-administratives spécialisées dans le tourisme, peuvent utiliser les arbres notables comme des patrimoines naturels incontournables à découvrir dans les circuits touristiques. En effets, ces patrimoines renvoient immédiatement à l'histoire, la culture, les conditions bioclimatiques et la société d'un territoire. Ainsi, les arbres remarquables, véritables témoins de l'évolution d'une société et de son milieu, méritent d'être valorisés par un tourisme culturel. Par exemple, il est nécessaire que le fromager centenaire de Saint-Pierre dont l'histoire évoque le triste épisode de l'éruption volcanique de 1902, soit mis en valeur avec une signalétique et pourquoi pas le soir par un jeu de lumières. Les arbres remarquables peuvent devenir des patrimoines qui « rapportent » aux municipalités tant sur le plan touristique et environnemental, qu'en termes d'image. Cependant, ces arbres ne doivent pas pour autant être « surexploités » comme des objets d'art de musée, sous l'effet d'une disneylandisation massive. Les arbres notables ne rapportent pas que des capitaux et de l'oxygène, ils proposent de l'ombre aux passants, et autour d'eux se rassemblent, se rencontrent et échangent de nombreuses personnes. Par conséquent, ils jouent un rôle essentiel dans le processus de sociabilisation qui demeure indispensable au bien-être d'une population. Par ailleurs, les arbres notables constituent d'excellents repères paysagers auxquels se réfèrent les habitants. Ils représentent des éléments de « gestion humaine ». Ainsi, les municipalités seraient « gagnantes » de les valoriser, les protéger, les surveiller, dans le cadre d'une gestion durable. Enfin, il est possible d'attribuer des labels, même privés, aux arbres remarquables. Celui de « Arbres remarquables de France » décerné depuis 2000 par l'association Arbres Remarquables Bilan Recherche Etudes et Sauvegarde (ARBRES), est l'un des plus connus. Depuis 2002, l'association a établi un partenariat avec l'Office National des Forêts pour se pencher ensemble sur le sort des arbres remarquables de France. Suite à un accord, les collectivités territoriales, communes, organismes publics et propriétaires privés bénéficiant de ce label, s'engagent à entretenir, protéger et mettre en valeur les arbres notables considérés alors comme des patrimoines naturels et culturels. L'association Fédération Nationale du Patrimoine peut aider à la constitution de dossiers juridiques, financiers et médiatiques, pour protéger un arbre remarquable dont on estime appartenir à la culture française.



Les critères de remarquabilité d'un arbre demeurent très variés. Ainsi, l'inventaire d'arbres notables nécessite du temps, des moyens financiers, de l'ob-



servation, des calculs et des classifications « interminables » qui peuvent démotiver les plus courageux. Il reste encore beaucoup à faire pour les arbres remarquables de la Martinique. En voyant l'état d'abandon ou d'agression de certains spécimens, il est évident que ces derniers ne font pas systématiquement partie des préoccupations majeures des municipalités qui devraient davantage les prendre en considération. Pourtant, ces arbres constituent des patrimoines naturels et culturels importants qui, grâce à une bonne gestion, permettraient aux communes de non seulement développer un tourisme et un ludisme durables, mais également de conserver des espèces menacées en milieu anthropique. De plus, ces arbres jouent un rôle socioculturel considérable et représentent d'excellents repères paysagers au sein de la population locale et touristique.

A partir d'un inventaire approfondi des arbres remarquables de l'île, il est capital d'introduire ces derniers dans les documents d'urbanisme, afin qu'ils soient mieux valorisés, protégés et gérés. La réalisation d'un guide qui leur est consacré a pour objectif d'enclencher une conscientisation au niveau des élus dont dépend inexorablement le sort de ces arbres. Mais, cette mission s'avère difficile, car durant cette investigation, plusieurs individus ont témoigné de l'absurdité et de la surdité de quelques municipalités déterminées à éliminer des arbres remarquables contre la volonté de certains habitants et mouvements associatifs, soit parce qu'elles ne savent pas qu'il s'agit de spécimens remarquables, soit parce qu'elles ne trouvent aucun intérêt à les garder en vie, ignorant bien souvent les multiples avantages qu'offrent ces patrimoines naturels. Ce qui reste dommage, c'est que l'on assiste à une capitalisation de la biodiversité remarquable qui a tendance à être protégée davantage par intérêt économique, que dans une logique purement écologique et sanitaire.

## Références bibliographiques

- A.R.BRES., 2009, Guide des arbres remarquables en France, Edisud, 236 p.
- BREUIL A., SASTRE C., 2007, Plantes, milieux et paysages des Antilles françaises : Ecologie, biologie, identification, protection et usages, Mèze, Biotope, Collection Parthénope, 672 p.
- Conseil d'Architecture, d'Urbanisme et de l'Environnement de la Martinique, 2010, Arbres remarquables à la Martinique, collection du guide vert du CAUE, 71 p.
- CHAUVIN G., POUPON J., 1983, Les arbres de la Martinique, Office National des Forêts, Direction régionale de la Martinique, 256 p.
- Dalloz, 2010, Code de l'environnement commenté, 13e édition, 3085 p.
- Comité régional de Fleurissement (sous la direction de), 1999, Le livre vert de la Martinique, Gondwana Editions, ARDTM, 87 p.
- Conseil général des Hauts-de-Seine, 2004, Guide de gestion contractuelle de l'Arbre des Hauts-de-Seine, Nanterre, Environnement et cadre de vie, 125 p.
- LE BELLEC F., LEROY E., TERNISIEN A., 1997, Mon Jardin tropical Antilles Réunion, Gondwana Editions, Guide de jardinage, 503 p.
- MICHAU E., 1985, L'élagage : la taille des arbres d'ornement, Paris, Ministère de l'environnement, Institut pour le développement forestier, collection mission du Paysage, 315 p.
- PLANTIN C., Les nouvelles cultures urbaines sportives et artistiques d'origine états-unienne : Exemple du hip-hop, du body system et de la glisse urbaine, thèse doctorale de géographie soutenue en décembre 2006, 450 p.



# Biodiversité et art contemporain en Martinique

Franck DORCIAC

*Nos paysages sont nos monuments* (Edouard Glissant)

Image, peinture, sculpture, tableau, chromatisme, installation, œuvre, artiste, public, esthétique, galerie, musée, etc., tous ces termes composent et constituent le vocabulaire de l'art. On pourrait donc penser a priori que l'art (et plus spécifiquement l'art contemporain) n'a rien à voir avec la biodiversité, cette dernière étant plus communément admise à l'aune du regard scientifique. On pourrait également penser que l'art est un domaine bien à part, qu'il n'interfère en rien avec le monde des sciences humaines, sociales, ou autres, et qu'il n'a qu'un rôle subalterne, voire futile, celui de nous distraire et de nous émouvoir, celui de nous faire oublier les tracas de la vie quotidienne, celui de solliciter notre imagination et pourquoi pas nos fantasmes, à divers degrés.

Pourtant, il n'en est rien. L'art est consubstantiel à l'être humain. Il ne s'agit ni d'art, ni d'esthétique, dès lors que la référence n'est pas humaine. Ainsi, en ce qui concerne l'essaim des abeilles, ou le terrier du lapin, même si on entend communément dire que leurs architectures sont belles, cette comparaison se fait toujours en rapport avec une production humaine, la notion de beauté étant liée à celle de l'art, même si elle n'en est plus son unique constituant. L'art est donc intimement lié à la vie de l'Homme, l'Homme ne constituant lui-même qu'une partie de la biodiversité.

Mais en quoi l'art peut-il être justement un moyen extraordinaire de traiter de la biodiversité, de faire prendre conscience des choses et de « ses leçons » (comme on disait autrefois pour désigner les sciences de la nature), de les suggérer afin de les faire accepter, mais aussi afin de faire changer nos modalités d'appréhension du monde ?

Pour parler de biodiversité et de sa relation à l'art, je souhaite mettre en lumière et convoquer le travail original d'un artiste contemporain : Serge Goudin-Thébia. Cet artiste vit en Martinique et a été un des chefs de file d'une « mouvance » artistique (qui n'est pas du Land Art), mais qui se trouve au carrefour et à la lisière de multiples sensibilités et pratiques artistiques contemporaines, nées d'une symbiose avec la nature, tirant ainsi parti de toute la richesse de la biodiversité martiniquaise.

## Quelques repères de l'art dans sa relation avec la nature

Dès la seconde moitié du XX<sup>ème</sup> siècle, certaines pratiques artistiques se sont orientées vers la préoccupation de notre relation à la terre et à la biodiversité. Un retour à l'origine élémentaire se concrétise par une préférence pour la matière (minérale, végétale, etc.) et une orientation pour tout ce qui est en relation avec la terre et avec la nature. L'imaginaire lié à la terre devient une préoccupation importante, un objet d'étude, une problématique plastique, auprès de beaucoup d'artistes contemporains (Robert Smithson, Richard Long, Andy Goldsworthy, Nils Udo, etc.). Ce sont surtout les américains (au début des années soixante), avec leurs territoires immenses à conquérir, qui ont marqué notre appréhension du paysage, de la nature et plus généralement, notre prise de conscience écologique. Cette époque correspond aussi au développement des idées du philosophe français Gaston Bachelard à propos de la poétique de la matière et notamment des quatre éléments (eau, air, terre, feu), à travers le prisme de l'onirisme.

Dans les années soixante, et un peu au-delà, les artistes (classés malgré eux Land artists) décident de changer l'image de l'art, de sortir des galeries new-yorkaises, de partir à la conquête de l'ouest américain, afin de toucher, sentir les faits oubliés, pour créer des œuvres gigantesques à l'instar des temples incas ou des pyramides d'Égypte. Pour rendre compte de leurs démarches, et à la différence d'œuvres traditionnelles (tableaux de peinture, sculptures, etc.), les œuvres du Land Art ne peuvent fonctionner seules. Elles ont besoin de « béquilles », c'est-à-dire d'éléments extérieurs qui leur permettent d'être diffusées ; elles nécessitent des films, des photographies, des croquis, des cartes, des vues topographiques, qui sont ainsi offerts au public, non pour expliciter seulement le travail, mais parce que ce type d'œuvres fonctionne ainsi, est constitué comme cela et pour cela. Il y a donc une volonté de dépasser le territoire de l'art en trouvant de nouveaux modes d'expressions du sensible et de l'imaginaire.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Je pense notamment à l'artiste allemand Joseph Beuys qui planta 7000 chênes à la Documenta de Kassel en 1982.



## La biodiversité martiniquaise et l'artiste Serge Goudin-Thébia

Serge Goudin Thébia (né en 1945) est un artiste et un poète, ami et confident d'Aimé Césaire, de René Ménéil ou d'Edouard Glissant. Il a beaucoup œuvré dans le sens d'une pratique artistique en liaison directe avec les choses de la nature. Il est l'héritier direct de toutes ces idées et de toutes ces tendances des années 60-70 (Land Art, art conceptuel, résonances écologiques, Beuys, Fluxus, Situationnisme, etc.). Serge Goudin-Thébia a un peu plus de vingt ans quand ces mouvances artistiques font leurs apparitions sur la scène internationale. Serge Goudin-Thébia les capte, les assimile, les incorpore alors. À la recherche d'un père mythique guyanais, il retrouve son père en Guyane (à l'âge de trente-deux ans), mais c'est aussi...la Guyane et toute sa spécificité qu'il découvre aussi. Sa pratique plastique et poétique va donc rendre compte de tout ce magma que constituent ses divers apports : apports de savoirs sur l'art, sur les mouvements révolutionnaires, sur le sacré, sur la créolité, sur le métissage, etc.

Basé en Martinique depuis fort longtemps, il a non seulement exposé dans la Caraïbe, mais aussi en Europe, au Japon, au Brésil, etc. Très proche et sensible aux messages que lui inspire la nature (et toute sa diversité), dès le milieu des années quatre-vingts, il a intégré les forces et signes de la nature dans son langage pictural et plastique. Le réel de ses installations a dépassé celui de la représentation de la seule peinture. « Arpenteur de paysages, cueilleur d'éléments naturels, collecteur de signes, découvreur d'inscriptions et de traces sur les roches, sur les rivages, sur les écorces, il tente de décrypter ce qu'il considère comme une sorte d'*écriture sacrée*. Il questionne son environnement immédiat. Il considère le monde comme une forêt d'indices. Il est capteur d'indices et d'énergies qu'il transmet à son tour. », écrit Dominique Berthet.<sup>2</sup>

Nous le disions un peu plus haut, après avoir séjourné en Guyane à la recherche de ses origines (d'une mère catalane et d'un père guyanais), Serge Goudin-Thébia verra son travail atteindre sa maturité en Martinique, lieu qui l'a largement inspiré, qui lui a donné la force et les raisons nécessaires à son travail. On peut distinguer trois phases dans sa production plastique. Dans un premier temps, son environnement naturel immédiat alimente son travail, et

plus spécialement à partir de matériaux issus de la mer : morceaux de corail, bois flottés, coquillages, sable, etc. Il vit à Tartane, sur la presqu'île de la Caravelle, entre mer, forêt tropicale, oiseaux de diverses espèces venant picorer sur sa terrasse balayée par les alizés. Dans un second temps, son environnement naturel encore plus immédiat lui dicte la voie des *Guerriers de l'Absolu*, qui donneront à son œuvre une dimension reconnue et remarquée par le très célèbre Commissaire d'exposition Jean-Hubert Martin lors de la Biennale d'Art contemporain (Lyon-France, 2000). Il fabrique en effet d'étranges personnages à partir des feuilles géantes et atypiques du raisinier de la Martinique (*Coccoloba pubescens*). S'enchaîne ensuite la série des livres de feuilles. « Ces œuvres sont des condensés de monde, des concentrés d'émotions, des réservoirs de sensations, des révélateurs de sens, des émetteurs d'énergie. » écrit le Professeur Dominique Berthet ; le poète Kenneth White, créateur du concept de *Géopoétique*, dira de lui qu'il a su saisir « l'Écriture de la terre ».




Cliché 1. Serge Goudin-Thébia, Les Guerriers de l'Absolu, 1998 (Robert Charlotte)

## Une œuvre-clé : Les Guerriers de l'Absolu

Abordons plus précisément une œuvre-clé de Serge Goudin-Thébia (*cliché 1*). Que nous révèle-t-elle ? Que donne à voir l'image de son installation intitulée : *Les Guerriers de l'Absolu, 1998 –2000* (l'élaboration de l'œuvre s'est faite dans cette période et il est, bien entendu, très difficile de désigner une date arrêtée.). D'abord, l'installation se situe dans une galerie ou un musée (Fonds Saint-Jacques, Sainte-Marie, Martinique), une pièce rectangulaire dans laquelle siègent des personnages, nonchalamment assis dans des chaises longues, neuf en tout : quatre à droite, quatre à gauche, et un personnage au centre. Derrière eux, sept lances - peut être leurs armes - appuyées contre le mur blanc du lieu d'exposition qui se situe sans doute sous les Tropiques, si on en juge non seulement par la présence du climatiseur, mais aussi et surtout,

<sup>2</sup> Dominique Berthet, « Faire œuvre avec le lieu », *Une œuvre de Serge Goudin-Thébia*, Paris, L'Harmattan, 2007, p. 66.





par l'architecture coloniale du bâtiment : ouvertures à persiennes, sans fenêtres vitrées, laissant passer plus facilement l'air des alizés, blancheur des murs épais maintenant ainsi dans la pièce une relative fraîcheur, l'ensemble érigé sur un superbe parquet de larges lames de bois exotique, de Courbaril ou d'Angélique.

Mais les personnages de Serge Goudin-Thébia ont tout de même une particularité : ils ne sont pas comme vous et moi, faits de chair, d'os et de sang ; ils ne sont ni des sculptures en plâtre, ni en marbre. Ces êtres sont composés de feuilles, et pas n'importe lesquelles : celles de *Coccoloba pubescens*, raisinier que l'on trouve en Martinique. Ces feuilles ont la particularité d'être gigantesques, très larges, mais d'être aussi très résistantes, à moins qu'elles ne soient mouillées. Elles sont reliées entre elles par de fines baguettes de bambou. C'est tout. Leur amoncellement, leur poids, leur envergure, le fait que certaines soient préalablement enroulées, mises en boules, ou tout simplement compressées, étirées ou étalées, suffit à leur donner présence, à faire corps par empilement. Il s'agit en fait de feuilles, empilées, mises bout à bout, ça et là, pour montrer l'aspect anthropomorphique que peut prendre un tas de feuilles.

Le geste de l'artiste est donc essentiel. Il ne sculpte pas au sens conventionnel du mot, il n'enlève pas de matière, mais il en rajoute sans cesse, tel un « mille feuilles »<sup>3</sup>. Un peu comme Andy Goldsworthy, qui utilise le plus possible des éléments naturels empruntés directement sur le site dans lequel il travaille, Serge Goudin-Thébia se sert essentiellement de matériaux naturels : des feuilles et des piques de bambou. Il pique les feuilles pour les relier et leur donner sens, il pique ainsi pour sculpter. Le geste de Serge Goudin-Thébia tient un peu de ce côté « gado haïtien »<sup>4</sup>. Il choisit les feuilles, il improvise. Pas de projet, pas de préalable, encore moins de dessins préparatoires. Avec Serge, il ne faut surtout pas s'attendre à une démarche scientifique de l'œuvre ou de la pratique, dans laquelle opérations et procédures plastiques pourraient être codifiées et prévues. Tout est fait dans et par l'instant, c'est la particularité de la matière qui dicte les choses. Et quelles choses : une leçon de nature selon laquelle rien n'est définitivement terminé, que tout est recommencement.

En recomposant des figures humaines en feuilles végétales et piques de bambou, ces œuvres parlent de nature car elles synthétisent le déclin et la renaissance des choses, elles « annoncent un retour, nous avertissant que dans la nature tout déclin anticipe une renaissance, une régénération, que toute chute prépare un nouveau bourgeonnement, que tout démembrement sert à assurer un remembrement (...) Les silhouettes végétalisées

ne sont plus les survivants d'un passé révolu mais des costumes d'êtres à venir, des promesses de vie survivant à toutes les agressions<sup>5</sup>». Les personnages feuillus de Serge Goudin-Thébia sont donc constitués à la fois de vide et de plein. Les feuilles forment corps. Ses sculptures végétales renvoient un peu aux sculptures de Richard Deacon qui n'ont pas d'armature interne. Comme l'a souligné Mickael Newman<sup>6</sup>, en 1985, dans une étude sur le sculpteur anglais, « surface et structure sont », dans ses œuvres, « coextensives » ; elles coïncident.

En fait, quelle est la genèse des guerriers ? Je le disais un peu plus haut, pas de calcul chez Serge Goudin-Thébia. L'aventure des guerriers est née d'un hasard. En effet, Serge, qui vit dans une maison créole en bois sur la presqu'île de la Caravelle a été interloqué un jour par les aboiements de sa chienne Tahé. Cette dernière semblait avoir peur d'un amoncellement (des larges feuilles mortes et sèches) qui se trouvait vers son atelier, en aval de sa « maison suspendue » dans la forêt tropicale. L'intérêt porté par sa fidèle chienne déclencha chez lui cette piste de recherche. L'idée de leur donner forme et sens était alors née. Le geste de Serge Goudin-Thébia métamorphose ainsi des feuilles sèches, normalement destinées au feu. Il leur donne une nouvelle vie<sup>7</sup>, une vie propre, teintée d'un aspect mortuaire. En effet, ces personnages nous renvoient à l'idée des morts-vivants, à des êtres végétatifs non doués de mouvement : « Ces êtres gigantesques sont comme nos doubles figés ou encore nos effigies. N'est-ce pas une espèce de cérémonie mortuaire à laquelle nous assistons ?<sup>8</sup> ».

3. Nom d'une pâtisserie faite de pâte feuilletée.

4. Le « gado » est un sorcier en Haïti. Il pique à l'aide d'une aiguille des poupées pour jeter un mauvais sort aux gens qu'il convoque.

5. Jean-Jacques Wunenburger « Les gardiens de la terre », catalogue-livret du CD-ROM de l'artiste, juillet 2000 (non paginé).

6. Mickael Newman, « La face des choses », Art Press, n° 90, juillet 1985, p. 27

7. Henry Moore : « Si une sculpture a sa vie et sa forme propres, elle sera vivante ». *Henry Moore Intime*, Paris, Editions du Regard, 1992, p.58

8. Seloua Boulbina, catalogue-livret du CD-ROM de l'artiste, juillet 2000 (non paginé)



Mais revenons un peu plus à l'installation spécifique composée de neuf personnages. Le personnage central au corps feuillu (et non velu) est recouvert de peinture bleue, peinture du cosmos, emblématique des œuvres antérieures et géopoétiques de Serge Goudin-Thébia (dans les années 1985-1990)<sup>9</sup>. Une impression de mal être subsiste, ou arrive immédiatement à l'esprit, un peu comme si ces êtres nous renvoyaient à l'image... de notre propre mort, de notre décomposition. C'est un peu le même type de malaise que l'on a lorsque l'on se trouve face aux sculptures hyperréalistes de Ron Muech (artiste contemporain fabriquant d'immenses sculptures - de personnages - plus vraies que nature, aux échelles variées, et poussant le détail jusqu'à incruster dans la peau de ses sculptures, la pilosité de ses personnages). De plus, « nos héros semblent fatigués ; les bras leur en tombent ». Heureusement, il y a ces chiliennes pour les supporter. Elles ne sont pas toutes identiques : certaines sont en bambou, d'autres sont celles venues du commerce, revêtues de tissu madras rappelant ici l'identité créole des guerriers.

Mais alors à quelle guerre se réfèrent les personnages de Serge Goudin-Thébia ? À la recherche d'une vie parfaite, à la lutte pour conserver ou pour sauver une identité idéale, et pourquoi pas caribéenne ? On ne le saura jamais, car ils sont muets, ils ne sont pas dotés de la parole et c'est la raison pour laquelle ils nous la laissent :

« ou bien parler par ma bouche  
n'aie crainte  
n'aie crainte, je te la prêterai <sup>10</sup> ».

Sur l'image, derrière les guerriers, on aperçoit des armes – longues piques de bois flottés ou de bambous – qui renvoient à une œuvre précédente de Serge : « l'écriture de la terre » (vers 1992-1993). Dans cette œuvre, l'artiste avait disposé au sol sept ardoises dont « six ardoises d'écolier » contenant des surfaces gravées, de la peinture noire ou bleue, ainsi que des collages divers (coquillages, objets de la mer, etc.). La septième était une pierre plate, brute, non immaculée, une ardoise à l'état naturel. Toujours au sol, face à ces ardoises, Serge avait posé sept morceaux de bambou, certains à l'état brut, d'autres peints en bleu, dont le bout était taillé en pointe, telle une plume, symbolisant ainsi l'écriture. « Ce qui est le plus souvent souligné par sa mise en évidence, sa présence particulière, c'est la beauté des ossements, d'une pierre, d'une coquille d'oursin ou

d'un morceau de corail. L'objet naturel, fragment du grand livre de la nature, est presque toujours le point d'ancrage, le centre d'intérêt de mon travail. Collé à tel ou tel endroit de l'œuvre, il interroge, à la manière des trépieds, par son évidence et son mystère. L'objet, même le plus banal, est doué de mystère, *a fortiori* une chose aussi naturelle qu'une pierre ramassée et choisie à cet effet, convenablement installée, elle est le premier signe d'un alphabet qui ouvre à la lecture du monde.<sup>11</sup> », souligne Serge Goudin-Thébia pour qualifier ses objets géopoétiques, issus en grande partie du monde de la mer (L'œil de l'Aymara<sup>12</sup>, 1991 ou *Piaye*<sup>13</sup> II, 1990).

Après cette période, Serge a produit beaucoup de « livres de feuilles », matériaux qu'il trouvait directement dans sa propriété, autour de son atelier des tropiques. Ces feuilles de *Coccoloba pubescens*, il les peignait parfois en partie (bleu, noir, blanc) de manière très spontanée, comme issue d'un geste dicté par une énergie céleste. Alors, ses guerriers sont une suite logique de ses travaux précédents. Ils ont pris une forme humanoïde pour mieux faire passer le message. Mais lequel ? Ils sont en guerre, pourtant ils semblent inactifs, figés, fatigués, comme en paix et au repos. Ils sont peut-être plus dans la phase de l'intervalle, de l'entre ou du métissage. Leurs armes, bien plus grandes que celles de l'œuvre *L'écriture de la terre*, mesurent environ deux mètres chacune et semblent présenter l'écriture comme étant une arme, celle de toute civilisation, celle du savoir.

En nous présentant ses personnages sous cette forme, entre végétal et humain, Serge Goudin-Thébia veut nous faire prendre conscience du vivant par l'inanimé. Ses acteurs ne s'expriment que par leur être là, et ils ne sont... que cela. C'est la présence même de la matière qui fait la preuve par neuf (et en plus, ils sont neuf guerriers) de l'existence, nous renvoyant à un temps de l'intervalle, celui de l'archaïque et celui de notre devenir, celui du repos mais aussi celui du travail ou de l'activité. Les neuf guerriers sont aujourd'hui éparpillés dans le monde, au hasard de différentes expositions, ils n'ont pu réintégrer « leur caserne », mais font encore plus parler d'eux. Laissons-les donc se reposer... Ils sont « en permission » !

<sup>9</sup>. A propos du bleu, l'artiste parle d'une résonance magnétique déjà en lui et d'une révélation de cette couleur lors de son arrivée en Martinique (in « Recherches en esthétique », n° 2, p. 102).

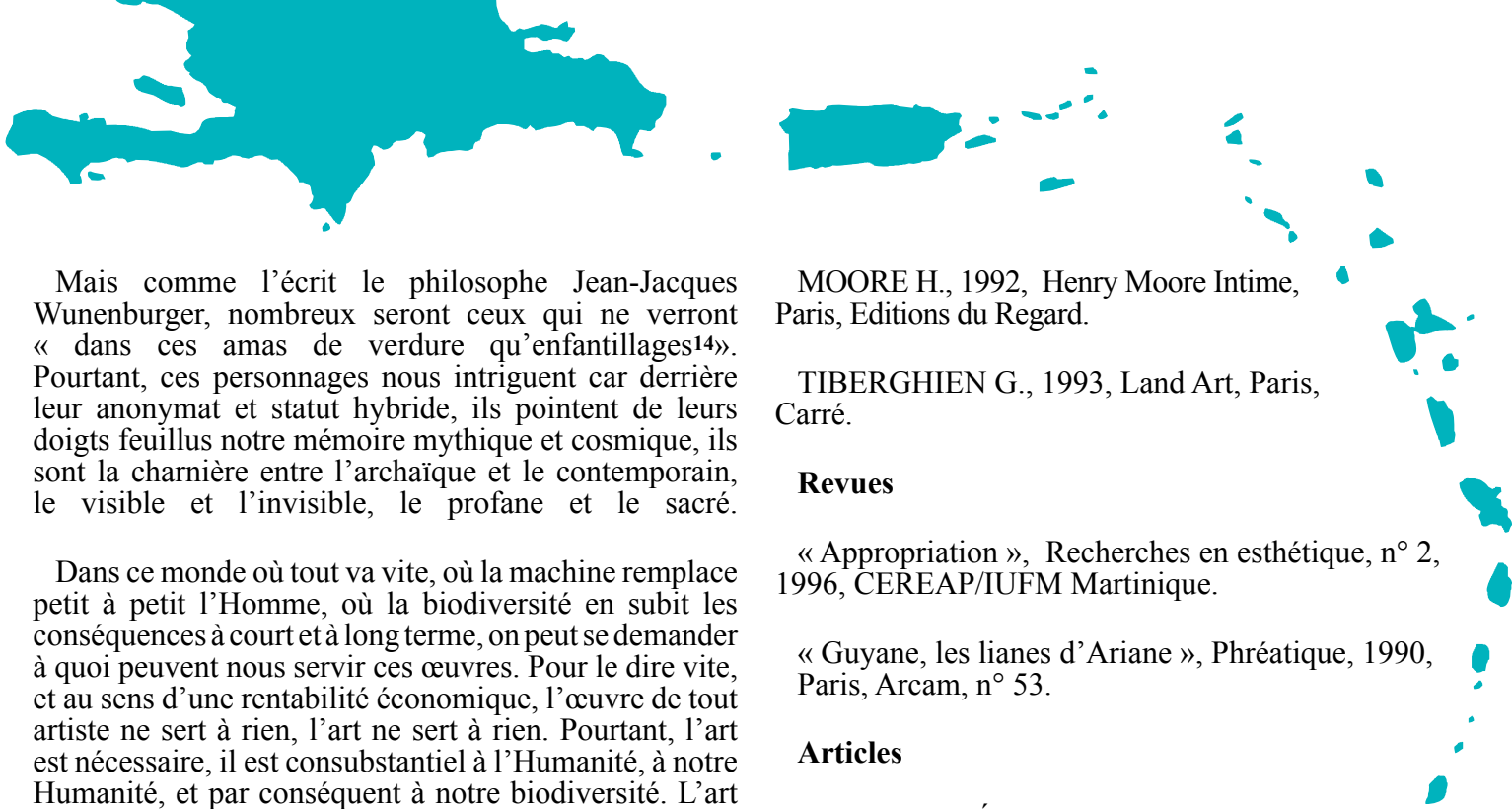
<sup>10</sup>. Serge Goudin-Thébia, *L'homme-planète*, Caracas, Fractal Systems & Design, 1991.

<sup>11</sup>. Serge Goudin-Thébia, « L'immensité de l'océan pour seule longueur d'onde », *Cahiers de Géopoétique* n°2, p. 148.

<sup>12</sup>. Aymara : nom d'un poisson de fleuve que l'on trouve en Guyane française et en Amazonie.

<sup>13</sup>. *Piaye* : mauvais sort (en créole guyanais).





Mais comme l'écrit le philosophe Jean-Jacques Wunenburger, nombreux seront ceux qui ne verront « dans ces amas de verdure qu'enfantillages<sup>14</sup> ». Pourtant, ces personnages nous intriguent car derrière leur anonymat et statut hybride, ils pointent de leurs doigts feuillus notre mémoire mythique et cosmique, ils sont la charnière entre l'archaïque et le contemporain, le visible et l'invisible, le profane et le sacré.

Dans ce monde où tout va vite, où la machine remplace petit à petit l'Homme, où la biodiversité en subit les conséquences à court et à long terme, on peut se demander à quoi peuvent nous servir ces œuvres. Pour le dire vite, et au sens d'une rentabilité économique, l'œuvre de tout artiste ne sert à rien, l'art ne sert à rien. Pourtant, l'art est nécessaire, il est consubstantiel à l'Humanité, à notre Humanité, et par conséquent à notre biodiversité. L'art est notre seul moyen de résister aux assauts de la course dans laquelle est engagé le monde - et qui concerne quelque part - la perte de notre Humanité. En nous renvoyant au plus profond de nous-mêmes, de notre Humanité, l'œuvre intrigante de Serge Goudin-Thébia nous indique une autre voie, une autre direction, celle qui permet de réactiver « dans notre sensibilité et dans notre mémoire endormies, un écho d'ailleurs et d'avant »<sup>15</sup>.

## Références bibliographiques

DORIAN F., (dir.), 2007, Une œuvre de Serge Goudin-Thébia, Paris, L'Harmattan.

DORIAN F., 2005, Le land art et après, Paris, L'Harmattan.

DORIAN F. et White K., (dir.), 1999, Géopoétique et arts plastiques, Publications Université de Provence.

GARRAUD C., 1994, L'idée de nature dans l'art contemporain, Paris, Flammarion.

GOUDIN-THÉBIA S., 1991, L'homme - planète, Caracas, Fractal Systems & design.

MOORE H., 1992, Henry Moore Intime, Paris, Editions du Regard.

TIBERGHIE G., 1993, Land Art, Paris, Carré.

### Revues

« Appropriation », Recherches en esthétique, n° 2, 1996, CEREAP/IUFM Martinique.

« Guyane, les lianes d'Ariane », Phrétique, 1990, Paris, Arcam, n° 53.

### Articles

GOUDIN-THÉBIA S., 1991, « L'immensité de l'océan pour seule longueur d'onde », Cahiers de Géopoétique n° 2, p. 148.

NEWMAN M., 1985, « La face des choses », Art Press, n° 90, p. 27

### Autres

BOULBINA S., 2000, catalogue-livret du CD-ROM de l'artiste (non paginé)

WUNENBURGER J-J, 2000, « Les gardiens de la terre », catalogue-livret du CD-ROM de l'artiste (non paginé).

14. Jean-Jacques Wunenburger, « L'appel des origines perdues », Une œuvre de Serge Goudin-Thébia, Paris, L'Harmattan, p. 23.

15. Jean-Jacques Wunenburger, op. cit., p. 25.





*Monde végétal - Eric STERKERS  
(Concours photo DIREN Biodiversité)*

# Une histoire naturelle de la Biodiversité dans les Petites Antilles



*Iguane - DEAL Martinique*



# The impacts of climate change on biodiversity and biodiversity-dependent livelihoods in the Caribbean islands

*Nicole LEOTAUD, Neila BOBB-PRESCOTT*

**E**conomies and livelihoods in the Caribbean islands are heavily reliant on natural resources and ecosystem services, which are especially vulnerable to the impacts of climate change. Understanding the vulnerability of the biodiversity of the Caribbean islands to climate change is needed to help inform policy and practical responses. Although there was important research being undertaken at the global level through the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), and some specific work in the Caribbean islands, a clear picture of what was happening and what was likely to happen within the region had not been developed.

The Caribbean Natural Resources Institute (CANARI)<sup>1</sup> implemented a project to address this need. The project was funded by the John D. And Catherine T. MacArthur Foundation and took place from 2007 to 2009. This Caribbean project formed part of a wider MacArthur Foundation programme of assessments of the impacts of climate change on biodiversity in key biodiversity hotspots in different parts of the world. The project focused on synthesising what was known but also perhaps more importantly identifying what was not known. The goal was to develop a regional research agenda and capacity needs assessment to address the identified knowledge gaps and to consider how protected area management, biodiversity protection, and conservation policy might address climate change in the region over the next decade. The scope of the project included looking at data (whether in English, French or Spanish) from the independent island countries and dependent territories in the Caribbean.

1. CANARI is a regional non-governmental policy research organisation dedicated to the equitable participation and effective collaboration of Caribbean communities and institutions in managing the use of natural resources critical to development in the insular Caribbean (CANARI, 2009)

In 2009 CANARI took this research a step further in a small study to look at what would be the impact on biodiversity-dependent livelihoods. The study was funded by the United Nations Development Programme's (UNDP) Caribbean Regional Unit for Technical Assistance (CARUTA) project. The study took place in the ten participating countries (Antigua and Barbuda, Barbados, Commonwealth of Dominica, Grenada, Guyana, Jamaica, St. Kitts and Nevis, Saint Lucia, St. Vincent and the Grenadines, and Trinidad and Tobago). The study sought to identify forest-based livelihood activities in communities, actual and projected climate change impacts on these activities, and possible interventions to increase the communities' resilience to climate change.

This paper summarises findings from these two studies reported in Day (2009) and CANARI (2010).

## Methods

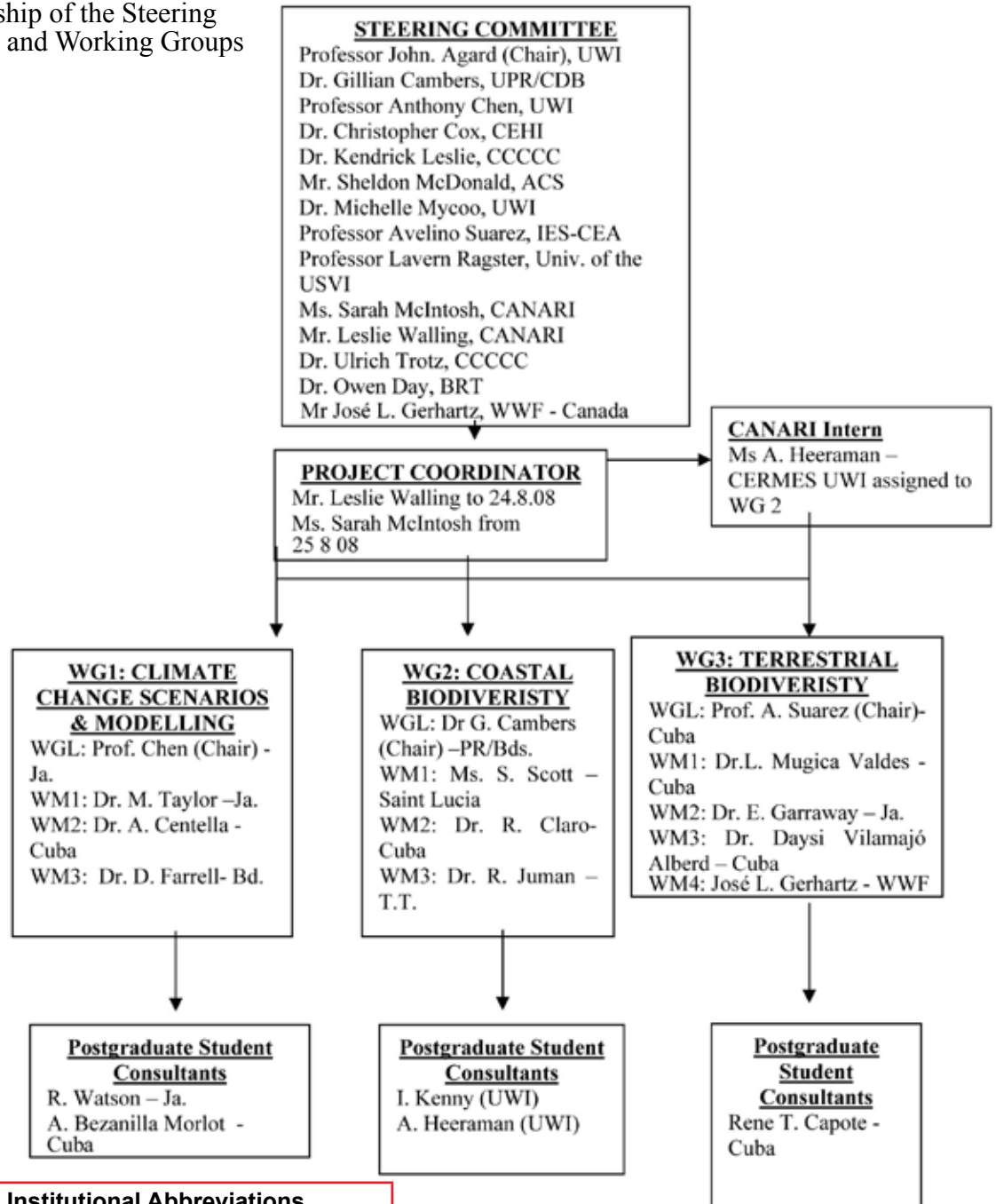
### Assessing the impact of climate change on biodiversity

The project brought together a team of scientists in a multidisciplinary project Steering Committee and three specialist Working Groups addressing specific areas as follows:

- ▶ Working Group 1 - Climate change scenarios and models
- ▶ Working Group 2 - Impacts of climate change on coastal and marine biodiversity
- ▶ Working Group 3 - Impacts of climate change on terrestrial biodiversity



Membership of the Steering Committee and Working Groups




| <b>Institutional Abbreviations</b>   |
|--|
| ACS: Association of Caribbean States   |
| BRT: Buccoo Reef Trust   |
| CCCCC: Caribbean Community Climate Change Centre   |
| CDB: Caribbean Development Bank  |
| CEHI: Caribbean Environmental Health Institute   |
| CERMES: Centre for Resource Management and Environmental Studies   |
| IES-CEA: Institute of Ecology and Systematic, Cuban Environmental Agency<br>Agencia de Medio Ambiente Cuba |
| USVI: United States Virgin Islands   |
| UWI: University of the West Indies   |
| WWF: World Wildlife Fund   |

| <b>Country Abbreviations</b> | <b>Project Abbreviations</b> |
|------------------------------|------------------------------|
| Bd.: Barbados                | WG: Working Group            |
| Ja.: Jamaica                 | WGL: Working Group Leader    |
| P.R.: Puerto Rico            | WGM: Working Group Member    |
| TT: Trinidad and Tobago      |                              |

Figure 1: Coordination of various components of the research project (from Day 2009).





The team focused on assessing the state of knowledge about the expected impacts of global climate change in their respective fields, identifying gaps in the knowledge base and proposing relevant research to fill these gaps. This was done through a series of activities:

▶ Literature surveys were conducted by postgraduate students from the University of the West Indies. This was regional in scope, except for Working Group 3 where due to the very large amount of literature available on the region's terrestrial biodiversity, it was decided to restrict the literature review primarily to seven countries chosen as representative of the region. These were Cuba, the Dominican Republic, Haiti, Antigua and Barbuda, Bahamas, Dominica and Jamaica. (June and August 2007)

▶ Meetings of the Working Groups were held to prepare report outlines and divide specific tasks among Working Group members. (August-September 2007)

▶ The second meeting of the Steering Committee was held in Kingston, Jamaica, where the Working Group leaders presented progress reports and their interim findings. (February 2008)

▶ The detailed reports from each Working Group were sent to CANARI and then circulated amongst regional scientists for review and comment. (July 2008)

▶ The comments were collated and the reports synthesised for any cross-cutting issues and/or research synergies. (August 2008)

▶ The reports, comments and analysis were then presented at a regional meeting in Port-of-Spain, Trinidad. This meeting brought together the Steering Committee, Working Group leaders, regional and national policy makers and specialists from diverse fields, including communications and advocacy. Participants discussed, analysed and prioritised the research agendas and capacity needs identified in the Working Group reports. (September 2008)

▶ The three Working Group reports were finalised and the findings were also summarised in a technical report (Day 2009) and a policy brief.<sup>2</sup>

<sup>2</sup>. All these documents are available on the CANARI website at

<http://www.canari.org/macarthurclimatechange.html>.

## Assessing the impact of climate change on forest-based livelihoods

This assessment was conducted using:

▶ A desk study of relevant literature and telephone interviews: This looked at documentation on current and potential impacts of climate change on forests and forest-related livelihoods, examples of community forest-related livelihood activities, including those that are not a specific response to climate change, and country-specific information on laws and policies that support forest-based community livelihoods and adaptation to climate change. CANARI developed a survey instrument to guide the telephone interviews. Twenty-five persons from government agencies responsible for forestry and climate change, as well as non-governmental organisations (NGOs) working on forestry and livelihood issues, were targeted. However, only eight people were eventually interviewed because many of those selected were attending international conferences on climate change and land degradation during the project period.

▶ Three one-day country workshops in Dominica, Grenada and Trinidad: These workshops targeted stakeholders from the public sector (policymakers and technical staff with responsibilities and interests in climate change, rural development, community and social development, forestry); the private sector (tour companies and farmers); and NGOs and community-based organisations (CBOs) working with forests, forest users and/or climate change issues.

▶ A regional focus group: This was held as part of the fifth meeting of CANARI's Forests and Livelihoods Action Learning Group (ALG) workshop held in October 2009 in Grenada. The focus group was based on five discussion questions on climate change observations and projected impacts, effects on forest-based livelihoods, and recommended interventions and messages for policymakers. The focus group comprised twenty-six participants from diverse sectors representing government, academia, civil society, inter-governmental technical agencies, and the private sector.

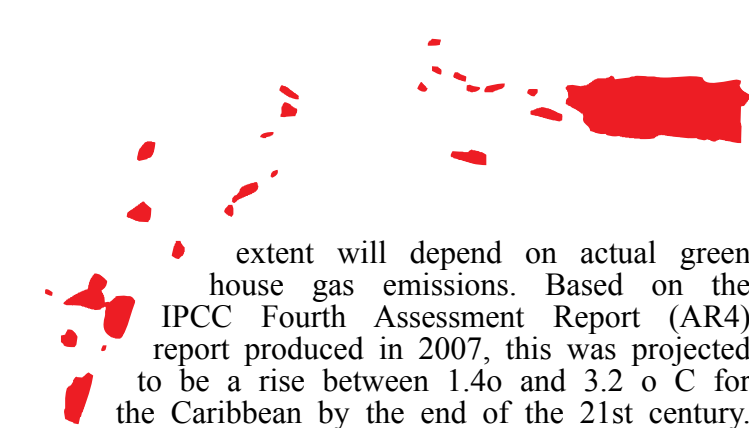
## Results and discussion

### Projected impacts of climate change on the islands of the Caribbean

The research concluded that regional trends and scenarios can be predicted with a fairly high level of certainty for the 21st century:

▶ Temperature: There is a very high probability (over 90%) that Caribbean temperatures will increase but the





extent will depend on actual greenhouse gas emissions. Based on the IPCC Fourth Assessment Report (AR4) report produced in 2007, this was projected to be a rise between 1.4o and 3.2 o C for the Caribbean by the end of the 21st century.

▶ **Precipitation:** There is a high probability (over 66%) that there will be drying in the Greater Antilles in June, July and August.

▶ **Sea level rise:** There is a high probability (over 66%) that sea level will continue to rise on average around the small islands of the Caribbean, close to the global mean of 0.18 to 0.59m up to 2090s.

▶ **Hurricanes:** Based on the IPCC Fourth Assessment Report (AR4) report produced in 2007, there is a high probability (over 66%) that there will be a global increase in hurricane intensity with larger peak wind speeds and heavier precipitation.

## Projected impacts on terrestrial biodiversity

The literature review revealed that there has been very little research focusing on the effects of climate change on terrestrial biodiversity, including forests, in the Caribbean islands. Many impacts from climate-related phenomena and weather patterns were found to be already affecting forest resources. However, it is unclear in all instances if these changes have been observed over a long period (i.e. several decades). Expert judgment, based on regional climate change projections at the time, was used to indicate potential impacts in some instances.

▶ **Forests in the Caribbean islands** are already being degraded, fragmented, and lost due to a combination of factors related to human activity. Key impacts on forests from climate change predicted were:

▶ **Forest thinning:** Forest thinning is anticipated from breaking branches and loss of leaves (defoliation) from strong winds associated with storms, loss of crowns from storm activity and extended drought conditions, and complete uprooting of trees from hurricane activity or soil loss associated with flooding.

▶ **Changes in plant flowering seasons:** Changes in temperature and rainfall patterns will alter the microclimate of forest ecosystems and cause changes to flowering patterns.

▶ **Changes in forest composition:** This will also depend on the degree of warming, altered precipitation and transpiration rates, particularly if natural forest adaptation is slower than the rate of climatic change.

▶ **Prevalence of pests and diseases.** Warmer temperatures generally create

conditions for the proliferation of plant pests and diseases. The effects vary from defoliation and growth loss to timber damage and massive forest die backs.

▶ **Reduction in tree and wildlife populations:** Forest fires during droughts destroy forest biodiversity. Additionally, unfavourable climatic conditions cause biodiversity to die back or migrate. Changes in temperature and rainfall patterns will also cause disruptions in mating and feeding habits of birds and insects.

Overall, these projected impacts are likely to mean reduced resilience of forests in the Caribbean to adapt to the continued cumulative impacts of climate change and other threats.

## Projected impacts on coastal and marine ecosystems

Much of the research on the effects of climate change on the region's coastal and marine biodiversity is still in its infancy and has focused on certain species (such as sea turtles) and particular ecosystems (for example coral reefs). Predictions on the impacts on coastal and marine biodiversity on specific ecosystems were:


▶ **Mangroves:** Overall, climate change is expected to exacerbate the already serious problem of loss and degradation of mangrove forests and their species, but changes are likely to be highly variable and site specific. Sea level rise will be the most significant problem, as mangroves often have limited space to move landward due to sea defences and other types of coastal development. But if sedimentation rates keep pace with rising sea levels mangrove forests could remain largely unaffected. Increased salinity caused by decreased rainfall and river outflows may result in reduced seedling survival and growth rates. On the other hand, research indicates that higher atmospheric carbon dioxide levels, rising temperature and increased precipitation could increase mangrove productivity and expand the geographical range of some species.

▶ **Freshwater wetlands:** Saline intrusion may result in the loss of freshwater wetlands.

▶ **Beaches:** According to monitoring at 200 sites in nine eastern Caribbean territories, erosion is already being seen at 70% of the sandy beaches. This is being caused mainly from tropical storms and hurricanes, with beaches failing to return to their pre-storm levels. Like mangroves, the ability of beaches to migrate inland will be constrained by sea defences and other coastal development.

▶ **Coastal forests:** Already reduced to narrow strips of vegetation associated with beaches, coastal forests are likely to be further reduced due to stronger hurricanes and sea level rise.





► **Seagrass beds:** There has been little research on the impacts of climate change on seagrass beds but potential threats may come from rising sea level, changing tidal regime, localised decreases in salinity, damage from ultraviolet radiation, and more frequent and intense storms and hurricanes. However, again like mangroves, increased carbon dioxide levels may increase productivity of seagrass beds.

**Coral reefs:** Climate-related impacts are exacerbating the effects on coral reefs that are already being severely stressed by a mixture of human-imposed threats. The cumulative effects are likely to weaken coral reefs and reduce their resilience. Widespread coral bleaching has only been recorded in the Caribbean after 1983, with a particularly severe event in 2005 across the Caribbean basin which has been partly attributed to climate change. Mass bleaching in the past two decades has also been linked to El Niño events. The increase in the intensity of hurricanes and the frequency of intense rainfall events caused by climate change will increase coral mortality on near shore reefs from sedimentation, lower salinity and physical damage. Increasing atmospheric carbon dioxide may reduce ocean pH, reducing calcification rates of corals. Warming can increase the virulence of pathogens but this has yet to be proven.

► **Coastal and pelagic fish species:** These species are considered to have been overexploited since the 1980s. Studies have shown that climate change will decrease fish diversity, density and biomass on reefs because of a reduction in coral cover from bleaching and algal overgrowth. Climate change is also predicted to drive species ranges toward the more cold waters. This will result in local loss of species and may potentially result in extinctions where dispersal capacity is limited or suitable habitat is unavailable. Distribution and abundance may be affected by changes in growth, survival, reproduction, or responses to changes in other trophic levels. Harmful algal blooms, which are usually associated with upwelling systems, could also increase as a result of climate change and variation in wind regimes.

► **Sea birds:** In general, research on the possible impacts of climate change on sea birds has focused on North America and Europe. It is expected that changing seasons will affect bird seasonal responses, egg laying dates, migratory timing, and habitat.

► **Marine mammals:** These species are already under threat, and seven species found in the Caribbean are classified as endangered. One of the greatest threats may come from changes in the distribution of food resources, such as fish and plankton, as a result of changing oceanographic conditions. Migratory marine mammal species are likely to be affected by climate change at some point of their life cycles. While some species may increase in abundance of range, the more vulnerable species may be more at risk of extinction.

► **Sea turtles:** Already under threat, with some species classified as endangered or critically endangered, climate change is expected to further stress sea turtles. Sea level rise in particular will cause beach erosion and reduction of available nesting sites. Rising temperatures are likely to affect reproduction since sex is determined by temperature during incubation.

## Projected impacts of climate change on forest-based livelihoods

### Forest-based livelihoods

Forest resources are used for both subsistence and commercial purposes in the Caribbean islands. Uses include for edible plant products, edible animals and animal products, animal fodder, medicine / tonics, fuelwood, fencing and construction, implements and tools, and craft. These uses are important but there is little quantitative information on the extent and value of forest products extracted from forests, with the exception of timber and wildlife resources.

Forests also provide essential ecosystem services, which, in many cases, can be regarded as outweighing their production value. These services include: soil and water conservation in the watersheds; coastal protection and links with marine ecosystems from mangrove forests; and habitat for biological diversity.

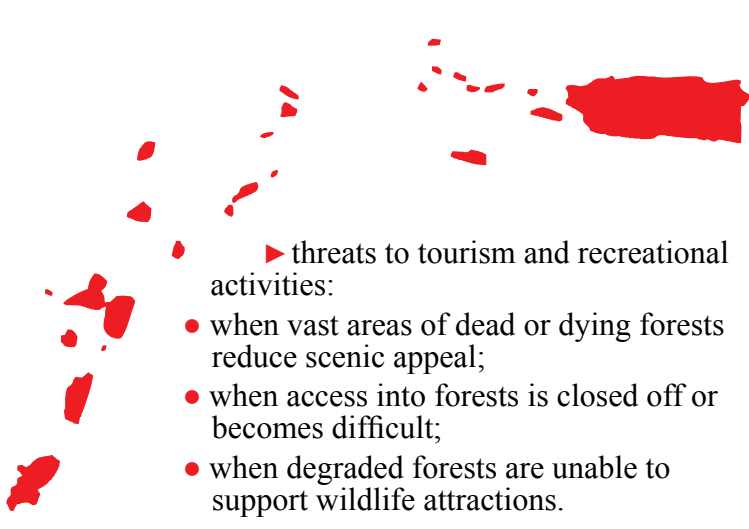
Forests are also important in Caribbean culture and recreation and are a resource for ecotourism, a major economic sector in the Caribbean. In some islands, rural communities are heavily dependent on forest resources for their livelihoods, for example the Carib Indians in Dominica.

### Impacts from climate change

Although there have been no specific studies on the effects of climate change on forest-based livelihoods in any of the countries studied, observations and anecdotal reports highlighted the following climate change impacts on livelihoods:

- loss or reduction of ecosystem services from degraded forests;
- reduced availability of subsistence materials (e.g. food, fuelwood, medicines, construction material) from forest fires, storms, disease or drought;
- reduced availability or quality of forest products sold (e.g. seeds for jewellery-making washed away in heavy rains, low plant productivity in drought conditions).





► threats to tourism and recreational activities:

- when vast areas of dead or dying forests reduce scenic appeal;
- when access into forests is closed off or becomes difficult;
- when degraded forests are unable to support wildlife attractions.

## Conclusions

### Research priorities

The studies highlighted several priorities for further research into understanding what will be the climate changes, how these will impact on biodiversity, and how livelihoods will be affected. These are highlighted in Table 1.

*Table 1: Research priorities for understanding what will be the climate changes, how these will impact on biodiversity, and how livelihoods will be affected in the Caribbean islands.*

#### Research on climate change trends:

- **Global climate models need to be downscaled** to improve the accuracy of regional and national scenarios through increasing the number of models to which the region has access. This is being addressed by the Caribbean Community Climate Change Centre (CCCCC), drawing on the ensemble of 16 global models from the UK's Hadley Centre.

- For improved scenario generation, **additional data needs to be collected** by an increased density of monitoring stations capturing daily information over a long period (30 years or more), as well as secondary or derived information (e.g. from non-traditional archives such as records of sugar plantations, agricultural and hydrological bodies). This needs to include data on wind, sea surface temperature, radiation, relative humidity and evapotranspiration; and information on the effects of El Niño Southern Oscillation, North Atlantic Oscillation and variability in tropical cyclones.

#### Research on the impacts of climate change on terrestrial biodiversity:

- Most studies are limited to a national or local scope, and more research is needed taking a **regional perspective**.

- There is a large amount of information available that needs to be **transferred to maps or geo-referenced databases** to assist with regional modelling and policy-making.

- More work is needed on **designing and developing models** at the level of both species and ecosystems.

- Research is needed on the frequency and extent of fires (e.g. forest fires), how these are likely to be affected by changes in temperature and precipitation, and the impact on habitat loss and vulnerability to invasive species.

- **Traditional knowledge needs to be documented** on key species used for food, medicine, and those considered as important genetic resources.

#### Research on the impacts of climate change on coastal and marine biodiversity:

Research needs to focus on:

- **long term monitoring** of changes in coastal and marine ecosystems;

- system connectivity;

- modelling of **circulation changes** in the Caribbean;

- **sea level and sea surface** data collection;

- vulnerability of key species to thermal stress, ocean acidification, and disease;

- assessment of threat from **invasive species**;

- **algal blooms, plankton and ocean productivity**;

- **remediation** techniques and ecosystem **resilience**;

- assessing the **effectiveness of specific conservation strategies**, such as protected areas.



### Research on the impacts on forest-based livelihoods

- More multi-disciplinary research that examines the **linkages between climate change, human well-being and ecosystem services**.
- Multi-disciplinary research as well as documentation of traditional knowledge on **observed and predicted impacts** of climate change on forests and forest-based livelihoods in the islands of the Caribbean.

### Communication and policy priorities

Broader recommendations on needs for policy and practice made by the studies highlighted several key areas as priorities.

► Improved management and dissemination of climate and other data is needed, including through improved regional coordination in data collection and dissemination (including records of metadata), ensuring that data is in digital form and meets the adopted global and regional standards, and translating data onto maps and geo-referenced databases.

► Human resource capacity needs to be improved so that there are sufficient persons with the technical expertise who can combine disciplines (such as meteorology and the biosciences) to effectively assess and/or examine vulnerability or adaptation. An additional concern is the ‘aging’ cadre of professionals in the meteorological institutions of the region. Building capacity to conduct multi-disciplinary studies is a key priority.

► Technical capacity needs to be improved for example to address the high cost of maintaining and calibrating meteorological instruments, which has resulted in a gradual deterioration of the meteorological network. High-performance computers and massive data storage systems are needed to generate useful and high-quality information for forecasting purposes and for the research community.

► Improved communication of climate change issues is needed to build understanding of key stakeholders who need to be involved in changing policy and practice. A more effective dialogue is needed between scientists, communities and civil society representatives, and those in government who make or inform decision-making about climate change adaptation. Innovative communication needs to be targeted at key stakeholders and can include using climate change ‘champions’ and ‘change agents’.

► Review policies and stimulate and facilitate the inclusion of climate change adaptation into existing or new policies, programmes and projects.

Supporting the design of on-the-ground adaptation projects that increase the resilience of rural communities to climate change by building on existing sustainable livelihood initiatives. Such projects can include:

- community vulnerability mapping for awareness building and engaging communities to become part of the solution;
- recording traditional knowledge and integrating this with scientific knowledge;
- community rapid assessments after extreme events.

### Impacts in complex systems

Biodiversity is critical to socio-economic development in the Caribbean islands, and it is especially important for the livelihoods of poor rural communities. This biodiversity is already severely threatened directly and indirectly from human activities. This includes the rapid pace of tourism development, urbanisation, population growth and industrialisation (in some islands) taking place in the context of weak policies and poor land use planning and management. Climate change will exacerbate these stresses, decreasing the resilience of species and ecosystems. The complex interactions among stresses caused by climate change and other factors and the highly inter-connected nature of ecosystems means that the effects of climate change are difficult to predict and need to be understood at multiple scales, from the level of individual species to the level of the wider ecosystem. Better understanding of this is important to be able to better address the negative impacts on biodiversity caused by climate change in the Caribbean islands.

### Literature cited

Day O., 2009, The impacts of climate change on biodiversity in Caribbean islands: what we know, what we need to know, and building capacity for effective adaptation, CANARI Technical Report No. 386, Port of Spain, Caribbean Natural Resources Institute.

CANARI, 2009, Thirty years in support of participatory resource management: The case of the Caribbean Natural Resources Institute, Port of Spain, Caribbean Natural Resources Institute.

CANARI, 2010, Assessing the impacts of climate change on community-based sustainable use of forest resources in the Caribbean, Final Project Report, Christ Church, United Nations Development Programme for Barbados and the Organisation of Eastern Caribbean States.



# Biodiversity, Biogeography, and Conservation of Bats in the Lesser Antilles

Scott C. PEDERSEN, Hugh H. GENOWAYS, Gary G. KWIECINSKI, Peter A. LARSEN, and Roxanne J. LARSEN

The chiropteran fauna of the Lesser Antilles consists of 27 species. The diversity of this fauna is low when compared with Neotropical faunas of large continental islands or at sites on the adjacent mainland, however, the Lesser Antillean fauna contains 11 species endemic to these islands making it worthy of large-scale conservation efforts. At the southern end of the Lesser Antilles, the biological limit of the Lesser Antillean bat fauna is marked by Koopman's Line. To the south of this line, the bat faunas of the Grenadines and Grenada are composed of South American and widespread species of bats. The central Lesser Antillean islands have been grouped as the "Lesser Antillean Faunal Core." The bat faunas of these islands are characterized by the presence of 9 or more species and several endemic species that occur on only one or two of these islands. The faunas of the northern Lesser Antillean islands are united into the "Northern Antillean Faunal Area" and share the same eight species of bats. The conservation of bats is critical not only to the biodiversity that they represent, but to the maintenance of biodiversity of other fauna and flora. The maintenance of chiropteran fauna can best be served by three actions—preservation of caves, preservation of forest diversity, and restoration of hydrological systems.

## Taxonomic Diversity in the Lesser Antilles

The chiropteran fauna of the Lesser Antilles consists of 27 species of bats representing 7 families (Table 1). The diversity of this fauna is low when compared with Neotropical faunas of large continental islands or sites on the adjacent mainland—Suriname (95 species), Nicaragua (85), Trinidad (64), Yucatan Peninsula (48), and coastal Venezuela (39) (Genoways *et al.*, 2001). The Lesser Antillean bat fauna contains 11 species that are endemic to these islands and a 12th species—*Brachyphylla cavernarum*—that is endemic to the Antilles (Table 1). This represents a significant amount of biodiversity and is worthy of large-scale conservation efforts. These species of bats are not uniformly distributed throughout the Lesser Antilles, but occur in patterns that provide insight into the development of the bat faunas of these islands (Table 2).

Table 1: List of the species of bats occurring on the Lesser Antillean islands.

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Family Emballonuridae   | <i>Peropteryx trinitatis</i>  |
| Family Mormoopidae      | <i>Pteronotus davyi</i><br><i>Pteronotus rubiginosus</i>  |
| Family Noctilionidae    | <i>Noctilio leporinus</i>   |
| Family Phyllostomidae   | <i>Brachyphylla cavernarum</i> *<br><i>Anoura geoffroyi</i><br><i>Glossophaga longirostris</i><br><i>Monophyllus plethodon</i> **<br><i>Micronycteris buriri</i> **<br><i>Micronycteris megalotis</i><br><i>Ardops nichollsi</i> **<br><i>Dermanura bogotensis</i><br><i>Artibeus jamaicensis</i><br><i>Artibeus lituratus</i><br><i>Artibeus planirostris</i><br><i>Artibeus schwartzi</i> **<br><i>Chiroderma improvisum</i> **<br><i>Sturnira lilium</i><br><i>Sturnira thomasi</i> ** |
| Family Vespertilionidae | <i>Eptesicus fuscus</i><br><i>Eptesicus guadeloupensis</i> **<br><i>Myotis dominicensis</i> **<br><i>Myotis martiniquensis</i> **<br><i>Myotis nyctor</i> **  |
| Family Natalidae        | <i>Natalus stramineus</i> **  |
| Family Molossidae       | <i>Molossus molossus</i><br><i>Tadarida brasiliensis</i>  |

\* Restricted in distribution to the Lesser Antilles, Virgin Islands, and Puerto Rico.

\*\* Endemic to the Lesser Antilles.

**Table 2.** Chiropteran species inventories for the Lesser Antilles. Species endemic to the Antilles are in bold and islands are arranged (approximately) from north to south. Solid circles show documentation of species by voucher specimens and/or genetic data. Asterisks indicate hybridization (H) among southern Lesser Antillean populations of *Artibeus jamaicensis*, *A. planirostris*, and *A. schwartzi*. Dashed lines define the Northern Antillean Faunal Area (Anguilla–Antigua) and Lesser Antillean Faunal Core (Montserrat–St. Vincent). Solid line identifies the southern Lesser Antillean location of Koopman's Line (east and south of Barbados westward through the Bequia Channel).

|  | Anguilla | St. Martin | St. Barthélemy | Saba | St. Eustatius | St. Kitts | Nevis | Barbuda | Antigua | Montserrat | Guadeloupe | Dominica | Martinique | St. Lucia | St. Vincent | Barbados | Grenadines | Grenada |
|--|----------|------------|----------------|------|---------------|-----------|-------|---------|---------|------------|------------|----------|------------|-----------|-------------|----------|------------|---------|
| <b><i>Ardops nichollsi</i></b>         |          |            | ●              | ●    | ●             | ●         | ●     | ●       | ●       | ●          | ●          | ●        | ●          | ●         |             |          |            |         |
| <b><i>Artibeus schwartzi</i>*</b>      |          |            |                |      |               |           |       |         |         |            |            |          |            | H         | ●           | H        | ●          | H       |
| <b><i>Brachyphylla cavernarum</i></b>  | ●        | ●          | ●              | ●    | ●             | ●         | ●     | ●       | ●       | ●          | ●          | ●        | ●          | ●         | ●           | ●        |            |         |
| <b><i>Chiroderma improvisum</i></b>    |          |            |                |      |               |           |       |         |         | ●          | ●          |          |            |           |             |          |            |         |
| <b><i>Eptesicus guadeloupensis</i></b> |          |            |                |      |               |           |       |         |         |            | ●          |          |            |           |             |          |            |         |
| <b><i>Micronycteris buriri</i></b>     |          |            |                |      |               |           |       |         |         |            |            |          |            |           | ●           |          |            |         |
| <b><i>Monophyllus plethodon</i></b>    | ●        | ●          | ●              | ●    |               | ●         | ●     | ●       | ●       | ●          | ●          | ●        | ●          | ●         | ●           | ●        |            |         |
| <b><i>Myotis dominicensis</i></b>      |          |            |                |      |               |           |       |         |         |            |            | ●        |            |           |             |          |            |         |
| <b><i>Myotis martiniquensis</i></b>    |          |            |                |      |               |           |       |         |         |            | ●          | ●        | ●          |           |             | ●        |            |         |
| <b><i>Myotis nyctor</i></b>            |          |            |                |      |               |           |       |         |         |            |            |          |            |           |             | ●        |            | ●       |
| <b><i>Natalus stramineus</i></b>       | ●        | ●          |                | ●    |               | ●         | ●     | ●       | ●       | ●          | ●          | ●        | ●          |           |             |          |            |         |
| <b><i>Sturnira thomasi</i></b>         |          |            |                |      |               |           |       |         |         | ●          | ●          |          |            |           |             |          |            |         |
| <i>Anoura geoffroyi</i>                |          |            |                |      |               |           |       |         |         |            |            |          |            |           |             |          |            | ●       |
| <i>Artibeus jamaicensis</i> *          | ●        | ●          | ●              | ●    | ●             | ●         | ●     | ●       | ●       | ●          | ●          | ●        | ●          | H         |             | H        | H          |         |
| <i>Artibeus lituratus</i>              |          |            |                |      |               |           |       |         |         |            |            |          |            |           | ●           |          | ●          | ●       |
| <i>Artibeus planirostris</i> *         |          |            |                |      |               |           |       |         |         |            |            |          |            |           |             | H        | H          | ●       |
| <i>Carollia perspicillata</i>          |          |            |                |      |               |           |       |         |         |            |            |          |            |           |             |          |            | ●       |
| <i>Dermanura bogotensis</i>            |          |            |                |      |               |           |       |         |         |            |            |          |            |           |             |          |            | ●       |
| <i>Eptesicus fuscus</i>                |          |            |                |      |               |           |       |         |         | ●          | ●          |          |            |           |             |          |            |         |
| <i>Glossophaga longirostris</i>        |          |            |                |      |               |           |       |         |         |            |            |          |            |           | ●           |          | ●          | ●       |
| <i>Micronycteris megalotis</i>         |          |            |                |      |               |           |       |         |         |            |            |          |            |           |             |          |            | ●       |
| <i>Molossus molossus</i>               | ●        | ●          | ●              | ●    | ●             | ●         | ●     | ●       | ●       | ●          | ●          | ●        | ●          | ●         | ●           | ●        | ●          | ●       |
| <i>Noctilio leporinus</i>              |          | ●          |                |      |               | ●         | ●     | ●       | ●       | ●          | ●          | ●        | ●          | ●         | ●           | ●        | ●          | ●       |
| <i>Peropteryx trinitatus</i>           |          |            |                |      |               |           |       |         |         |            |            |          |            |           |             |          |            | ●       |
| <i>Pteronotus davyi</i>                |          |            |                |      |               |           |       |         |         | ●          | ●          | ●        | ●          |           |             |          |            | ●       |
| <i>Pteronotus rubiginosus</i>          |          |            |                |      |               |           |       |         |         |            |            |          |            |           | ●           |          |            |         |
| <i>Sturnira lilium</i>                 |          |            |                |      |               |           |       |         |         |            |            | ●        | ●          | ●         | ●           |          |            | ●       |
| <i>Tadarida brasiliensis</i>           | ●        | ●          | ●              | ●    | ●             | ●         | ●     | ●       | ●       | ●          | ●          | ●        | ●          | ●         | ●           |          |            |         |

The Lesser Antilles chain is defined geologically by the Anegada Passage in the north and the southern end of the Grenada Bank in the south. When looking at the modern chiropteran fauna, the Anegada Passage would seem to be a zoogeographic barrier, but when the fossil evidence of the last 10,000 years is considered, this passage is less of a barrier (Genoways *et al.*, 2007c). At the southern end of the Lesser Antilles, the biological limit of the Lesser Antillean bat fauna is marked by Koopman's Line, which passes through the Bequia Channel just south of St. Vincent (Figs. 1 and 2). South of this line (with the possible exception of *Artibeus schwartzi*), the bat faunas of the Grenadines and Grenada are composed of South American and widespread species of bats. These faunas can be classified as attenuated South American faunas (Genoways *et al.*, 1998; Genoways *et al.*, 2010). The chiropteran faunas of Montserrat, Guadeloupe, Dominica, Martinique, St. Lucia, and St. Vincent have

been grouped as the “Lesser Antillean Faunal Core” and are characterized by the presence of nine or more species and several endemic species that occur on only one or two islands (Genoways *et al.*, 2001). The faunas of the islands of Anguilla, Antigua, Barbuda, Nevis, Saba, St. Barthélemy, St. Eustatius, St. Kitts, and St. Martin have been united into the “Northern Antillean Faunal Area.” These island faunas share the same eight species of bats (Genoways *et al.*, 2007a). This faunal area can be seen as a transition zone between the Lesser Antillean Faunal Core and the Greater Antillean Faunal Core, which includes the bat fauna of Cuba, Hispaniola, Jamaica, and Puerto Rico. Barbados, at the southern end of the Lesser Antilles, has been in existence for only 1 million years or less (Speed and Keller 1993), yet has been colonized and populated within this short period of time.



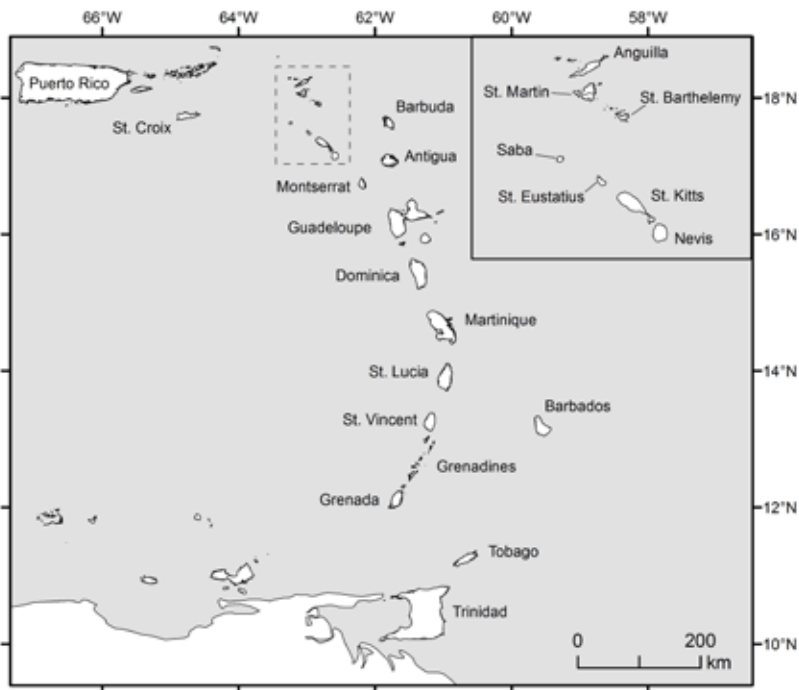


Figure 1. Map of the eastern Caribbean and the Lesser Antilles

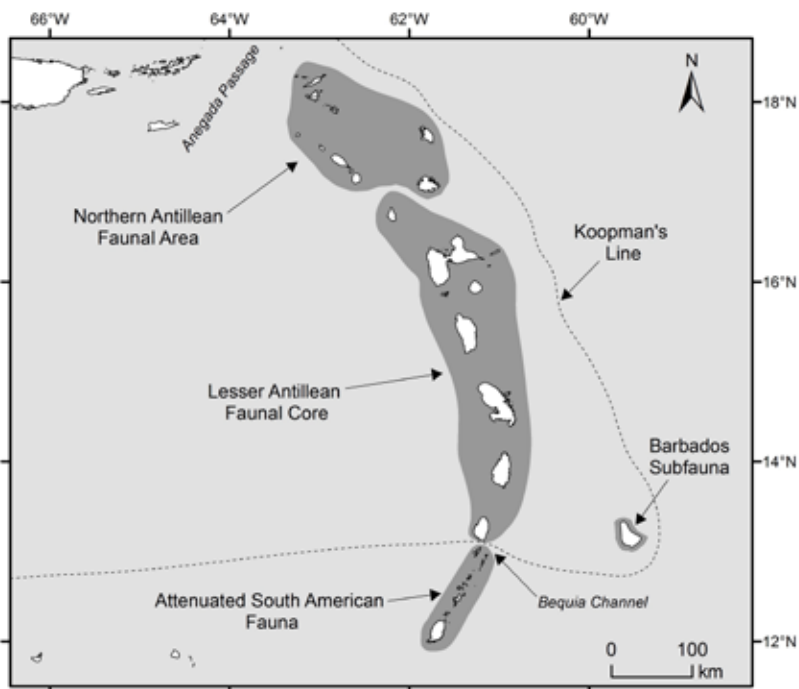


Figure 2. Map indicating the Northern Antilles Faunal Area, the Lesser Antilles Faunal Core, and Koopman's Line

## Limitations On and the Complexity of Biodiversity Data

Before we can make broad statements about bat biodiversity and bat conservation, we must first re-visit the limitations and bias under which our data were collected.

**Net Bias**—Accurate species inventories for an island are hampered by the inadequacy of ground-based netting strategies, something that has been painfully obvious to field biologists who study species-specific responses to mist nets and species-specific ability to avoid mist nets (Barber *et al.*, 2003; Berry *et al.*, 2004; Lang *et al.*, 2004; R. Larsen *et al.*, 2005, 2006, 2007; Simmons and Voss, 1998). Species that are not captured in surveys on a regular basis may simply be able to avoid mist nets, or fly where we cannot place mist nets, or are quite simply rare. Given this difficulty in accurately quantifying bat abundance and diversity, we have used a simple metric (bats per net-night: BNN) to approximate activity levels at our sampling sites on various islands throughout the region (Genoways *et al.*, 2007a, 2007b, 2007c; P. Larsen *et al.*, 2007; R. Larsen *et al.*, 2005, 2006, 2007; Pedersen *et al.*, 1996, 2003, 2005, 2006, 2007). The addition of other variables (e.g., net dimensions, net-hours, etc.) introduces false precision to the data and thereby increases bias in the survey data. BNN would seem therefore to be the most pragmatic metric with which to cross-evaluate historical data from numerous investigators and sampling protocols (Fenton *et al.*, 1992; LaVal, 2004; Pedersen *et al.*, 2005).

**Survey Duration**—Our efforts have shown that short-duration and/or single season surveys underestimate bat biodiversity; the capture of rare species requires a greater investment of time and effort. We conclude that without long-duration/multi-year survey efforts, biodiversity estimates can only be approximations at best and quite probably underestimate the true faunal diversity of an island, thus providing a poor foundation for any subsequent conservation guidelines.

**Survey Timing: Disturbance, Sex, and Time Frame**—The severity and frequency of environmental disturbance has considerable influence on biodiversity in the eastern Caribbean. What appears to the human eye as a natural disaster, may be perceived by the biota on any one of these hurricane-dominated volcanic islands as perfectly "normal," evolutionarily speaking. Indeed,





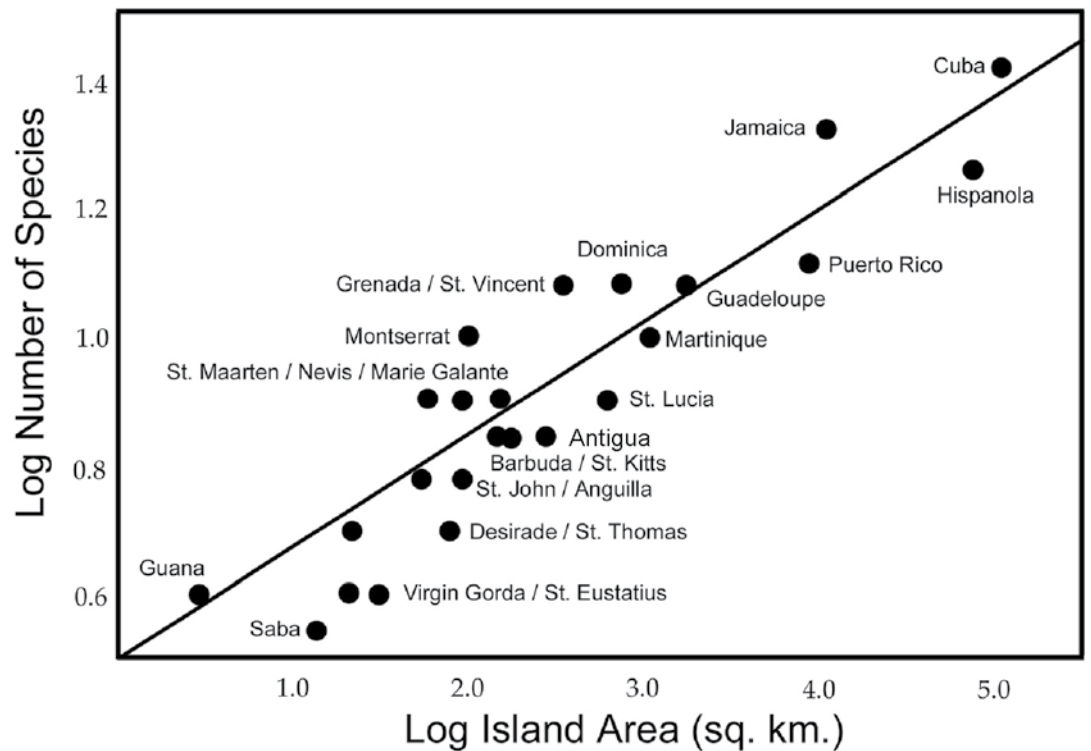
despite the great fluctuations in bat abundance on Montserrat over the last 30 years, none of the 10 species of bats has been extirpated despite dramatic volcanic activity and a Category 5 hurricane (Pedersen *et al.*, 2009). During that time, some of our surveys yielded only 4 species of bat, and *Chiroderma* and *Sturnira* were not found from 1994 to 2004 despite extensive efforts. Had some of these species been extirpated by storms/volcanic activity and then subsequently re-colonized the island, or had they simply become so rare as to have become "invisible" to our mist netting efforts (R. Larsen *et al.*, 2005, 2007)?

Fenton *et al.*, (1992) demonstrated that phyllostomid bats are indicators of habitat disruption, and island populations of fruit bats appear more susceptible to habitat disruption than are mainland populations (Barlow *et al.*, 2000). However, many bats in the Lesser Antilles seem to be disturbance adapted. Unlike their mainland congeners, these animals and their reproductive strategies have evolved in a region dominated by natural disasters. The low reproductive rates of most chiropteran taxa ("k-selected" organisms) are poorly suited for responding rapidly to disturbance in these complex, inherently unstable, tropical communities. Interestingly, *Artibeus* would seem to be capable of alternating between k- and r-selected reproductive strategies (Kwiecinski and Pedersen, 2002), whereas other fruit bats (*Monophyllus*, *Aradops*, or *Brachyphylla*) are not. Our data suggest that *Artibeus* recovers quickly after a drought or a natural disaster, and can become numerically dominant on small islands. This is an interesting observation that bears further investigation—to what extent does reproductive strategy account for the contemporary community structure of bats throughout the Lesser Antilles?

So "when" do we perform a species inventory/biodiversity survey on any one of these islands? What is the appropriate slice of time that should be used when constructing species-area curves? When was the most recent disturbance? Should human development/impact be factored-in? Assuming that time might ameliorate stochastic events, should fossil data be included in an island's fauna (Pedersen *et al.*, 2006; Steadman *et al.*,

1984a, 1984b)? Is there a disturbance frequency/severity threshold for bat extirpation, or could it be that we must wrestle with a complicated and resilient metapopulation of bats throughout the Lesser Antilles?


**Bat Biodiversity: Species-Area Curves**—The number of species found on an island is correlated with the size (area) of the island, the distance from a source area (continental area) and the diversity of habitats available, which in most cases is directly affected by elevation of the island (MacArthur and Wilson, 1967). When looking at species-area curves for mammals, birds, lizards, and insects throughout the Caribbean, z-values (slope of the regression line) range from 0.48 to 0.20, with highly vagile species exhibiting low z-values (Davies and Smith, 1998; Griffiths and Klingener, 1988; Morgan and Woods, 1986; Wilcox, 1980). Low z-values



**Figure 3.** Species area curve for Lesser and Greater Antillean bat faunas (after Pedersen *et al.*, 2009). Linear regression of log-transformed data:  $y = 0.17x + 0.49$  ( $R^2 = 0.81$ ).

suggest a greater propensity for dispersal or a reduced extinction rate relative to other West Indian biota (Davies and Smith, 1998). Not surprisingly, our z-value of 0.17 for bats is very low (Pedersen *et al.*, 2009; Fig. 3). We have also included fossil data, island elevation, and the treatment of different feeding guilds separately in our models, which has been productive in some cases (Pedersen *et al.*, 2005, 2006). Certainly, island elevation ameliorates the effect of small surface area on very small islands such as Saba (Genoways *et al.*, 2007a).





From the perspective of bat conservation, the relative position of an island above or below the “curve” is of great importance. Islands with relatively high levels of bat diversity appear above the line and can be attributed to (1) sufficient/diverse natural habitat; (2) close proximity to a source island; or (3) extensive biodiversity survey efforts. The position of an island below the “curve” may be attributed to (1) a dearth of habitat and/or habitat diversity due to island geology, history of natural disasters, or the impact of human activity; (2) the presence of a biological barrier that is difficult for bats to surmount; (3) a simple case of under-sampling due to a variety of reasons (Pedersen *et al.*, 2003), or even because (4) the demographics/natural history of each species is different and some species have yet to colonize the island (e.g., “old” invasions by *Myotis* and “recent” invasions like *Artibeus*).

Recent literature encourages the use of a new paradigm of island biogeography (Brown and Lomolino, 2000; Heaney, 2007; Lomolino, 2000a, b; Whittaker, 2000). Lomolino (2000a) and Brown and Lomolino (2000) list 3 limitations of equilibrium theory as species diversity (1) is not and may never be at equilibrium, (2) is shaped by variation in speciation, colonization, and extinction among taxa, and (3) is changed by differences among islands beyond area and isolation alone. With a better understanding of the complexity of the scales of nature (i.e. spatial, temporal, and ecological; Lomolino, 2000a; Whittaker, 2000), variables beyond the balance of immigration and extinction in island systems must be considered. Several alternatives and modifications to MacArthur and Wilson’s (1967) equilibrium theory of island biogeography have been suggested within the last decade (see Lomolino 2000b – hierarchical species-based model) and include the addition of more complex variables (including evolution) into the simplistic equilibrium model (Lomolino, 2000a; Whittaker, 2000). Removing evolution from the original model allowed MacArthur and Wilson (1967) to assume variation in species richness was controlled by area and isolation alone, and species abilities to colonize and propagate different islands were equivalent (Lomolino, 2000a). Additionally, Heaney (2007) comments on several of the aspects of a new paradigm, which include frequency of dispersal, variation in gene flow, factors affecting species diversification, correlation of island age and inhabiting species’ ages, species persistence on islands, and re-colonization of continents by island species.

**Dispersal patterns in the Lesser Antilles**—Terrestrial vertebrate movement along archipelagoes is thought to happen primarily by accidental rafting events (Censky *et al.*, 1998; Raxworthy *et al.*, 2002; Schoener *et al.*, 2001). For birds and bats, the question of dispersal is more complex because they are capable of flight (Fleming and Murray, 2009;


Koopman, 1977; Whittaker, 1998). Pumo *et al.* (1996) and Carstens *et al.* (2004) imply restricted dispersal ability among the islands for the cave-roosting endemic, *B. cavernarum*, resulting in isolated intra-island gene pools, whereas the Caribbean eurytopic *A. jamaicensis* showed little isolation and apparently more often among the islands. As these genetic data imply, and with the possible exception of *Noctilio leporinus*, Antillean bat species do not voluntarily move over water from one island to another on a regular basis (see also Fleming and Murray, 2009). Based on the available data, we conclude that tropical storms, not bat behavior, are responsible for insular dispersal and gene flow for bat populations living in the Lesser Antilles.

## Genetic-Level Diversity and Phylogeographic Patterns

What follows is a brief review of recent studies of the molecular systematics and phylogeography of Lesser Antillean bats (*Table 2*).

**Emballonuridae.**—The Lesser Antillean representative of this family, *Peropteryx trinitatis phaea* (sensu Simmons, 2005) from Grenada, has not been examined genetically. Lim *et al.* (2008) included specimens of *P. trinitatis* collected from northern South America and Trinidad in their analysis of New World Emballonurid bats. Their data show that *P. trinitatis* is genetically distinct from *P. macrotis*, therefore providing further evidence that *P. trinitatis* is a taxonomically valid species (see Brosset and Charles-Dominique, 1990). A detailed genetic analysis of specimens from Grenada, Trinidad, and Tobago is clearly warranted based on the observations by Genoways *et al.* (1998) regarding the morphological variability exhibited throughout this region.

**Mormoopidae.**—Lewis-Oritt *et al.* (2001a) and Davalos (2006) examined phylogenetic variation in both mitochondrial and nuclear DNA datasets from several species of *Pteronotus*. Davalos (2006) elevated the subspecies *P. parnellii rubiginosus* to species status and our molecular identifications of specimens from St. Vincent are congruent with this taxonomic arrangement. Thus, *P. rubiginosus* is the appropriate binomial for Lesser Antillean populations formally identified as *P. parnellii* on St. Vincent. Moreover, our analyses indicate a close relationship between St. Vincent and Suriname populations of *P. rubiginosus* (< 1% in cytochrome-b gene variation). This indicates colonization of the Lesser Antilles from northern South America by *P. rubiginosus*. Davalos (2006) also examined genetic variation within *Pteronotus davyi* and included specimens collected from Dominica in her analyses. The results of Davalos (2006) indicate a close relationship between *Pteronotus davyi* on Dominica and Trinidad, also indicating a northern South American origin for Lesser Antillean populations of this species.



**Noctilionidae.**—Lesser Antillean populations of *Noctilio leporinus* exhibit low (< 1.5%) mitochondrial DNA sequence variation across their distribution (Lewis-Oritt *et al.*, 2001b). This result indicates a fairly recent colonization of the Lesser Antilles by this species, most likely originating from northern South America. Moreover, the genetic data indicate multiple colonization events by *N. leporinus* into the Lesser Antilles (see Genoways *et al.*, 2010).

**Phyllostomidae.**—Of the Lesser Antillean representatives of the family Phyllostomidae, the most detailed phylogenetic analyses have been performed on the genus *Artibeus* (P. Larsen *et al.*, 2007; P. Larsen *et al.*, 2010; Phillips *et al.*, 1989; Phillips *et al.*, 1991; Pumo *et al.*, 1996). Collectively the data from *Artibeus* indicate recent (late Pleistocene/Holocene) colonization events by *A. jamaicensis* from Central America and *A. planirostris* and *A. lituratus* from northern South America (Genoways *et al.*, 2005; Genoways *et al.*, 2010; P. Larsen *et al.*, 2007; P. Larsen *et al.*, 2010). Perhaps the most interesting aspect of the genetic variation present in Lesser Antillean populations of *Artibeus* is found with the endemic *A. schwartzi*. Mitochondrial, nuclear, and morphological data indicate that contemporary populations of *A. schwartzi* on St. Vincent and throughout the Grenadines are the product of extensive hybridization among multiple species of *Artibeus* (see P. Larsen *et al.*, 2010). The potential hybrid origin for *A. schwartzi* and evolutionary significance of hybridization among multiple lineages of *Artibeus* is discussed in detail by P. Larsen *et al.* (2010). It should also be noted that the hybrid zone within Lesser Antillean populations of *Artibeus* coincides with the geographic position of Koopman's Line (Genoways *et al.*, 2010).

Relatively few studies have examined the patterns of genetic variation within the Lesser Antillean endemics *Brachyphylla cavernarum*, *Ardops nichollsi*, *Monophyllus plethodon*, *Chiroderma improvisum*, and *Sturnira thomasi*. Carstens *et al.* (2004), Davalos (2004), and Murray (2008) did examine genetic variation within *B. cavernarum*. Their results indicate (1) a close genetic relationship between *B. cavernarum* and *B. pumila* (< 3% in cytochrome-b gene sequence data), and (2) a recent expansion by *B. cavernarum* throughout the Lesser Antilles. The population genetic structure and molecular systematics of *Ardops nichollsi* has been investigated by Carstens *et al.* (2004), Davalos (2004), and Davalos (2007). Collectively the data from these studies indicate low sequence variation within *Ardops nichollsi* and a close genetic relationship between *Ardops* and *Ariteus*. These results are consistent with the hypothesis of a relatively recent origin (~ 2 million years ago) of the genus *Ardops* (Baker *et al.*, 2012). Baker *et al.* (1994) used cytochrome-b sequence data to examine interspecific relationships within the genus *Chiroderma*. This molecular marker inferred a sister relationship between *C. improvisum* and *C. villosum* (distributed in Central and South America), whereas the most

basal species in the genus, *C. salvini*, is found throughout Middle, Central and South America. This may indicate the ancestor of the Lesser Antillean lineage originated from Central or South America. Additional studies of *M. plethodon* and *S. thomasi* are ongoing.

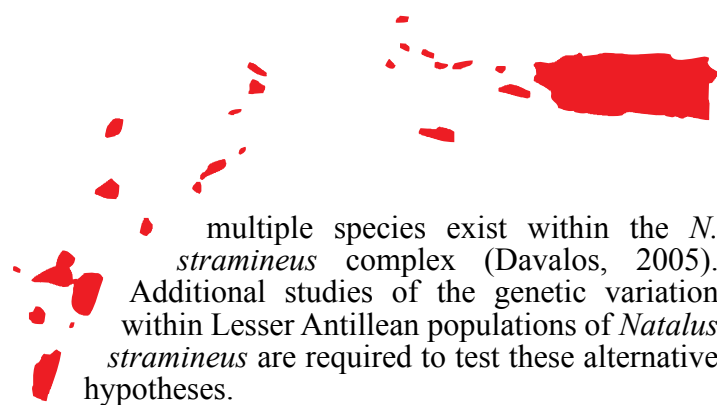
Phylogenetic analyses indicate that *M. buriri* is within the subgenus *Micronycteris* and is most closely related to specimens referable to *M. megalotis*. The cytochrome-b gene genetic distance values separate *M. buriri* from mainland members of the *M. megalotis* complex range from 1.9% (*M. buriri* versus Tobago *M. megalotis*) to 6.0% (*M. buriri* versus Suriname *M. megalotis*) (P. Larsen *et al.*, 2011).

Genetic data from *Glossophaga longirostris* (Hoffmann and Baker, 2001) indicate a close relationship among populations distributed from St. Vincent southward to Trinidad and Tobago, thus suggesting a colonization of the southern Lesser Antilles from northern South America. Robust genetic analyses of the remaining Lesser Antillean phyllostomids *Anoura geoffroyi*, *Dermanura bogotensis*, *Micronycteris megalotis*, and *Sturnira lilium*, are either absent or ongoing.

**Vespertilionidae.**—Ruedi and Mayer (2001) and Stadelmann *et al.*, (2007) included the Lesser Antillean endemics *Myotis dominicensis* and *M. martiniquensis* in their analyses of New World species of *Myotis*. Collectively, their data show a sister relationship between *M. dominicensis* and *M. martiniquensis*. However, these existing molecular datasets fail to elucidate the biogeographic origins of the Caribbean populations of *Myotis*. This failure is attributable to saturation of molecular markers and/or poor taxonomic sampling throughout Central and South America. Previous authors (using morphological data) have suggested the origins of Lesser Antillean *Myotis* are from South America (Baker and Genoways, 1978; LaVal, 1973; LaVal and Schwartz, 1974). A recent study by R. Larsen *et al.* (2012) indicates that the subspecies *M. m. nyctor* from Barbados is genetically and morphologically distinct from *M. martiniquensis*, warranting recognition of a third Caribbean endemic, which is most closely related to a population from Grenada.

**Natalidae.**—Davalos (2005) included specimens of *Natalus stramineus* collected from Dominica and Marie Galante in her examination of the genetic variation within Natalidae. Her results show that the mitochondrial lineages (cytochrome-b gene sequence data) within *N. stramineus* are paraphyletic with respect to *N. tumidirostris* from Trinidad. Several hypotheses could account for this result and include, (1) incomplete lineage sorting, (2) mitochondrial introgression subsequent to hybridization, or (3)






multiple species exist within the *N. stramineus* complex (Davalos, 2005). Additional studies of the genetic variation within Lesser Antillean populations of *Natalus stramineus* are required to test these alternative hypotheses.

**Molossidae.**—Phylogenetic analyses using molecular data from Lesser Antillean populations referable to *Molossus molossus* and *Tadarida brasiliensis* remain to be conducted. Genoways *et al.* (1981) and Timm and Genoways (2003) identified significant morphological variability among Antillean populations of *M. molossus* indicating that the species complex was in need of taxonomic revision. With respect to *T. brasiliensis*, there are subtle morphological differences that separate the subspecies *T. b. antillarum* and *T. b. constanzae* (Timm and Genoways, 2003). However, the significance of this variation remains to be determined and requires a taxonomic assessment of the entire *Tadarida brasiliensis* complex using molecular data.


## Bat Conservation Issues in the Lesser Antilles

The conservation of bats is not only important to maintain their contribution to island biodiversity, but because they are linked to the maintenance of other aspects of the region's fauna and flora. The maintenance of chiropteran fauna can best be served by three conservation actions treated separately below—preservation of caves, preservation of forests, and restoration of hydrological systems.

**Preservation/Protection of Caves**—At least 10 species of bats occurring in the Lesser Antilles are obligate cave roosters, or will roost in rock fissures/overhangs if caves are not available. Caves and their man-made equivalents (mines, wells, cisterns, abandoned buildings) provide critical refugia in times of natural disaster (Gannon and Willig, 1994; Pedersen *et al.*, 1996), and are one of the most critical limiting factors for several bat species (Genoways *et al.*, 2007a, 2007b, 2007c; Pedersen *et al.*, 2003, 2005, 2006). Conversely, cave roosts pose a risk to their occupants if the cave is destroyed suddenly (e.g., earthquakes, volcanic activity, human action; Genoways *et al.*, 2007b). Our observations indicate that most caves throughout the region are heavily impacted by human activities (vandalism, used as garbage dumps, buried beneath housing developments and roads, used as housing for livestock, and even modified for human habitation).



Conservation efforts often underestimate or even ignore the fragility of cave systems and the valuable hidden levels of biodiversity therein. Guano




produced by cave roosting bats is the primary energy source for entire ecosystems of obligate cave vertebrates, invertebrates, plants, and fungi. The protection of caves should be a priority for any island conservation effort.

**Preservation/Protection of Forests**—Several bat species utilize caves in a facultative manner, but more commonly roost in the cavities of large trees (living or dead), or in foliage roosts such as beards of several types of palm-tree. Foliage roosts pose a very different kind of conservation problem that involves the protection of forests. Healthy forests require healthy bat populations and healthy bat populations require healthy forests. Forests provide roosts, protection, and food resources for bats, in return, bats provide several vital functions for the forests, including insect control, pollination of a wide-variety of plant species, and the subsequent dispersal of plant seeds.

The 12 species of insectivorous bats occurring in the Lesser Antilles consume a wide variety of nocturnal insects and help control these insect populations. The nutrients represented by these insects are transported by insectivorous bats from the foraging areas back to their roosting sites thus contributing to the cycling of energy and nutrients through forest and cave ecosystems (Jones *et al.*, 2009).

More than 350 species of plant representing 44 plant families are bat-pollinated (Fleming *et al.*, 2009); bats play a vital role in maintaining the genetic diversity in tropical plant communities (Fleming *et al.*, 2009; Quesada *et al.*, 2004). Bat-pollinated plants include large tropical forest trees, such as kapok (*Ceiba pentandra*), sandbox tree (*Hura crepitans*), and royal palm (*Roystonea regia*), to cactus (*Neobuxbaumia euphorbioides*), and agave (*Agave angustifolia*) (Fleming *et al.*, 2009). Native fruit trees, such as guava (*Psidium guajava*) and the introduced banana (*Musa paradisiaca*) also are pollinated by bats (Soto-Centeno and Kurta, 2006). Bats do not specialize in pollinating a single species of plant, but visit a range of species available in their habitat (Heithaus *et al.*, 1975; Muchhala and Jarrín-V., 2002; Nassar *et al.*, 2003; Soto-Centeno and Kurta, 2006; Tschapka *et al.*, 2008; Quesada *et al.*, 2004). Bats are excellent pollinators because they readily overcome distances between various plants and carry heavier pollen loads than other pollinators (e.g., insects, birds).

The 15 species of phyllostomid bats occurring in the Lesser Antilles are involved in the pollination and seed dispersal of some ecologically and economically important plant species (Howe and Miriti, 2004; Jones *et al.*, 2009). Bats frequently disperse seeds of pioneer plants (e.g., *Cecropia*, *Solanum*, *Piper*) critical to the revegetation of areas that had been cleared for agriculture or that have been heavily damaged by hurricanes or volcanic eruptions (Jones *et al.*, 2009; Kelm *et al.*, 2008; Martínez-Garza and González-Montagut, 2002; Medellín and



Gaona, 1999). Although birds have long been credited as seed dispersers, Medellín and Gaona (1999) found that bats account for more than half of the "seed rain" in a variety of tropical forest habitats in southern Mexico.

**Protection and Restoration of Hydrological Systems**—Perhaps most importantly, healthy forests are vital to the maintenance of an island's hydrologic system of small streams, aquatic habitats, soil moisture levels, the humidity of numerous microhabitats and ecological niches, and all of the biodiversity that these represent.

Many hydrological systems throughout the Lesser Antilles have been dramatically altered for human consumption and irrigation of crops, sometimes with great damage to the entire ecosystem (Genoways *et al.*, 2007b). Protection of fresh water resources is imperative for any and all conservation efforts. Real estate development and road construction must be done more carefully with consideration for deforestation and water runoff. If sedimentation is reduced, we can limit damage to natural springs and natural hydrological cycles. Healthy hydrologic systems help insure clean water resources and this benefits forests, wildlife, and the human populations on these islands.

Our use of molecular-based studies adds to the previous faunal and ecological surveys (at various time frames and in variable environmental conditions and habitats) by increasing our understanding of the genetic variation in the bat fauna of the Lesser Antilles, in light of a modern theory of island biogeography. This broadens our understanding of the complex patterns and processes influencing island systems and island biota.

The conservation needs of bats are relatively straightforward; their foraging areas and roost sites must be preserved. Where possible, forests should be protected. This could be accomplished in several ways: land purchase by local governments/NGOs, or by reforestation programs as part of a wildlife management option. Forests could also be preserved by establishing wildlife management zones according to areas of conservation priority, species priority, land-ownership, etc. Where possible forest enrichment could be achieved by planting native species and forest habitat could be enhanced by creating corridors between forest fragments. Where possible, water resources should be maintained or restored to support plant and animal communities that are not only vital to the health of bats and forests, but to that of humans as well. Roost sites such as caves must also be protected but deep sheltered ravines on some of the more mountainous islands also provide significant roosting options and refuge during large storms. Perhaps deep ravines and caves should be viewed as ecological equivalents from both evolutionary and animal conservation perspectives.

There is a tremendous need to increase awareness and to educate the public about local bats. Without public involvement in conservation, bat populations and everything that relies on them will suffer. Awareness and education can be accomplished by creating displays and information kiosks at local festivals and agricultural fairs. Wildlife management agencies can work with local schools to develop youth-based conservation programs for native species and sustainable development. Simple information booklets can be printed and distributed to encourage the planting of native fruit trees on both public and private lands that will in turn support a wide range of native bird and bat species.

We are left with a great many questions with regards to conservation efforts and biodiversity survey data for Lesser Antillean bats. Many of these questions relate to how our survey data can be integrated into conservation and management decisions that impact a broad range of biodiversity. We have a great deal of work yet to do.

**Acknowledgments** — Our thanks go to innumerable Forestry and Environment Officers on over a dozen islands for providing their support over the last 20 years. Material and curatorial support was provided primarily by the Division of Zoology of the University of Nebraska State Museum and by the Natural Science Research Laboratory of the Museum of Texas Tech University.

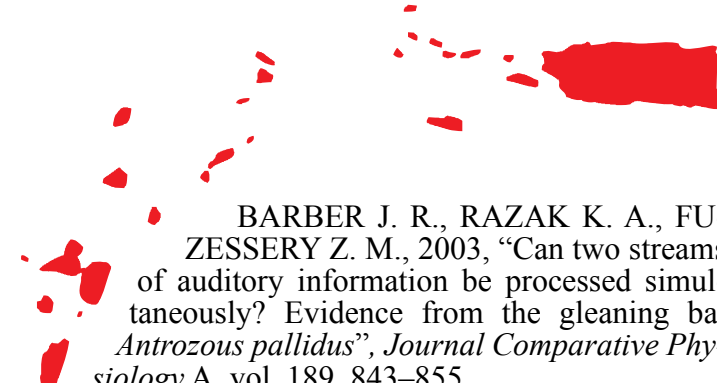
### Literature cited

BAKER R. J., BININDA-EMONDS O. R. P., MANTILLA-MELUK H., PORTER C. A., VAN DEN BUSSCHE R. A., 2012, "Molecular timescale of diversification of feeding strategy and morphology in New World leaf-nosed bats (Phyllostomidae): a phylogenetic perspective. In Evolutionary history of bats: fossils, molecules and morphology", Gunnell G. F, Simmons N. B. (eds.), *Cambridge Studies in Molecules and Morphology – New Evolutionary Paradigms*, Cambridge, Cambridge University Press.

BAKER R. J., GENOWAYS H. H., 1978, "Zoogeography of Antillean bats". *Academy Natural Science of Philadelphia Special Publications*, Special Publication, No. 13, 563-597.

BAKER R. J., TADDEI V. A. HUDGEONS J. L., VAN DEN BUSSCHE R. A., 1994, "Systematic relationships within *Chiroderma* (Chiroptera: Phyllostomidae) based on cytochrome-B sequence variation", *Journal of Mammalogy*, vol. 75, No. 2, 321-327.





BARBER J. R., RAZAK K. A., FUZESSERY Z. M., 2003, "Can two streams of auditory information be processed simultaneously? Evidence from the gleaning bat *Antrozous pallidus*", *Journal Comparative Physiology A*, vol. 189, 843–855.

BARLOW K. E., VAUGHAN N., JONES K. E., RODRÍGUEZ-DURÁN A., GANNON M. R., 2000, "Are bats which pollinate and disperse forest plants particularly sensitive to disturbance? A case study on the effects of Hurricane Georges on bats of Puerto Rico", *Bulletin of the British Ecological Society*, vol. 31, 36-37.

BERRY N., O'CONNOR W., HOLDERIED M. W., JONES G., 2004, "Detection and avoidance of harp traps by echolocating bats", *Acta Chiropterologica*, vol. 62, 335-346.

BROSSET A., CHARLES-DOMINIQUE P., 1990, "The bats from French Guiana: a taxonomic, faunistic and ecological approach", *Mammalia*, vol. 54, No. 4, 509-560.

BROWN J. H., LOMOLINO M. V., 2000. "Concluding remarks: Historical perspective and the future of island biogeography theory", *Global Ecology and Biogeography*, vol. 9, 87-92.


CARSTENS B. C., SULLIVAN J., DÁVALOS L. M., LARSEN P. A., PEDERSEN S. C., 2004, "Exploring population and genetic structure in three species of Lesser Antillean bats", *Molecular Ecology*, vol. 13, No. 9, 2557-2566.

CENSKY E. J., HODGE K., DUDLEY J., 1998, "Over-water dispersal of lizards due to hurricanes", *Nature*, vol. 395, 556.


DAVALOS L. M., 2004, "Phylogeny and biogeography of Caribbean mammals", *Biological Journal of the Linnean Society*, vol. 81, No. 3, 373-394.

DAVALOS L. M., 2005, "Molecular phylogeny of funnel-eared bats (Chiroptera: Natalidae), with notes on biogeography and conservation", *Molecular Phylogenetics and Evolution*, vol. 37, No. 1, 91-103.

DAVALOS L. M., 2006, "The geography of diversification in the mormoopids (Chiroptera: Mormoopidae)", *Biological Journal of the Linnean Society*, vol. 88, No. 1, 101-118.



DAVALOS L. M., 2007, "Short-faced bats (Phyllostomidae: Stenodermatina): a Caribbean radiation of strict frugivores", *Journal of Biogeography*, vol. 34, No. 2, 364-375.



DAVIES N., SMITH D. S., 1998, "Munroe revisited: a survey of West Indian butterfly faunas and their species-area relationship", *Global Ecology and Biogeography Letters*, vol. 7, 285-294.

FENTON M. B., ACHARYA L., AUDET D., HICKEY M. B., MERRIMAN C., OBRIST M. K., SYME D., 1992, "Phyllostomid bats (Chiroptera: Phyllostomidae) as indicators of habitat disruption in the Neotropics", *Biotropica*, vol. 24, 440-446.

FLEMING T. H., GEISELMAN C., KRESS W. J., 2009, "The evolution of bat pollination: a phylogenetic perspective", *Annals of Botany*, vol. 104, 1017-1043.

FLEMING T. H., MURRAY K. L., 2009, "Population and genetic Consequences of hurricanes for three species of West Indian phyllostomid bats", *Biotropica*, vol. 41, 250–256.

GANNON M. R., WILLIG M. R., 1994, "The effects of Hurricane Hugo on bats of the Luquillo Experimental Forest of Puerto Rico", *Biotropica*, vol. 26, 320-331.

GENOWAYS H. H., 1998, "Two new species of bats of the Genus *Sturnira* from the Lesser Antilles, West Indies", *Occasional Papers of the Museum, Texas Tech University*, No. 176, 1-7.


GENOWAYS H. H., BAKER R. J., BICKHAM J. W., PHILLIPS C. J., 2005, "Bats of Jamaica". *Special Publications, Museum of Texas Tech University*, No. 48, 1-155.

GENOWAYS H. H., DOWLER R. C., CARTER C. H., 1981, "Intra- and interisland variation in Antillean populations of *Molossus molossus* (Mammalia: Molossidae)", *Annals of Carnegie Museum*, vol. 50, No. 20, 475-492.

GENOWAYS H. H., KWIECINSKI G. G., LARSEN P. A., PEDERSEN S. C., LARSEN R. J., HOFFMAN J. D., DE SILVA M., PHILLIPS C. J., BAKER R. J., 2010, "Bats of the Grenadine islands, West Indies, and placement of Koopman's Line", *Chiroptera Neotropical*, vol. 16, No. 1, 501-521.

GENOWAYS H. H., LARSEN P. A., PEDERSEN S. C., HUEBSCHMAN J. J., 2007a. "Bats of Saba, Netherlands Antilles". *Acta Chiropterologica*, vol. 9, 91-114.

GENOWAYS H. H., PEDERSEN S. C., LARSEN P. A., KWIECINSKI G. G., HUEBSCHMAN J. J., 2007b, "Bats of Saint Martin, French West Indies/Sint Maarten, Netherlands Antilles", *Mastozoologia Neotropical*, vol. 14, No. 2, 169-188.



GENOWAYS H. H., PEDERSEN S. C., PHILLIPS C. J., GORDON L. K., 2007c, "Bats of Anguilla, Northern Lesser Antilles". *Occasional Papers of the Museum, Texas Tech University*, No. 270, 1-12.

GENOWAYS H. H., PHILLIPS C. J., BAKER R. J., 1998, "Bats of the Antillean island of Grenada: a new zoogeographic perspective", *Occasional Papers, Museum of Texas Tech University*, No. 177, 1-32.

GENOWAYS H. H., TIMM R. M., BAKER R. J., PHILLIPS C. J., SCHLITTER D. A., 2001, "Bats of the West Indian island of Dominica: natural history, areography, and trophic structure", *Special Publication, Museum of Texas Tech University*, No. 43, 1-44.

GRIFFITHS T. A., KLINGENER D., 1988, "On the distribution of Greater Antillean bats". *Biotropica*, vol. 20, 240-251.

HEANEY L. R., 2007, "Is a new paradigm emerging for oceanic island biogeography?", *Journal of Biogeography*, vol. 34, 753-757.

HEITHAUS E. R., FLEMING T. H., OPLER P. A., 1975, "Foraging patterns and resources utilization in seven species of bats in a seasonal tropical forest", *Ecology*, vol. 56, 841-854.

HOFFMANN F. G., BAKER R. J., 2001, "Systematics of bats of the genus *Glossophaga* (Chiroptera: Phyllostomidae) and phylogeography in *G. soricina* based on the cytochrome-b gene", *Journal of Mammalogy*, vol. 82, No. 4, 1092-1101.

HOWE H. F., MIRITI M. N., 2004, "When seed dispersal matters", *BioScience*, vol. 54, 651-660.

JONES G., JACOBS D. S., KUNZ T. H., WILLIG M. R., RACEY P. A., 2009, "*Carpe noctem*: importance of bats as bioindicators", *Endangered Species Research*, vol. 8, 93-115.

KELM D. H., WIESNER K. R., VON HELVERSEN O., 2008, "Effects of artificial roosts for frugivorous bats on seed dispersal in a Neotropical forest pasture mosaic", *Conservation Biology*, vol. 22, 733-741.

KOOPMAN K. F., 1977, "Zoogeography", in Baker R. (ed.), *Biology of the bats of the New World Family Phyllostomatidae, Special Publication of the Museum, Texas Tech University*, Lubbock, 39-47.

KWIECINSKI G. G., PEDERSEN S. C., 2002, "Montserrat redux-recovery: role of reproduction in plant-visiting bats", *Bat Research News*, vol. 43, 159A.

LANG A. B., WEISE C. D., KALKO E. K. V., ROEMER H., 2004, "The bias of bat netting", *Bat Research News*, vol. 45, 235A.

LARSEN P. A., SILES L., PEDERSEN S. C., KWIECINSKI G. G., 2011, "A new species of *Micronycteris* (Chiroptera: Phyllostomidae) from Saint Vincent, Lesser Antilles," *Mammalian Biology*, vol. 76, 687-700.

LARSEN R. J., LARSEN P. A., GENOWAYS H. H., CATZEFLIS F. M., GELUSO K., KWIECINSKI G. G., PEDERSEN S. C., SIMAL F., BAKER R. J., 2012, "Evolutionary history of Caribbean species of *Myotis*, with evidence of a third Lesser Antillean endemic," *Mammalian Biology*, vol. 77, 124-134.

LARSEN P. A., GENOWAYS H. H., PEDERSEN S. C., 2007, "New records of bats from Saint Barthélemy, French West Indies," *Mammalia*, vol. 70, 321-325.

LARSEN P. A., HOOFER S. R., BOZEMAN M. C., PEDERSEN S. C., GENOWAYS H. H., PHILLIPS C. J., PUMO D. E., BAKER R. J., 2007, "Phylogenetics and phylogeography of the *Artibeus jamaicensis* complex based on cytochrome-b DNA sequences", *Journal of Mammalogy*, vol. 88, No. 3, 712-727.

LARSEN P. A., MARCHAN-RIVADENEIRA M. R., BAKER R. J., 2010, "Natural hybridization generates mammalian lineage with species characteristics", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 107, No. 25, 11447-11452.


LARSEN R. J., BOEGLER K. A., CUDMORE K. W., KOLBA J. C., PEDERSEN S. C., 2006, "Montserrat: Mist-Net Bias and Accumulation Curves", *Bat Research News*, vol. 47, 121A.

LARSEN R. J., BOEGLER K. A., GENOWAYS H. H., MASEFIELD W. P., KIRSCH R. A., PEDERSEN S. C., 2007, "Mist-net bias, species accumulation curves, and the rediscovery of two bats on Montserrat (Lesser Antilles)", *Acta Chiropterologica*, vol. 9, 423-435.

LARSEN R. J., BOEGLER K. A., PEDERSEN S. C., 2005, "Mist Netting Bias on Montserrat", *Bat Research News*, vol. 46, 191A.

LAVAL R. K., 1973, "A revision of the neotropical bats of the genus *Myotis*", *Bulletin of the Natural History Museum of Los Angeles County*, No. 15, 1-54.





LAVAL R. K., 2004, "Impact of global warming and locally changing climate on tropical cloud forest bats", *Journal of Mammalogy*, vol. 85, 237-244.

LAVAL R. K., SCHWARTZ A., 1974, "A new bat of the genus *Myotis* from Barbados", *Caribbean Journal of Science*, vol. 14, No. 3-4, 189-191.

LEWIS-ORITT N., PORTER C. A., BAKER R. J., 2001a, "Molecular systematics of the family Mormoopidae (Chiroptera) based on cytochrome b and recombination activating gene 2 sequences", *Molecular Phylogenetics and Evolution*, vol. 20, No. 3, 426-436.

LEWIS-ORITT N., VAN DEN BUSSCHE R. A., BAKER R. J., 2001b, "Molecular evidence for evolution of piscivory in *Noctilio* (Chiroptera: Noctilionidae)", *Journal of Mammalogy*, vol. 82, No. 3, 748-759.

LIM B. K., ENGSTROM M. D., BICKHAM J. W., PATTON J. C., 2008, "Molecular phylogeny of New World sheath-tailed bats (Emballonuridae: Diclidurini) based on loci from the four genetic transmission systems in mammals", *Biological Journal of the Linnean Society*, vol. 93, No. 1, 189-209.

LOMOLINO M. V., 2000a, "A call for a new paradigm of island biogeography", *Global Ecology and Biogeography*, vol. 9, No. 1, 1-6.


LOMOLINO M. V., 2000b, "A species-based theory of insular zoogeography", *Global Ecology and Biogeography*, vol. 9, No. 1, 39-58.

MACARTHUR R. H., WILSON E. O., 1967, *The theory of island biogeography*, Princeton, NJ, Princeton University Press.

MARTÍNEZ-GARZAC., GONZÁLEZ-MONTAGUT R., 2002, "Seed rain of fleshy-fruited species in tropical pastures in Los Tuxtlas, Mexico", *Journal of Tropical Ecology*, vol. 18, 457-462.

MEDELLÍN R. A., GAONA O., 1999, "Seed dispersal by bats and birds in forest and disturbed habitats of Chiapas, Mexico", *Biotropica*, vol. 31, 478-485.

MORGAN G. S., WOODS C. A., 1986, "Extinction and the zoogeography of West Indian land mammals", *Biological Journal of the Linnaean Society*, vol. 28, 167-203.



MUCHHALA N., JARRÍN-V, P., 2002, "Flower visitation by bats in cloud forests of western Ecuador", *Biotropica*, vol. 34, 387-395.

MURRAY K. L., 2008, "The genetic structure and mating systems of the buffy flower bat (*Erophylla sezekorni*)", PhD dissertation, University of Miami, Miami, FL, USA.

NASSAR J. M., BECK H., DA S. L. STERNBERG L., FLEMING T. H., 2003, "Dependence on cacti and agaves in nectar-feeding bats from Venezuelan arid zones", *Journal of Mammalogy*, vol. 84, 106-116.

PEDERSEN S. C., GENOWAYS H. H., FREEMAN P. W., 1996, "Notes on the bats from Montserrat (Lesser Antilles), with comments concerning the effects of Hurricane Hugo", *Caribbean Journal of Science*, vol. 32, 206-213.

PEDERSEN S. C., GENOWAYS H. H., MORTON M. N., JOHNSON J. W., COURTS S. E., 2003, "Bats of Nevis, northern Lesser Antilles", *Acta Chiropterologica*, vol. 5, 251-267.

PEDERSEN S. C., GENOWAYS H. H., MORTON M. N., KWIECINSKI G. G., COURTS S. E., 2005, "Bats of St. Kitts (St. Christopher), northern Lesser Antilles, with comments regarding capture rates of Neotropical bats", *Caribbean Journal of Science*, vol. 41, 744-760.

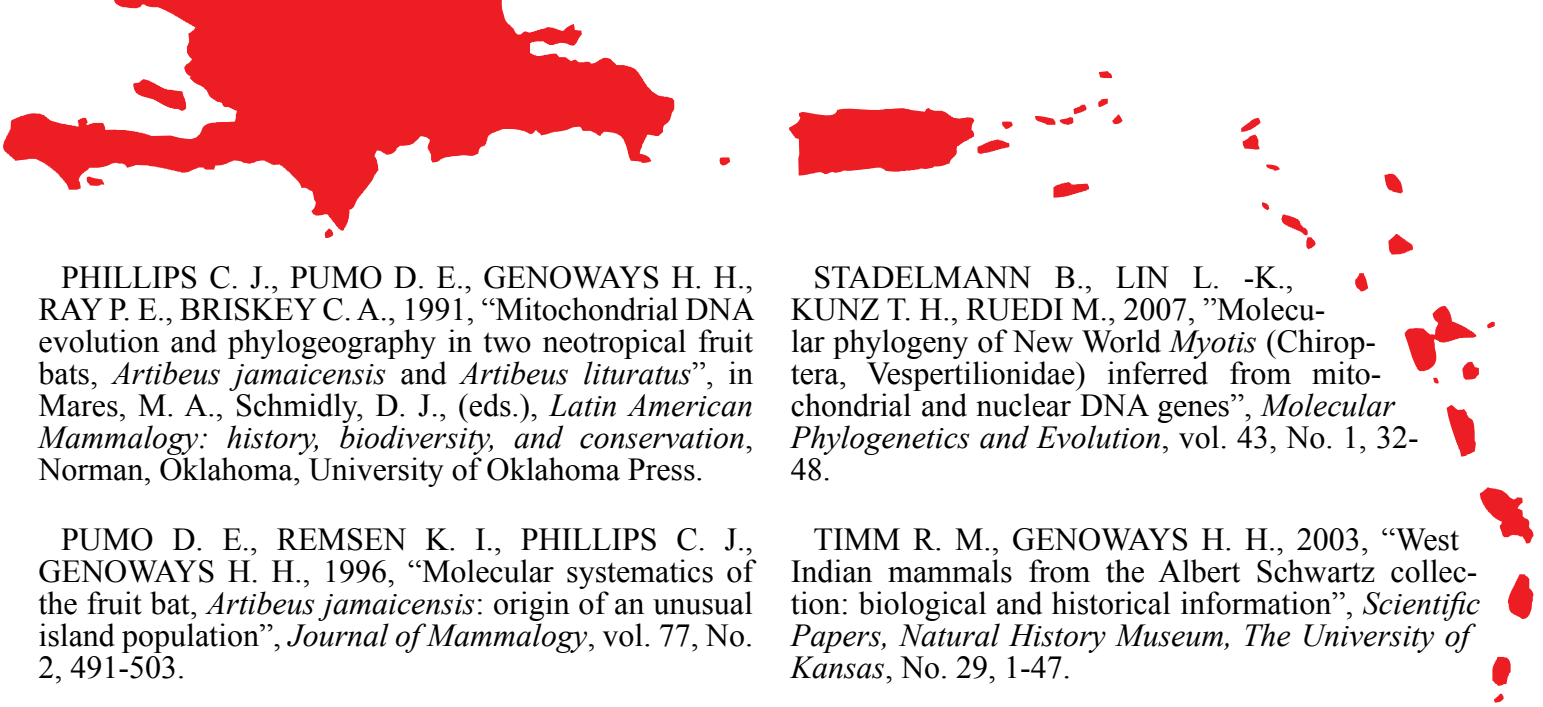
PEDERSEN S. C., GENOWAYS H. H., MORTON M. N., SWIER V. J., LARSEN P. A., LINDSAY K. C., ADAMS R. A., APPINO J. D., 2006, "Bats of Antigua, northern Lesser Antilles", *Occasional Papers of the Museum, Texas Tech University*, No. 249, 1-18.

PEDERSEN S. C., KWIECINSKI G. G., LARSEN P. L., MORTON M. N., ADAMS R. A., GENOWAYS H. H., SWIER V. J., 2009, "Bats of Montserrat: Population fluctuation in response to hurricanes and volcanoes, 1978-2005", in Fleming T. H., Racey P. A. (eds.), *Island Bats, Evolution, Ecology and Conservation*, Chicago, University of Chicago Press, 302-340.

PEDERSEN S. C., LARSEN P. A., GENOWAYS H. H., MORTON M. N., LINDSAY K. C., CINDRIC J., 2007, "Bats of Barbuda, Northern Lesser Antilles", *Occasional Papers of the Museum, Texas Tech University*, No. 271, 1-19.

PHILLIPS C. J., PUMO D. E., GENOWAYS H. H., RAY P. E., 1989, "Caribbean island zoogeography: a new approach using mitochondrial DNA to study Neotropical bats", in Woods C. A., (ed.), *Biogeography of the West Indies*, Gainesville, Florida, Sandhill Crane Press.





PHILLIPS C. J., PUMO D. E., GENOWAYS H. H., RAY P. E., BRISKEY C. A., 1991, "Mitochondrial DNA evolution and phylogeography in two neotropical fruit bats, *Artibeus jamaicensis* and *Artibeus lituratus*", in Mares, M. A., Schmidly, D. J., (eds.), *Latin American Mammalogy: history, biodiversity, and conservation*, Norman, Oklahoma, University of Oklahoma Press.

PUMO D. E., REMSEN K. I., PHILLIPS C. J., GENOWAYS H. H., 1996, "Molecular systematics of the fruit bat, *Artibeus jamaicensis*: origin of an unusual island population", *Journal of Mammalogy*, vol. 77, No. 2, 491-503.

QUESADA M., STONER K. E., LOBO J. A., HERRERIAS-DIEGO Y., PALACIOS-GUEVARA C., MUNGUÍA-ROSAS M. A., O-SALAZAR K. A., ROSAS-GUERRERO V., 2004, "Effects of forest fragmentation on pollinator activity and consequences for plant reproductive success and mating patterns in bat-pollinated Bombacaceae trees", *Biotropica*, vol. 36, 131-138.

RAXWORTHY C. J., FORSTNER M. R. J., NUSSBAUM R. A., 2002, "Chameleon radiation by oceanic dispersal", *Nature*, vol. 415, 784-786.

RUEDI M., MAYER F., 2001, "Molecular systematics of bats the genus *Myotis* (Vespertilionidae) suggests deterministic ecomorphology convergences", *Molecular Phylogenetics and Evolution*, vol. 21, No. 3, 436-448.

SCHOENER T. W., SPILLER D. A., LOSOS J. B., 2001, "Natural restoration of the species-area relation for a lizard after a hurricane", *Science*, vol. 294, 1525-1528.

SIMMONS N. B., 2005, "Order Chiroptera", in Wilson D. E., Reeder D. M. (eds.), *Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference*, 3rd ed., Baltimore, Maryland, Johns Hopkins University Press.

SIMMONS N. B., VOSS R. S., 1998, "The mammals of Paracou, French Guiana, a Neotropical lowland rainforest fauna. Part 1, Bats", *Bulletin American Museum of Natural History*, No. 237.

SOTO-CENTENO J. A., KURTA A., 2006, "Diet of two nectarivorous bats, *Erophylla sezekorni* and *Monophyllus redmani* (Phyllostomidae), on Puerto Rico", *Journal of Mammalogy*, vol. 87, 19-26.

SPEED R. C., KELLER C. A., 1993, "Synopsis of the geological evolution of Barbados", *Journal of the Barbados Museum and Historical Society*, vol. 61, 113-139.

STADELMANN B., LIN L.-K., KUNZ T. H., RUEDI M., 2007, "Molecular phylogeny of New World *Myotis* (Chiroptera, Vespertilionidae) inferred from mitochondrial and nuclear DNA genes", *Molecular Phylogenetics and Evolution*, vol. 43, No. 1, 32-48.

TIMM R. M., GENOWAYS H. H., 2003, "West Indian mammals from the Albert Schwartz collection: biological and historical information", *Scientific Papers, Natural History Museum, The University of Kansas*, No. 29, 1-47.

TSCHAPKA M., SPERR E. B., CABALLERO-MARTÍNEZ L. A., MEDELLÍN R. A., 2008, "Diet and cranial morphology of *Musonycteris harrisoni*, a highly specialized nectar-feeding bat in western Mexico", *Journal of Mammalogy*, vol. 89, 924-932.

WHITTAKER R. J., 1998, *Island biogeography: ecology, evolution, and conservation*, Oxford, Oxford University Press.

WHITTAKER R. J., 2000, "Scale, succession and complexity in island biogeography: are we asking the right questions?", *Global Ecology and Biogeography*, vol. 9, No. 1, 75-85.

WILCOX B. A., 1980, "Insular ecology and conservation", in Soulé M. E., Wilcox B. A. (eds.), *Conservation Biology*, Sunderland, Massachusetts, Sinauer Associates, 95-118.



# Introduced amphibians and reptiles in the Lesser Antilles

Robert POWELL, Robert W. HENDERSON, Gad PERRY, Michel BREUIL, Christina M. ROMAGOSA

## Introduction

Dispersal is a common and natural phenomenon, although long-distance dispersal is typically rare (Nathan *et al.*, 2003; Trakhtenbrot *et al.*, 2005). Human-aided dispersal is becoming increasingly common, and often occurs over great distances. The number of amphibians and reptiles being moved to non-native locations is growing (Lever, 2003; Kraus, 2009; Powell *et al.*, 2011), as are reports of their ecological and economic impacts (e.g., Bomford *et al.*, 2009), despite the inadequate attention paid to documenting them (McGeoch *et al.*, 2010). Globally, human-transported non-native species are among the top three causes of biodiversity loss (Clavero and García-Berthou, 2005; McGeoch *et al.*, 2010), and non-native reptiles and amphibians are known to cause both ecological and economic problems.

The Lesser Antilles (LA), with extensive tourism in many areas and limited local production of essential items such as food and building materials, are at especially high risk. Herpetological introductions in the region are not new. Felix-Louis L'Herminier, as director of the “Jardin de naturalization de la Guadeloupe” in the early 19th century, had a goal of introducing and acclimating new species to the island (Breuil, 2002, 2003). Among the species he attempted to establish were three turtles, *Kinixys erosa*, *Kinixys homeana*, and *Pelusios castaneus*, which are native to western Africa and which he might have purchased from slave traders. In addition, his son, François-Joseph, visited Puerto Rico and caught *Trachemys stejnegeri*, which was liberated in Marie-Galante, where his father was a chemist in 1802. Other 19th-century reports include Schomburgk (1848), Feilden (1889), and Boulenger (1891). Modern reports are numerous and highly dispersed, despite efforts of Lever (2003) and Kraus (2009) to collate them. Our goal in this paper is to summarize what is known about herpetological introductions in the region, the mechanisms that allow them, and their effects in this wide geographical area.

By their nature, islands are more isolated than mainland sites, yet over-water dispersal still occurs naturally (e.g., Censky *et al.*, 1998). We exclude such

instances from the current analysis, which focuses on human-aided extra-limital dispersal events. We hope that the broad patterns that emerge—in particular, the primacy of a small number of arrival mechanisms—will encourage a coordinated regional policy response and help reduce negative economic and ecological impacts.

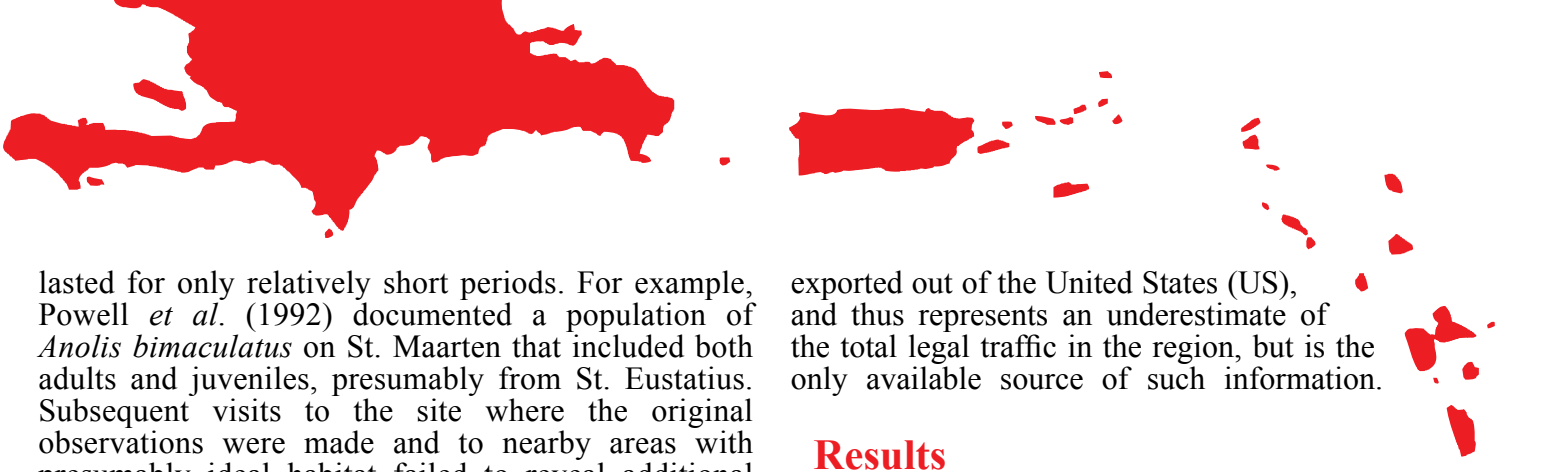
## Materials and Methods

In order to develop an overview of all introductions of amphibians or reptiles in the region, we exhaustively reviewed the pertinent literature, much of which was reviewed previously in Kraus (2009), Henderson and Powell (2009), and Powell *et al.* (2011). In fact, this survey is a geographically restricted portion of the latter (which covered the greater Caribbean), complemented with new records and information. Unfortunately, records of “benign” non-native arrivals and dispersal are notoriously incomplete (McGeoch *et al.*, 2010). We therefore supplemented the literature accounts with our own personal experiences, collected over several decades of working in the region, and with additional information from well-informed persons working or residing in the region.

We organize our text taxonomically. Written accounts identify (when known), the arrival mechanism (often as identified in Kraus, 2009), and whether this was a one-time arrival, a repeated incursion, or an established population. However, the origins of some populations—whether they arrived naturally or were human-mediated—remain uncertain. Locations are detailed in Tables 1 and 2, which also provide citations in order to assist readers seeking information regarding the sources or fates of introductions unrelated (Table 1) and related to (Table 2) conservation and research efforts. To avoid duplication, we do not consistently distinguish arrivals to single islands within island groups or banks (e.g., satellites of major islands, the Grenadines, the Guadeloupean Archipelago) from arrivals to an entire island group.

Not all introductions are successful. Reports of one-time arrivals (e.g., Powell *et al.*, 2005) are uncommon in the literature, although they provide valuable information on vectors, propagule pressure, and times of arrival. In some instances, we report the presence of ephemeral populations, although many





lasted for only relatively short periods. For example, Powell *et al.* (1992) documented a population of *Anolis bimaculatus* on St. Maarten that included both adults and juveniles, presumably from St. Eustatius. Subsequent visits to the site where the original observations were made and to nearby areas with presumably ideal habitat failed to reveal additional individuals. When known, we indicate such outcomes. However, some populations indicated as established may yet fail, and some failures almost certainly have gone undocumented. Moreover, transport of native species from island to island (e.g., Perry *et al.*, 2006) is rarely documented, although it may have significant genetic effects. Consequently, our data certainly underestimate the number of introductions in the region.

The source of introduced populations is only sometimes known, even when the event was recent. Generally, we are even less certain of sources for older introductions. For example, Amerindians and early European colonists almost certainly intentionally transported tortoises (*Chelonoidis carbonaria*) and iguanas (*Iguana iguana*) from the mainland to islands or from one island to another (e.g., Censky, 1988; Powell, 2004b; Powell *et al.*, 2005). Descendants of those animals might have interbred with animals descended from ancestors that arrived via natural over-water dispersal and animals introduced more recently, many in association with the burgeoning pet trade. Because of this complex and poorly documented history, whether particular populations of some species were established with human mediation cannot be determined with any certainty. Similarly, house geckos (*Hemidactylus mabouia*) are of African origin (e.g., Kluge, 1969; Vanzolini, 1978). Whether American populations were established as a consequence of natural trans-Atlantic dispersal (see discussion in Mausfeld *et al.*, 2002) or were human-mediated is unknown (e.g., Hedges, 1996). Late Quaternary fossils on Guadeloupe (Pregill *et al.*, 1994) are indicative of a prolonged presence in the region, although Breuil (2002, 2009) noted that only one species of gecko (*Thecadactylus rapicauda*) was known from the region at the time of colonization. However, once established in the Western Hemisphere, populations might have dispersed naturally to Caribbean islands; and such dispersal might have been facilitated by human activities or extant populations might be descendants of ancestors arriving by both means. Herein, we omit the species from our list of introduced populations, with the implicit assumption that at least some of the Lesser Antillean populations are natural, although they might frequently be supplemented with individual stowaways.

We obtained data on the live animal trade during the years 1998-2008 from the United States Fish and Wildlife Service (USFWS) Law Enforcement Management Information System (LEMIS) database. This database only records animals coming into or

exported out of the United States (US), and thus represents an underestimate of the total legal traffic in the region, but is the only available source of such information.


## Results

Excluding introductions for research or conservation purposes (Table 2; four reptiles, all from within the region), our literature review and ancillary information provided documentation for 163 introductions of 61 species: 10 species of amphibians (16.4%) and 51 reptilian species (83.6%) in the Lesser Antilles (Tables 1). Of those introductions, 108 (66.3%) resulted in populations that were at least temporarily established. Subsequent failures of populations established for at least short periods of time have been recorded in only nine instances (plus one introduction for research purposes). Nine species (14.8%) were native to other Lesser Antillean islands and 52 (85.2%) presumably were native to areas outside the region. Most of the latter originated in the Western Hemisphere (n = 41, 78.8%), but 11 (21.2%) were from the Eastern Hemisphere. Some of those might have been established by individuals from regional captive-breeding programs supplying the international live animal trade, and some Caribbean populations of *Rhinella marina*, *Iguana iguana*, and *Gymnophthalmus underwoodi* might be native, but their exact origins remain unclear. A growing number of introductions (n = 19, 11.7% of all introductions) represents introduced species that became established in Florida and were then secondarily introduced into the region. All are attributable to three species (*Osteopilus septentrionalis*, *Anolis sagrei*, *Ramphotyphlops braminus*), but other species prominent in the pet trade (e.g., *Iguana iguana*) might also have originated from introduced populations in Florida.

Most species have become established on only one or two islands, but at least 15 species have been introduced to three or more islands or island groups in the region. Although many of the introduced populations are limited to human-dominated habitats, such as urban areas, at least some (e.g., *Rhinella marina*, *Eleutherodactylus johnstonei*, *Iguana iguana*) have successfully invaded natural habitats. Known effects on native species in the region include predation, competition, hybridization, confounding conservation/education programs, and possibly introducing alien disease vectors.

Strays (documented arrivals of one or a few individuals with no evidence of reproduction) represent 33.7% (n = 55) of all documented introductions. These include nine introductions of amphibians and 46 of reptiles, plus two amphibian and three reptilian introductions for which the status is unknown and which are presumed to have been strays. Including those would increase the percentage to 36.8% of all introductions.





Although some introduced populations stem from multiple arrivals and the origins of many are unknown, primary pathways for introduction include inadvertent arrivals in cargo and ornamental plants (ca. 80). However, a substantial number are associated with the pet trade (ca. 30). Some of the latter might have been intentional, but most releases were probably accidental. Tortoises (*Chelonoidis carbonaria*) and iguanas (*Iguana iguana*) are widely distributed throughout the region, and many populations probably have mixed origins, with some tracing their ancestry back to individuals that arrived via natural over-water dispersal, intentional introductions by Amerindians and early European colonists, inadvertent releases of pets, or some combination thereof (e.g., Censky, 1988; Powell, 2004b). Complicating matters further are recent intentional inter-island introductions such as that of *C. carbonaria* onto St.-Barthélemy from Saba after World War II (Breuil, 2004).

Although some unintentional introductions occurred more than a century ago, most are more recent. Intentional introductions generally fall into four broad categories: for food (an undetermined percentage of arrivals of *I. iguana*, *C. carbonaria*, and turtles in the family Emydidae), for pest control (predominantly *R. marina*, research (*Anolis pogus* on Anguilla; Roughgarden *et al.*, 1984), and conservation (*Iguana delicatissima* on Îlet à Ramiers off Martinique; Breuil, 2009; *Cnemidophorus vanzoi* on Praslin Island off Maria Major near St. Lucia; Dickinson and Fa, 2000; *Alsophis sajdaki* on Green and Rabbit islands off Antigua; Daltry, 2007, 2011). Unlike recent conservation and research-related introductions (all after 1980), intentional introductions for food and biocontrol almost always occurred earlier, most of the latter during the 19th century. A fifth category of intentional introductions might become more prevalent as animal dealers or even hobbyists seek to establish local populations of species.

## The live animal trade

Although the LA have never been a large legal export market for amphibians and reptiles for the United States, a surprisingly large number of animals are shipped from the US to the Caribbean (Table 3), the Caribbean to the US (Table 4), and from the Caribbean to the US and then onward, including back to the Caribbean (Table 5). Between 1998 and 2009, nearly 29,000 amphibians and reptiles were exported each year from the US to the Caribbean. A large percentage of these species do not occur in the region either naturally or as previously introduced populations. Many obviously are being shipped to serve the pet/aquarium trade. Turtles, which almost certainly represent a combination of animals destined for the pet trade and those destined ultimately for food markets (many in eastern Asia), were shipped in the

largest numbers, including 12,300 *Pseudemys* sp. sent to the Netherlands Antilles (no indication of whether these are the Leeward or Windward islands of that nation).

Countries within the LA have exported introduced amphibians and reptiles to the United States, as well as countries within the European Union and Asia. Like exports from the US, most supply the pet/aquarium trade and many are not known to occur in the region.

Barbados accounts for 27 (32.5%) and the Netherlands Antilles for 47 (56.6%) of the 83 documented species exported to the LA from the US (table 3). Although a market for pets exists in both nations, active animal vendors are based in those countries, suggesting that many of the exported animals are destined for markets elsewhere. Of 18 species imported from the region into the US (table 4), most come from Barbados (11, 61.1%).


## Taxonomic patterns: Amphibians

Although some urodeles and a diversity of frogs are exported to the Caribbean from the US, all amphibians introduced in the region to date have been frogs belonging to four families: Bufonidae, Eleutherodactylidae, Hylidae, and Leptodactylidae. Relatively few genera are represented, all from within the Americas. Inadvertent introductions via the nursery trade are the most frequent mechanisms of arrival, although stowaways in cargo are common, as are a few species arriving via the pet trade and as a consequence of historical intentional releases for food or biocontrol.

True toads (family Bufonidae): The Cane Toad (*Rhinella marina*), native to the Neotropics, has been intentionally introduced for biocontrol of insect pests in many parts of the world. Although it rarely fulfills that purpose, it feeds voraciously on almost everything else (e.g., Wolcott, 1937; Lynn, 1940; Long, 1974; Breuil, 2002; Meshaka and Powell, 2009), with broad ecological impacts reported from Australia, Florida, and Hawaii (e.g., Estévez, 1981). Wilson *et al.* (2010) also reported negative effects on native predators, describing mortality in endemic and threatened Jamaican Boas (*Epicrates subflavus*) after ingesting Cane Toads.

The Cane Toad is widely established in the LA and some populations might be traced to founders that arrived naturally via over-water dispersal (Henderson and Powell, 2009). These toads are ubiquitous on many islands (e.g., Mallery *et al.*, 2007 for St. Vincent). However, populations have failed to become established on islands that provide few opportunities to breed, such as Anguilla (Hodge *et al.*, 2003; Hodge *et al.*, 2011) and Union Island in the Grenadines (J. Daudin, pers. comm.). These toads are common commensals, often utilizing human-created habitats such as parks, gardens, and resort grounds (Powell and Henderson, 2008) and exploiting the artificial night-light niche (Perry *et al.*, 2008).





Treefrogs (family Hylidae): Treefrogs are frequently found in the pet trade in North America (NA), but means of dispersal such as stowing away in cargo and arriving with ornamental plants are much more common in the Caribbean. Three species are now found in the region. Currently, the most problematic is the Cuban Treefrog (*Osteopilus septentrionalis*). These frogs readily act as human commensals and have a catholic diet that includes vertebrates (e.g., Meshaka, 2001; Owen, 2005; Powell and Henderson, 2008). Rödder and Weinsheimer (2010) indicated that the entire Caribbean Basin could provide suitable habitat under current climatic conditions. Severe ecological effects are likely, especially when these frogs invade relatively natural areas. The means of arrival are often complex, as single populations might have multiple temporal and geographic origins (e.g., van Buurt, 2007). The population on Anguilla was traced to containers of ornamental plants from Florida, and a small population had been present for several years before generating wide attention after a series of particularly wet years during the late 1990s. At that time, the frogs spread from localized sites (often on resort grounds) to much of the island, where they used various sources of water, including cisterns associated with residences, for breeding (Townsend *et al.*, 2000; Hodge *et al.*, 2003). A similar scenario played out on St.-Barthélemy, where an initial association with resorts was documented by Breuil (2002), Breuil and Ibéné (2008), and Breuil *et al.* (2009). Populations elsewhere have exhibited similar patterns, remaining relatively obscure until propitious weather conditions (often associated with hurricanes) result in a population explosion. Cuban Treefrogs were relatively rare on St. Maarten/St.-Martin in the 1980s, but had become almost ubiquitous by the early 1990s (e.g., Powell *et al.*, 1992). Similarly, frogs were infrequently encountered on Antigua until they became a plague during a relatively short period in the late 1990s and early 2000s (Daltry, 2007, 2011; R. Powell, unpubl. data). Spread of this species continues (e.g., Powell, 2006, 2007 on Saba, presumably from St. Maarten). In dry years, frogs are less evident (Powell and Henderson, 2008; Hodge *et al.*, 2011), and some populations on Anguilla have shrunk as a consequence of a regional drought in 2009 (Hodge *et al.*, 2011).

*Scinax ruber* has become established in Martinique and St. Lucia, but the means of arrival remain largely uncertain. The population of this SA native on St. Lucia appears to have resulted from cargo stowaways (Kraus, 2009). The closely related *S. x-signatus*, also SA in origin, was recently reported on several islands in the Guadeloupean Archipelago (Breuil, 2004; Breuil and Ibéné, 2008) and on Martinique (Breuil, 2011). The latter now has two species of *Scinax*; interactions between these two exotic species will be interesting to study. These treefrogs were discovered in a new bungalow built three years ago on Martinique using a kit delivered in a container imported directly from Brazil (Breuil *et al.*, 2010a).

Rainfrogs (family Eleutherodactylidae) : Rainfrogs (*genus Eleutherodactylus*) are among the most commonly introduced amphibians, with the genus and two species listed among the most successful colonizers by Bomford *et al.* (2009). That success is largely attributable to their frequent association with nursery plants (e.g., Kraus, 2009). Most introductions in the LA are attributable to *Eleutherodactylus johnstonei*, originally described from an introduced population on Grenada (Barbour, 1914), but now widely distributed in the LA and also established outside the region. Introduced populations often are phenomenally successful. Germano *et al.* (2003) noted that during a nighttime trip across Grenada, they were out of earshot of calling *E. johnstonei* for only a few seconds in the most densely developed center of St. George's, and Mallery *et al.* (2007) found calling frogs at every site they sampled on St. Vincent. The nursery trade and stowaways appear to be the primary vectors for dispersal.

*Eleutherodactylus martinicensis* from Antigua, Guadeloupe, Dominica, and Martinique was established on St.-Barthélemy as a result of the nursery trade (Kaiser, 1992) and on St. Maarten/St.-Martin, either via the nursery trade or as a stowaway in other cargo (Breuil, 2002).

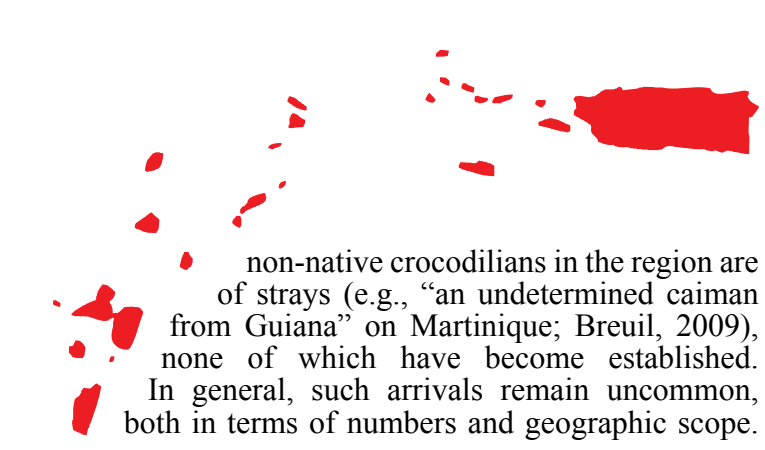
Neotropical frogs (family Leptodactylidae): Native to the Caribbean, the very robust "Mountain Chicken" (*Leptodactylus fallax*) has been introduced on Grenada, Jamaica, Martinique, and Puerto Rico, presumably intentionally as a delicacy (Kraus, 2009). All attempts ultimately failed, although the introduction to Martinique might date to Amerindians (Breuil and Ibéné, 2008; Breuil *et al.*, 2009). Ironically, this species is rapidly declining in its native range (e.g., Garcia *et al.*, 2007). Recent work (Yanek *et al.*, 2006; Camargo *et al.*, 2009) suggested that *L. validus*, long believed to be native to St. Vincent and Grenada, was in fact introduced into the LA with early human arrivals.

## Taxonomic patterns: Reptiles

A variety of reptilian taxa has arrived in various Caribbean locations, and disconcertingly large numbers of those have become established. A large proportion of these species is of regional origin, although some originated in the Eastern Hemisphere. The two primary paths of arrival appear to be stowaways in cargo and, more recently, the pet trade, although other sources have been reported.

Crocodylians (families Alligatoridae and Crocodylidae): Such large and obvious animals might seem unlikely to be invasive, since they are not likely to stow away unnoticed. The only observations of

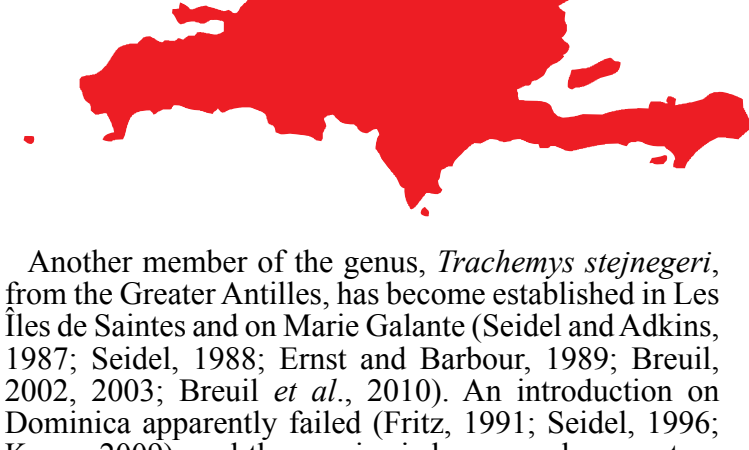




non-native crocodylians in the region are of strays (e.g., “an undetermined caiman from Guiana” on Martinique; Breuil, 2009), none of which have become established. In general, such arrivals remain uncommon, both in terms of numbers and geographic scope.

Tortoises (family Testudinidae): South American tortoises in the genus *Chelonoidis* tend to be large and are introduced primarily via the pet trade or as ornamentals, although their willingness to consume fecal matter renders them useful for cleaning latrines or chicken pens (e.g., Pinchon, 1967). Daudin and de Silva (2007, 2011) indicated that locals in the Grenadines scorn them as food for that very reason. The status of *C. carbonaria* populations on many islands remains unclear (e.g., Censky, 1988; Hodge *et al.*, 2003; Powell *et al.*, 2005; Powell and Henderson, 2005; Fields and Horrocks, 2009), with the ancestors of some likely arriving via natural over-water dispersal, whereas those of others might have been introduced by Amerindians or early colonial Europeans (perhaps for food), and others being more recently moved for ornamental value (e.g., Breuil, 2002; Powell *et al.*, 2005; Lorvelec *et al.*, 2007, 2011). Individuals from Barbados are exported regularly to supply the pet trade (Fields and Horrocks, 2009). The closely related *C. denticulata*, originally from SA, is introduced on Guadeloupe (Pritchard and Trebbau, 1984; Breuil, 2002), although only escaped individuals are known (i.e., no feral population exists). *Centrochelys sulcata*, from northern Africa, is known as a stray on Martinique (Breuil, 2009). Early 19th-century attempts to establish two species of *Kinixys* (*K. erosa* and *K. homeana*) on Guadeloupe failed (Breuil, 2002, 2003).

Pond turtles (family Emydidae): Pond turtles of several species are common in the pet trade, which is the primary vector for their worldwide spread, although some populations are exploited for food (e.g., Powell, 2003). *Graptemys pseudogeographica*, from NA, is known as a stray on Martinique (Breuil, 2009). *Trachemys scripta*, another NA species, is widely established. This is one of the most common species in the pet trade and also is marketed for food, to such an extent that multiple arrivals at any given location are not unlikely. Many Caribbean populations, such as those in Barbados (Horrocks and Fields, 2011), Guadeloupe (Schwartz and Thomas, 1975; Lescure, 1979; Schwartz and Henderson, 1988, 1991; Breuil, 2002; Breuil *et al.*, 2010), Marie Galante (Breuil, 2002), Martinique (Servan and Arvy, 1997; Breuil, 2002), and St. Eustatius (Powell *et al.*, 2005), appear to be strays and are unlikely to have extensive impacts on native species. Even where abundant (e.g., St. Maarten/St.-Martin; Powell *et al.*, 2005), severe ecological effects are unlikely where no native congeners occur.



Another member of the genus, *Trachemys stejnegeri*, from the Greater Antilles, has become established in Les Îles de Saintes and on Marie Galante (Seidel and Adkins, 1987; Seidel, 1988; Ernst and Barbour, 1989; Breuil, 2002, 2003; Breuil *et al.*, 2010). An introduction on Dominica apparently failed (Fritz, 1991; Seidel, 1996; Kraus, 2009), and the species is known only as a stray on Guadeloupe (Breuil, 2002, 2003; Breuil *et al.*, 2010). The status of *Terrapene carolina* on Martinique (Breuil, 2009) is unknown, but it is likely to have been a stray. This terrestrial member of the family originated in NA and LA populations almost certainly are pet-trade related.

Afro-American side-necked turtles (family Pelomedusidae): *Pelusios castaneus* is African in origin and not uncommon in the pet trade. Lescure (1979) indicated that the exact source of the population established on Guadeloupe (e.g., Lescure, 1979, 1983) remains unclear, but Breuil (2002, 2003) indicated that it was introduced intentionally by L’Herminier in the early 19th century.


Austro-South American side-necked turtles (family Chelidae): No documented explanation exists for the single *Phrynops geoffroanus* found on Anguilla (Hodge *et al.*, 2011).

Geckos (family Gekkonidae): Many geckos are common human commensals that have become widely distributed around the globe. The genus *Hemidactylus* and four species (one of which is known from the LA), all originally from the Eastern Hemisphere, are included among the most successful colonizers (Bomford *et al.*, 2009). The most widely distributed “house gecko” within the region, *H. mabouia*, is found on many islands, where it is essentially ubiquitous on buildings and walls (e.g., Howard *et al.*, 2001). Origins are uncertain (e.g., Kluge, 1969; Powell *et al.*, 1998); although some insular populations might have arrived via natural over-water dispersal from SA (or even Africa), others probably arrived with humans, and some populations are likely mixtures of both. Breuil (2009) recommended studies using molecular markers to identify the origins of insular populations in the region. Because of uncertainty regarding the origins of LA populations, we omitted the species from table 1.

*Hemidactylus palaichthus* was long considered a Neotropical endemic (Kluge, 1969), with populations in northeastern SA, adjacent continental islands, and on the Maria Islands off St. Lucia (Powell, 1990). Originally thought to be derived from *H. brookii haitianus*, which is now known to be conspecific with African *H. angulatus* (Weiss and Hedges, 2007), its current systematic status is uncertain. Whether the Maria Island population is of natural or anthropogenic origin is unknown.

Intentionally introduced on Martinique (Henderson *et al.*, 1993) and now also known from Guadeloupe





(Breuil, 2009), *Gekko gecko* is the only member of this Asian genus to invade the Caribbean.

Dwarf geckos (Family Sphaerodactylidae): The genus *Gonatodes* contains mostly diurnal species widely distributed throughout the Neotropics. The origin of a single *Gonatodes vittatus* on Dominica was probably Venezuela (Malhotra *et al.*, 2007, 2011).

*Sphaerodactylus* geckos are small, frequently diurnal, often commensal lizards that have speciated widely in the region. Many species occur naturally in the islands and spread primarily as stowaways in cargo (Kraus, 2009). *Sphaerodactylus microlepis* is known as a stray on Dominica (Evans, 1989; Malhotra and Thorpe, 1999). Evans (1989) also suggested that *S. fantasticus* was introduced on Dominica, but subsequent studies (Jones, 1999; Malhotra *et al.*, 2007, 2011; Thorpe *et al.*, 2008) indicate that *S. fantasticus* is a relatively recent (but probably pre-human) colonizer on Dominica.

Iguanas (family Iguanidae): Like some tortoises, West Indian *Iguana iguana* populations include those founded by ancestors that arrived naturally (e.g., St. Lucia, Saba), some of which might now be distinct at the species level (Malone and Davis, 2004; Powell, 2004b). Other founders were transported by Amerindians or early colonists, have arrived recently, or represent mixtures of the above (Powell, 2004b; Henderson and Powell, 2009). Although some early introductions presumably were for food (e.g., Grant, 1937), the pet trade is the primary vector for many of the more recent introductions (Powell, 2004b). These animals pose a threat to endemic Lesser Antillean populations of *I. delicatissima*, with which they hybridize (e.g., Breuil and Sastre, 1994; Day and Thorpe, 1996; Breuil, 2000, 2002; Breuil *et al.*, 2007, 2010). A population of *I. delicatissima* was introduced from Îlet Chancel to Îlet à Ramiers (Martinique) for conservation purposes (Breuil, 2009).

Anoles (family Dactyloidae): Anoles are highly diverse (e.g., Losos, 2009), quite adaptable, and often function as human commensals. Many species in the region exploit buildings, ornamental plants, and the night-light niche (e.g., Henderson and Powell, 2001, 2009; Perry *et al.*, 2008; Powell and Henderson, 2008). Some are colorful and available in the pet trade (e.g., Kraus, 2009), but nearly all introductions within our region were inadvertent and attributable to stowaways in cargo such as building materials and ornamental plants.

*Anolis cristatellus* is native to the Puerto Rico Bank and was the only anole that made the list of most successful colonizing species (Bomford *et al.*, 2009). These anoles have recently been introduced into Dominica (Malhotra *et al.*, 2007, 2011), where they are expanding their range and displacing endemic populations of *A. oculatus* along the dry leeward coast, and to St.-Martin (Breuil *et al.*, 2010).

Perhaps the most frequently relocated West Indian member of the genus is *A. sagrei*, which is native to the Bahamas, Cuba, and presumably the lesser Cayman Islands (Little Cayman and Cayman Brac). These aggressive lizards can affect other anoles negatively (e.g., Brown and Echternacht, 1991), and have displaced endemic *A. carolinensis* from much of peninsular Florida (Lever, 2003 and references therein). Nothing comparable appears to be occurring on Grenada (Greene *et al.*, 2002) or St. Vincent (Treglia *et al.*, 2008), where populations have become established with building materials, but so far appear to be restricted to only the most intensely altered habitats on those islands. Whether such constraints will continue to restrict expansion in the future or whether they will apply to recently reported populations on Barbados (Fields and Horrocks, 2009), St. Maarten (Fläschendräger, 2010), and Canouan in the Grenadines (M. de Silva, pers. comm.) is unknown. *Anolis sagrei* is comparable in size to the native species on those islands and the potential for competition and possible displacement exists.


Populations of *A. carolinensis*, a NA native, have become established inside and outside of the Caribbean. Although the pet trade has been implicated in many instances (Kraus, 2009), the Anguillian introduction appears to be a consequence of arrival with nursery plants (e.g., Eaton *et al.*, 2001; Hodge *et al.*, 2003). *Anolis extremus* from Barbados and *A. watsi* from Antigua are both established on St. Lucia, where they interact with each other and with endemic *A. luciae* (Lazell, 1972; Gorman, 1976; Henderson and Powell, 2009). The introduction of *A. bimaculatus* in St. Maarten (Powell *et al.*, 1992) appears to be one of the few documented colonization failures in the region (Powell *et al.*, 2005). Researchers intentionally introduced *A. pogus* from the Anguilla Bank onto Anguillita (Roughgarden *et al.*, 1984). That introduction eventually failed.

Ground lizards (family Teiidae): Lizards in the genus *Ameiva* are common on many Caribbean islands. Some species become habituated to human presence and many can be found in urban settings (Henderson and Powell, 2001; Powell and Henderson, 2008). *Ameiva ameiva*, which occurs naturally on the Grenada and St. Vincent island banks, has been documented on Barbados (Fields and Horrocks, 2009), presumably, however, originating from Trinidad.

*Cnemidophorus vanzoi* was intentionally introduced to Praslin Island from nearby natural populations, for investigative and conservation purposes (Dickinson and Fa, 2000). The population appears to have successfully colonized its new habitat.

Worm lizards (family Gymnophthalmidae): Gymnophthalmids, most occurring






in CA or SA, usually are small and many are associated with leaf-litter or live underground (Avila-Pires, 1995). *Gymnophthalmus pleii* is a Lesser Antillean endemic and *G. underwoodi*, which occurs on a number of Lesser Antillean islands, might have reached many of them via natural over-water dispersal (Powell, 2011). However, at least some populations, certainly those in the central and northern LA, are introduced (Powell, 2011), and some might be competing with or even displacing native populations of *G. pleii* on Martinique (Breuil, 2009) or Dominica (Turk *et al.*, 2010). This species is parthenogenetic (e.g., Cole, 1975; Hardy *et al.*, 1989; Cole *et al.*, 1990), which facilitates colonization because single individuals can establish new populations (e.g., Schwartz and Henderson, 1991; Hodge *et al.*, 2003; Powell *et al.*, 2005).

Amphisbaenians (family Amphisbaenidae): Two records of *Amphisbaena fuliginosa* from SA, presumably strays, are known from St. Lucia and Grenada (Murphy *et al.*, 2010).

Blindsnakes (family Typhlopidae): Usually small and spending most of their lives underground, blindsnakes are unfamiliar to the general public and practically unheard of in the pet trade. However, they easily stow away in planters and often are spread by the ornamental plant trade. Originally from Asia, the Flowerpot Snake (*Ramphotyphlops braminus*) might be the most widely distributed snake in the world. The family Typhlopidae, genus *Ramphotyphlops*, and species *R. braminus* top the respective lists of most successful colonizing taxa (Bomford *et al.*, 2009). Since the first report of the species on Anguilla (Censky and Hodge, 1997), it has been documented widely in the Caribbean, including recent reports from St. Christopher (Orchard, 2010), Barbados (Fields and Horrocks, 2009; Horrocks and Fields, 2011), Guadeloupe (Breuil and Ibéné, 2008; Breuil, 2009), Mustique (M. de Silva, in litt., 2009), and St. Eustatius (Powell, 2011). A parthenogenetic species, it appears to be ideally pre-adapted to dispersal by humans (e.g., McKeown, 1996). West Indian populations are almost certainly derived from the introduced population in Florida.

Boas (family Boidae): Boas are common in the pet trade, which is the primary method of arrival for these species in

the Caribbean and elsewhere (Kraus, 2009). Interestingly, Bomford *et al.* (2009) rated the family Boidae as the least successful colonizing family of reptiles or amphibians. Most records of *Boa constrictor*, presumably from the SA or CA mainland, are of strays that have failed to found populations. The stray found on Terre de Bas (îles de la Petite Terre, Guadeloupe; Barré *et al.*, 1997)



might pertain to *Boa nebulosa* (Lorvelec *et al.*, 2011), which is endemic to Dominica. *Epicrates cenchria*, also from SA, is known as a stray on St. Maarten (Powell *et al.*, 2005) and Martinique (Breuil, 2009).

Pythons (family Pythonidae): Pythons, like boas, are frequently encountered in the live animal trade. Four records, *Morelia amethystina* on Guadeloupe (Breuil and Ibéné, 2008; Breuil, 2011), *Python curtus* and *P. regius*, both on St. Maarten (Powell *et al.*, 2005), and *P. regius* on Martinique (Breuil, 2009) document strays. The latter two species also have been found on St.-Barthélemy (Breuil *et al.*, 2010). Establishment of any of these species would be worrisome, as it has been in Florida (e.g., Snow *et al.*, 2007; Reed *et al.*, 2010).

Common snakes (family Colubridae): The pet and nursery trades are the primary vectors for arrival of *Pantherophis guttatus* (formerly *Elaphe guttata*) from NA. All Lesser Antillean records to date of this and another member of the genus (*P. alleghaniensis*; formerly *Elaphe obsoleta*) document only strays. The latter species has been recorded only on Martinique (Breuil and Ibéné, 2008; Breuil *et al.*, 2010). *Tantilla melanocephala*, probably of SA origin, has been found on four islands on the Grenada Bank (Henderson and Powell, 2006; Berg *et al.*, 2009; J. Boone and D. Scantlebury, pers. comm.) and its arrival has been associated with shipments of sand from SA for construction purposes. Its long-term prospects remain unclear. Underwood *et al.* (1999) reported the presence of *Mastigodryas bruesi*, which occurs naturally on the Grenada and St. Vincent banks, on Barbados.


American rear-fanged snakes (family Dipsadidae): *Alsophis rufiventris* from Saba or St. Eustatius was recorded as a stray on St. Maarten (Powell *et al.*, 2005).

Water snakes (family Natricidae): Two stray *Natrix natrix* from Europe have been recorded on Martinique (Breuil, 2009).

## Discussion

The number of introductions and the consequent number of established populations in the LA is alarming, even when we consider our uncertainty regarding the origins of some insular populations (particularly some of those of *Eleutherodactylus johnstonei*, *Rhinella marina*, *Gymnophthalmus underwoodi*, *Hemidactylus* spp., *Iguana iguana*, *Chelonoidis carbonaria*), some of which were almost certainly natural, but others undoubtedly were human-mediated or some combination of the two. Several additional reports arrived as we were working on this review, and the trends shown by both amphibians and reptiles suggest that the rate of arrivals will continue to increase with time. For example, *Scinax* cf. *x-signatus* has been found on five new islands (Grande-Terre, Basse-





Terre, Désirade, Marie-Galante, Martinique) in the past eight years (Breuil *et al.*, 2010). In some instances, these frogs are phenomenally abundant. Multiple invasions of the same islands are almost certainly responsible, with wooden houses assembled in Brazil and French Guiana apparently serving as the means of introduction (Breuil *et al.*, 2010; Breuil, 2011).

Given the extent of negative ecological and economic effects documented in the region and elsewhere, invasive populations of herpetofauna have become a serious conservation issue. Additional deleterious effects probably go unnoticed or unreported, especially when smaller, less obvious species are introduced and their impact is primarily on smaller invertebrates, which are rarely monitored and the impact on which cannot, at this time, be evaluated. The magnitude of existing problems is almost certainly greater than currently realized, and can only get worse. An integrated policy response is clearly necessary to address what is a regional issue.


Amerindians arrived in the Caribbean islands about 6000 years ago (Wilson, 2001) and Europeans about 500 years ago. The impact of the latter has been felt in the region longer than elsewhere in the Western Hemisphere, and Fosberg (1983) observed that: “The impact of European man on islands made the changes due to aboriginal man seem minor by comparison.” Only 5-10% of the West Indian herpetofauna has benefited from human activities (Henderson and Powell, 2001). One of the most substantive and frequently deleterious effects has been the increasing number of introductions of plants and animals to islands where they are not native. Although not covered here, many of those introductions, especially of mammalian herbivores (e.g., goats and cattle) and predators (e.g., mongooses, raccoons, opossums, dogs, cats, and monkeys, the latter on Grenada and Barbados and, most recently, on St. Maarten; B. Ibéné, pers. comm.), have had varying degrees of deleterious effects on the regional herpetofauna.

The characteristics of amphibian and reptilian species introduced in the region correspond very closely to those outlined for taxa associated with Caribbean urban areas by Powell and Henderson (2008): they (1) are ecologically versatile and capable of tolerating a broad range of sometimes rapidly and dramatically changing conditions; (2) exhibit edificarian tendencies in and outside urban areas (e.g., gekkonids, some sphaerodactyls, many anoles); (3) tend to be edge species or, at least, species that are euryecious, not habitat specialists; (4) are primarily invertebrate predators; (5) are heliotherms if diurnal (e.g., edge-inhabiting anoles); and (6) often are scansorial (e.g., treefrogs, geckos, anoles). These features in turn correlate nicely with those shared by anoles identified by Williams (1969) as successful colonizers, and with the observation that invasive species in general tend to be generalists (Dukes and Mooney, 1999). Our data also support the

generalizations that good invaders tend to be small and capable of rapid reproduction (Kolar and Lodge, 2001), have a past record of being invasive elsewhere (Kolar and Lodge, 2001; Marchetti *et al.*, 2004), are highly tolerant of humans (Perry *et al.*, 2008), are related to other documented invaders (Richardson and Pyšek, 2006), and are native to areas with comparable climates (Bomford *et al.*, 2009) and near possible introduction sites (Marchetti *et al.*, 2004). In contrast, our data do not support the view that taxa that are more distantly related to the native biota are more likely to be invasive (Strauss *et al.*, 2006).

The genera *Eleutherodactylus*, *Hemidactylus*, and *Anolis* comprise a substantive fraction of the species tabulated in this review. All are relatively small, capable of high reproductive output, often associated with humans and habitats modified by human activities, are naturally or secondarily found within the region, and have become invasive at multiple locations. Specifically, the species that have successfully colonized the most islands either follow that pattern or have been intentionally introduced for perceived economic benefits. Cane Toads (*Rhinella marina*; 16 islands or island groups, although some populations might have been established by natural over-water dispersal) were introduced widely for biocontrol. *Eleutherodactylus johnstonei* (23 islands or island groups), Cuban Treefrogs (*Osteopilus septentrionalis* (7), *Gymnophthalmus underwoodi* (13), and *Ramphotyphlops braminus* (8) are small human commensals easily transported inadvertently with goods and ornamental plants. The latter two are relatively inconspicuous and benefit further by being parthenogenetic, thus requiring but a single individual to establish a population. They probably occur on many more islands than have been documented. In addition, *Hemidactylus mabouia*, introduced populations of which might occur on the majority of LA islands, also functions as a human commensal. *Iguana iguana* (9), *Trachemys scripta* (6), and *Chelonoidis carbonaria* (4) break with the pattern in being large and herbivorous or omnivorous, but all are frequently transported from place to place for food (both historically and recently) or as pets. The situation for *I. iguana*, however, is complicated by the presence of endemic populations that might be subjected to hybridization with more recent arrivals, primarily originating from native Neotropical populations or the introduced populations in Florida and within the region. Two other widely introduced species, *Anolis sagrei* (5) and *Pantherophis guttatus* (5, although no established populations have been documented to date in the LA) are notable because of the potential for severe negative consequences resulting from potential competition (*A. sagrei*) with or predation (*P. guttatus*) on native species.





In addition, successful invasions tend to be related to propagule pressure (Kolar and Lodge, 2001; Marchetti *et al.*, 2004). Thus, species that are associated with human economic activity, such as the pet or nursery trade, as well as those with access to frequent commerce-related transport are more likely to be introduced elsewhere and become established.

Although introductions related to biocontrol are largely relegated to history, the numbers of individuals and species being moved about as a consequence of the ever-growing pet trade is most alarming. Commercial dealers, particularly in Barbados and the Netherlands Antilles (presumably St. Maarten), undoubtedly pose a considerable threat for new introductions into the region. Many of the species moving through the region on their way to and from the US and other markets could easily become established if given the opportunity through escapes or releases. As in Florida (e.g., Meshaka *et al.*, 2004), escapes could be facilitated by hurricanes and releases, especially by dealers seeking to establish local and easily exploitable populations of popular species, and could dramatically change the very nature of the herpetofaunas on a number of islands.

The success rate (66.3%) for establishing new populations was considerably greater than those calculated by Bomford *et al.* (2009) for Britain (12 of 51, 23.5%) or California (13 of 62, 21.0%), comparable to that in Florida (47 of 80, 58.8%), but less than that for the “greater Caribbean” (Powell *et al.*, 2011; 70.2%). Most of the success probably is attributable to the hospitable island climates and high incidence of climate-matching (Bomford *et al.*, 2009) with areas where source populations are native. In addition, with an increasing number of invasions involving alien species established in Florida, the possibility that those species were pre-screened for success as colonizers cannot be discounted.


In general, amphibians are less likely than reptiles to successfully colonize islands, both because of osmotic sensitivity during the dispersal stage and of their more stringent ecological requirements during the establishment phase (Vences *et al.*, 2003). In our sample, however, the number of amphibian populations established via human-aided dispersal is sizeable, although the species diversity of reptiles is considerably greater. The relative abundance of amphibian introductions is largely attributable to four species that are resilient or hardy and have been intentionally introduced or are closely tied to human economic activity. Consequently, species such as *Eleutherodactylus johnstonei*, among the top five most successful colonizing species of reptiles and amphibians (Bomford *et al.*, 2009), *Rhinella marina*, *Scinax* cf. *x-signatus*, and *Osteopilus*

*septentrionalis* are increasingly ubiquitous in the LA and elsewhere.

As additional species become established in the region, and especially in Florida, which remains the source for much of the ornamental vegetation and construction material used in the Caribbean, we will doubtlessly see additional species reported in years to come. These include several other species of *Eleutherodactylus* and *Hemidactylus frenatus*, one of the most widely distributed species in the world (Bomford *et al.*, 2009), which recently has been reported in the Greater Antilles (Scantlebury *et al.*, 2010; Powell *et al.*, 2011). It is highly aggressive and has been successful at displacing similar species (e.g., Powell *et al.*, 1998; Powell, 2004a; Dame and Petren, 2006), raising serious concerns about possible consequences once it arrives in the region. The list of other potential arrivals is long (Kraus, 2009), and several could become serious ecological or economic pests. In addition, some species already in the region, most notably the increasingly widespread Green Iguana (*I. iguana*; e.g., Sementelli *et al.*, 2008) and the Eastern Corn Snake (*Pantherophis guttatus*) have potential to become considerably more damaging than they have hitherto been. Because of the predominance of Florida as a source for invasive amphibians and reptiles, a concerted effort to sanitize cargo and ornamental plants shipped from there is an urgent need.

Although extended dry periods can preclude many unwanted invasives from becoming established, “garden refugia” are available for some species. Amphibians often cannot survive outside of artificially mesic situations (e.g., gardens, golf courses, hotel and resort grounds) during droughts (e.g., *Eleutherodactylus johnstonei* on Anguilla; Hodge *et al.*, 2011). Even some introduced reptilian populations, such as iguanas, are much more plentiful in inhabited areas than in the bush. For snakes, however, this is rarely an option (diminutive and secretive *Ramphotyphlops braminus* might be an exception). Snakes that cannot survive in relatively natural situations and retreat to “gardens” during dry periods find themselves in a “killing zone,” where people and domestic predators (dogs and cats) will see them and kill them (Powell and Henderson, 2008).

Although a few efforts have been made to control or eradicate non-native herpetofauna in the LA, such efforts remain by far the exception — and some that exist are never implemented. For example, in April 2006, the Ministry of Ecology, Energy and Sustainable Development decided to eradicate *Iguana iguana* in Guadeloupe to prevent competition and hybridization with *Iguana delicatissima*, but nothing was done at that time. Thus, we expect that both firmly and newly established species will generally persist in the region unless policy and management efforts change, causing Lesser Antillean islands to become part of international trends toward an enhanced pantropical herpetofauna at the expense of impoverished native herpetofaunas.



The need to advance protection quickly, perhaps well ahead of political support, flows from the very poor evidence that any environmental Kuznets curve affects these outcomes. An environmental Kuznets curve loosely predicts that, as incomes rise and standards of living improve, greater social support often evolves to mitigate social, environmental, and ecological hazards (Arrow *et al.*, 1995). If this phenomenon holds for invasions in the LA, we should be seeing a declining rate of new introductions as GDP rises. That does not seem to be happening at this time. However, economic theory would not predict that invasives would be among the first items corrected as an economy grows. Although growing GDP may have been responsible for declines in emissions of nitrogen oxides, carbon monoxides, sulfur dioxides, and lead in the 1970s and 1980s, the relationship does not seem to hold for aggressive land use conversions to monocultures or impervious surfaces, energy demand, and overall resource consumption. These “high footprint” activities appear to parallel economic development, which would explain why overall atmospheric carbon emissions do not seem to abate with rising GDP (Wagner, 2008). Issues of biodiversity protection in particular have not shown convincing empirical evidence that any abatement turn is emerging on the development horizon (Mills and Waite, 2009). Invasions in the region would arguably be far behind the curve — or the bend in the curve, as invasions seem to correlate with the very activities most directly responsible for economic growth and development on many islands. Without a much more diverse set of economic activities contributing to economic development, the draw of the US economy and the developments in agriculture, tourism, shipping, and resource extractive industries would seem to continue to accelerate these threats at least for the near and intermediate terms. Precautionary approaches in the name of acute economic stress or intrinsic ecological deterioration from regional invasions is arguably the strongest motivation for controlling introduced species.

The benefits of eradicating an invasive species — a single injection of funds and effort and the problem is solved — far outweighs the cost of a perennial control program (Gardener *et al.*, 2010 and references therein). Many regional introductions remain localized, often in anthropogenic situations (e.g., gardens and grounds of hotels and resorts), and are therefore easy targets for cost-effective eradication projects. Consequently, the development of eradication programs should be a high priority for agencies responsible for managing biodiversity.

Nonetheless, prevention remains by far the best — and most economical — approach (Wittenberg and Cock, 2001; Rödder and Weinsheimer, 2010). In that context, increased scrutiny of the transport to and from the islands (whether cargo where inadvertent stowaways may hide, ornamental plants that often carry hitchhikers, or the

pet trade that is the source of so many introductions) seems especially desirable. This can help reduce the spread of other problem species, such as agricultural pests, that also are a source of concern for local governments.

To address these concerns, we urge an increased regional and global cooperation on fighting invasive species in general and invasive herpetofauna in particular. Although the LA are highly fragmented both geographically and politically, precedents for such cooperation exist (e.g., the Organization of Eastern Caribbean States [OECS] and the Caribbean Community and Common Market [CARICOM]). We urge the adoption of a similarly integrated approach that incorporates not only governmental controls but also investments in local response capacity. Our combined decades of work in the region show a strong need for considerably more monitoring, education, and research in this area.

## Acknowledgements

Michael C. Farmer, Arthur C. Echternacht, and Gerard van Buurt, were part of the team that assessed introductions in the greater Caribbean. Albeit indirectly, they certainly facilitated this effort. Support for fieldwork leading to this project was provided by a series of National Science Foundation grants (Research Experiences for Undergraduates) to RP, by Texas Tech University (GP), Avila University (RP), and the Milwaukee Public Museum and the Windway Foundation (RWH). We are indebted to many governmental agencies that have provided permits to conduct research throughout the region, and to the owners of hotels or resorts who have tolerated our antics over the years. This is manuscript T-9-1204 of the College of Agricultural Sciences and Natural Resource Management, Texas Tech University.

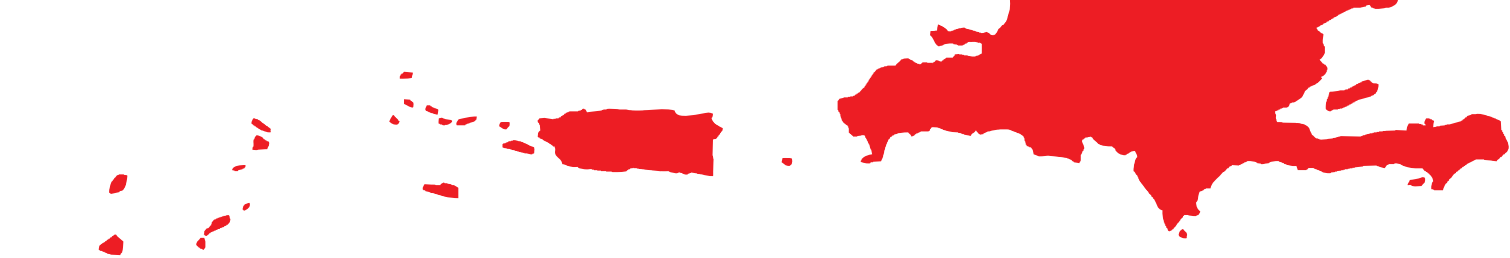
## References

ACKLEY, J.W., MUELLEMAN, P.J., CARTER, R.E., HENDERSON, R.W., POWELL, R., 2009, “A rapid assessment of herpetofaunal diversity in variously altered habitats on Dominica”, *Applied Herpetology*, vol. 6, 171-184.

ARROW, K., BOLIN, B., COSTANZA, R., DASGUPTA, P., FOLKE, C., HOLLING, C. S., JANSSON, B.-O., LEVIN, S., MÄLER, K.-G., PERRINGS, C., PIMENTEL, D., 1995, “Economic growth, carrying capacity, and the environment”, *Ecological Economics*, vol. 15, 91-95.

AVILA-PIRES, T.C.S., 1995, “Lizards of Brazilian Amazonia (Reptilia: Squamata)”, *Zoologische Verhandelingen Leiden*, No. 299, 1-706.





BARBOUR, T., 1914, "A contribution to the zoogeography of the West Indies, with especial reference to amphibians and reptiles", *Bulletin of the Museum of Comparative Zoölogy*, No. 44, 209-359.

BARBOUR, T., 1937, "Third list of Antillean reptiles and amphibians", *Bulletin of the Museum of Comparative Zoölogy*, No. 82, 77-166.

BARRE, N., LORVELEC, O., BREUIL, M., 1997, Les oiseaux et les reptiles des Îles de la Petite Terre (Guadeloupe). Bilan d'un Suivi Ecologique d'une Année (Mars 1995 à Mars 1996). Petit-Bourg, Guadeloupe, AEVA, Report No. 16, Office National des Forêts, Conservatoire du Littoral.

BAYLEY, I., 1950, "The whistling frogs of Barbados", *Journal of the Barbados Museum and Historical Society*, vol. 17, 161-170.

BERG, C.S., JEREMIAH, A., HARRISON, B., HENDERSON, R.W., 2009, "New island records for *Tantilla melanocephala* (Squamata: Colubridae) on the Grenada Bank", *Applied Herpetology*, vol. 6, 403-404.

BOMFORD, M., KRAUS, F., BARRY, S.C., LAWRENCE, E., 2009, "Predicting establishment success for alien reptiles and amphibians: a role for climate matching", *Biological Invasions*, vol. 11, 713-724.

BOULENGER, G.A., 1891, "On reptiles, batrachians, and fishes from the Lesser West Indies", *Proceedings of the Zoological Society of London*, vol. 1891, 351-357.

BREUIL, M., 2000, "Iguana delicatissima and Iguana iguana in FWI. Summer 1999 field report," *West Indian Iguana Specialist Group Newsletter*, vol. 3, No. 1, 4-5.

BREUIL, M., 2002, "Histoire naturelle des amphibiens et reptiles terrestres de l'archipel Guadeloupéen. Guadeloupe, Saint-Martin, Saint Barthélemy", *Patri-moines Naturels, Paris*, vol. 54, [2] + 339 p.

BREUIL, M., 2003, "In the footsteps of French naturalists, a 'battle' of iguanas, and 'improvements' in biodiversity", in Henderson, R.W., Powell, R. (eds.), *Islands and the sea. Essays on herpetological exploration in the West Indies*, Ithaca, New York, Society for the Study of Amphibians and Reptiles.

BREUIL, M., 2004, *À la découverte des amphibiens & reptiles des Antilles*, Le Gosier, Guadeloupe, PLB (Thierry Petit Le Brun) Édit.

BREUIL, M., 2009, "The terrestrial herpetofauna of Martinique: past, present, future", *Applied Herpetology*, vol. 6, 123-149.

BREUIL, M., GUIOUGOU, F., QUESTEL, K., IBÉNÉ, B., 2010a (2009), "Modifications du peuplement

herpétologique dans les Antilles françaises. Disparitions et espèces allochtones. 1ère partie: Historique-Amphibiens", *Le Courrier de la Nature*, vol. 249, 30-37.

BREUIL, M., GUIOUGOU, F., QUESTEL, K., IBÉNÉ, B., 2010b (2009), "Modifications du peuplement herpétologique dans les Antilles françaises. Disparitions et espèces allochtones. 2de partie: Reptiles", *Le Courrier de la Nature*, vol. 251, 36-43.

BREUIL, M., 2011, "The terrestrial herpetofauna of Martinique: past, present, future", in Hailey, A., Wilson, B.S., Horrocks, J.A. (eds.), *Conservation of Caribbean island herpetofaunas*, vol. 2, Leiden, Brill.

BREUIL, M., IBÉNÉ, B., 2008, "Les hylidés envahissants dans les Antilles française et le peuplement batrachologique naturel", *Bulletin de la Société Herpétologique de France*, vol. 125, 41-67.

BREUIL, M., SASTRE, C., 1994, "Végétation et reptiles de l'Archipel des Saintes (Antilles françaises)", *Bulletin de Amis du Museum National d'Histoire Naturelle*, No. 178, 17-19.

BREUIL, M., GUIOUGOU, F., IBÉNÉ, B., 2007, "Lesser Antillean Iguana (*Iguana delicatissima*)", *Iguana Specialist Group Newsletter*, vol. 10, No. 2, 15-17.

BREUIL, M., GUIOUGOU, F., QUESTEL, K., IBÉNÉ, B., 2009, "Modifications du peuplement herpétologique dans les Antilles françaises: disparitions et espèces allochtones. 1ère partie: historique – amphibians", *Le Courrier de la Nature*, No. 249, 30-37.


BREUIL, M., GUIOUGOU, F., QUESTEL, K., IBÉNÉ, B., 2010, "Modifications du peuplement herpétologique dans les Antilles françaises: disparitions et espèces allochtones. 2ème partie: historique – reptiles", *Le Courrier de la Nature*, No. 251, 36-43.

BROOKS, G.R., 1983, "*Gymnophthalmus pleei* Bocourt: an addition to the lizard fauna of Dominica, West Indies", *Herpetological Review*, vol. 14, 31-32.

BROWN, P.R., ECHTERNACHT, A.C., 1991, "Interspecific behavioral interactions of adult male *Anolis sagrei* and gray-throated *Anolis carolinensis* (Sauria: Iguanidae): a preliminary field study", in Losos, J.B., Mayer, G.C. (eds.), *The Fourth Anolis Newsletter*. Washington, D.C., Division of Amphibians and Reptiles, National Museum of Natural History, Smithsonian Institution.

BULLOCK, D.J., EVANS, P.G.H., 1990, "The distribution, density and biomass of terrestrial reptiles in Dominica, West Indies", *Journal of Zoology*, London, vol. 222, 421-443.





CAMARGO, A., HEYER, W.R., DE SÁ, R.O., 2009, "Phylogeography of the frog *Leptodactylus validus* (Amphibia: Anura): patterns and timing of colonization events in the Lesser Antilles", *Molecular Phylogenetics and Evolution*, vol. 53, 571-579.

CARTER, R.E., BERG, C.S., ACKLEY, J.W., POWELL, R., 2009, "Frogs of Dominica, with notes on habitat use by two species of *Eleutherodactylus*", *Herpetological Bulletin*, No. 108, 14-23.

CENSKY, E.J., 1988, "*Geochelone carbonaria* (Reptilia: Testudines) in the West Indies", *Florida Scientist*, vol. 51, 108-114.

CENSKY, E.J., 1989, "*Eleutherodactylus johnstonei* (Salientia: Leptodactylidae) from Anguilla, West Indies", *Caribbean Journal of Science*, vol. 25, 229-230.

CENSKY, E.J., HODGE, K., 1997, "Geographic distribution: *Ramphotyphlops braminus*", *Herpetological Review*, vol. 28, 210.

CENSKY, E.J., KAISER, H., 1999, "The Lesser Antillean fauna", in Crother, B.I. (ed.), *Caribbean amphibians and reptiles*, San Diego, Academic Press.

CENSKY, E.J., LINDSAY, K., 1997, "Geographic distribution: *Gymnophthalmus underwoodi*", *Herpetological Review*, vol. 28, 210.

CENSKY, E.J., HODGE, K., DUDLEY, J., 1998, "Over-water dispersal of lizards due to hurricanes", *Nature*, vol. 395, 556.

CLARK, A.H., 1916, "The present status and breeding season of the giant toad (*Bufo agua*) in Barbados, St. Vincent, Trinidad and Demerara", *Copeia*, vol. 1916, 13-14.


CLAVERO, M., GARCÍA-BERTHOU, E., 2005, "Invasive species are a leading cause of animal extinctions", *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 20, 110.

COLE, C.J., 1975, "Evolution of parthenogenetic species of reptiles", in Reinboth, R. (ed.), *Intersexuality in the animal kingdom*, Berlin, Springer-Verlag.

COLE, C.J., DESSAUER, H.C., TOWNSEND, C.R., ARNOLD, M.G., 1990, "Unisexual lizards of the genus *Gymnophthalmus* (Reptilia: Teiidae) in the Neotropics: genetics, origin, and systematics", *American Museum Novitates*, No. 2994, 1-29.

CORKE, D., 1992, "The status and conservation needs of the terrestrial herpetofauna of the Windward Islands (West Indies)", *Biological Conservation*, vol. 62, 47-58.

CORRIE, D.G., 2001, *A guide to Barbadian herpetofauna (including introduced species)*, St. Michael, First Nations Publications.



DALTRY, J.C., 2007, "An introduction to the herpetofauna of Antigua, Barbuda and Redonda, with some conservation recommendations", *Applied Herpetology*, vol. 4, 97-130.

DALTRY, J.C., 2011, "An introduction to the herpetofauna of Antigua, Barbuda and Redonda, with some conservation recommendations", in Hailey, A., Wilson, B.S., Horrocks, J.A. (eds.), *Conservation of Caribbean island herpetofaunas*, vol. 2, Leiden, Brill.

DAME, E.A., PETREN, K., 2006, "Behavioural mechanisms of invasion and displacement in Pacific island geckos (*Hemidactylus*)", *Animal Behaviour*, vol. 71, 1165-1173.

DANIELLS, E.A., ACKLEY, J.W., CARTER, R.E., MUELLEMAN, P.J., RUDMAN, S.M., TURK, P.A., VÉLEZ ESPINET, N.J., WHITE, L.A., WYSZYNSKI, N.N., 2008, "An annotated checklist of the amphibians and reptiles of Dominica, West Indies", *Iguana*, vol. 15, 130-141.

DAUDIN, J., DE SILVA, M., 2007, "An annotated checklist of the amphibians and terrestrial reptiles of the Grenadines with notes on their local natural history and conservation", *Applied Herpetology*, vol. 4, 163-176.

DAUDIN, J., DE SILVA, M., 2011, "An annotated checklist of the amphibians and terrestrial reptiles of the Grenadines with notes on their local natural history and conservation", in Hailey, A., Wilson, B.S., Horrocks, J.A. (eds.), *Conservation of Caribbean island herpetofaunas*, vol. 2, Leiden, Brill.


DAY, M.L., THORPE, R.S., 1996, "Population differentiation of *Iguana delicatissima* and *I. iguana* in the Lesser Antilles", in Powell, R., Henderson, R.W. (eds.), *Contributions to West Indian herpetology: a tribute to Albert Schwartz*, Contributions to herpetology, vol. 12. Ithaca, New York, Society for the Study of Amphibians and Reptiles.

DAY, M.L., BREUIL, M., REICHLING, S., 2000, "Lesser Antillean Iguana *Iguana delicatissima*", in Alberts, A. (ed.), *West Indian iguanas: status survey and conservation action plan*, Gland, Switzerland, IUCN.

DEVAS, R.P., 1964, *History of the island of Grenada, 1498-1796: with some notes and comments on Carriacou and events of later years*, St. George's, Grenada, Carenage Press.

DICKINSON, H.C., FA, J.E., 2000, "Abundance, demographics and body condition of a translocated population of St. Lucia Whiptail Lizards (*Cnemidophorus vanzoi*)", *Journal of Zoology, London*, vol. 251, 187-197.





DUKES, J.S., MOONEY, H.A., 1999, "Does global change increase the success of biological invaders?", *Trends in Ecology and Evolution*, 14, 135-139.

EATON, J.M., HOWARD, K.G., POWELL, R., 2001, "Geographic distribution: *Anolis carolinensis*", *Herpetological Review*, vol. 32, 118.

ERNST, C.H., BARBOUR, R.W., 1989, *Turtles of the world*, Washington, D.C., Smithsonian Institution Press.

ESTEAL, S., 1981, "The history of introduction of *Bufo marinus* (Amphibia: Anura); a natural experiment in evolution", *Biological Journal of the Linnean Society*, vol. 16, 93-113.

ESTEAL, S., FLOYD, R.B., SABATH, M.D., 1981, "Distribution records of the marine toad (*Bufo marinus*). Part 3, The Caribbean", Working paper No. 5/81, Queensland, School of Australian Environmental Studies, Griffith University.

EVANS, P., 1989, "Herpetofauna of the Commonwealth of Dominica (Windward I., Lesser Antilles), West Indies", *British Herpetological Society Bulletin*, No. 28, 5-7.

EVERARD, C.O.R., SULZER, C.R., BHAGWANDIN, L.J., FRASER-CHAMPONG, G.M., JAMES, A.C., 1980, "Pathogenic *Leptospira* isolates from the Caribbean islands of Trinidad, Grenada and St. Vincent", *International Journal of Zoonoses*, vol. 7, 90-100.

EVERARD, C.O.R., FRASER-CHAMPONG, G.M., BHAGWANDIN, L.J., RACE, M.W., JAMES, A.C., 1983, "Leptospire in wildlife from Trinidad and Grenada", *Journal of Wildlife Diseases*, vol. 19, 192-199.


EVERARD, C.O.R., CARRINGTON, D., KORVER, H., EVERARD, J.D., 1988, "Leptospire in the marine toad (*Bufo marinus*) on Barbados", *Journal of Wildlife Diseases*, vol. 24, 334-338.

EVERARD, C.O.R., CARRINGTON, D.G., KORVER, H., BURKE, R., EVERARD, J.D., GRAVEKAMP, C., 1990, "Leptospire in the whistling frog (*Eleutherodactylus johnstonei*) on Barbados", *Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, vol. 93, 140-145.

FEILDEN, H.W., 1889, "The reptiles of Barbados", *Zoologist*, vol. 1889, 298.

FEILDEN, H.W., 1903, "The reptiles of Barbados", *Agricultural News*, No. 2: 365, 381 (reprint of 1889 article).

FIELDS, A., HORROCKS, J.A., 2009, "An annotated checklist of the herpetofauna of Barbados", *Journal of*



*the Barbados Museum and Historical Society*, vol. 55, 263-283.

FLÄSCHENDRÄGER, A., 2010, "Cuban Brown Anoles (*Anolis sagrei*) in St. Maarten", *Reptiles & Amphibians*, vol. 17, 121-122.

FORDE, A., 2005, "Diet of the cane toad *Bufo marinus* in Barbados", *The Zoologist*, vol. 13, 352-353.

FOSBERG, F.R., 1983, "The human factor in the biogeography of oceanic islands", *Comptes Rendus Séances de la Société Biogéographique*, vol. 59, 147-190.

FRITZ, U., 1991, "Contribution to the knowledge of the Hispaniolan slider *Trachemys decorata* (Barbour & Carr 1940)", *Sauria*, vol. 1, 11-14.

GARCIA, G., CUNNINGHAM, A.A., HORTON, D.L., GARNER, T.W.J., HYATT, A., HENGSTBERGER, S., LOPEZ, J., OGRODOWCZYK, A., FENTON, C., FA, J.E., 2007, "Mountain chickens *Leptodactylus fallax* and sympatric amphibians appear to be disease free on Montserrat", *Oryx*, vol. 41, 398-401.

GARDENER, M.R., ATKINSON, R., RENTERÍA, J.L., 2010, "Eradications and people: lessons from the plant eradication program in Galapagos", *Restoration Ecology*, vol. 18, 20-29.

GERMANO, J.M., SANDER, J.M., HENDERSON, R.W., POWELL, R., 2003, "Herpetofaunal communities in Grenada: a comparison of altered sites, with an annotated checklist of Grenadian amphibians and reptiles", *Caribbean Journal of Science*, vol. 39, 68-76.

GIANNASI, N., THORPE, R.S., MALHOTRA, A., 1997, "Introductions of *Anolis* species to the island of St. Lucia, West Indies: testing for hybrids using multivariate morphometrics", *Journal of Herpetology*, vol. 31, 586-589.


GOLDBERG, S.R., BURSEY, C.R., KAISER, H., 1998, "Gastrointestinal helminthes of five species of *Eleutherodactylus* (Anura: Leptodactylidae) from the West Indies", *Caribbean Journal of Science*, vol. 34, 146-149.

GORMAN, G.C., 1976, "Observations on the distribution of *Anolis extremus* (Sauria: Iguanidae) on St. Lucia — a colonizing species", *Herpetologica*, vol. 32, 184-188.

GORMAN, G.C., KIM, Y.J., YANG, S.Y., 1978, "The genetics of colonization: loss of variability among introduced populations of *Anolis* lizards (Reptilia, Lacertilia, Iguanidae)", *Journal of Herpetology*, vol. 12, 47-51.

GOSSE, P.H., 1851, *A naturalist's sojourn in Jamaica*, London, Longman, Brown, Green, and Longmans.





GRANT, C., 1937, "Two early Puerto Rican herpetologists", *Journal of Agriculture, University of Puerto Rico*, vol. 21, 491-501.

GRANT, C., 1958, "A new *Gymnophthalmus* (Reptilia, Teiidae) from Barbados, B.W.I.", *Herpetologica*, vol. 14, 227-228.

GRANT, C., 1959, "*Herpetology* of Barbados, B.W.I.", *Herpetologica*, vol. 15, 97-101.

GREENE, B.T., YORKS, D.T., PARMERLEE, J.S., JR., POWELL, R., HENDERSON, R.W., 2002, "Discovery of *Anolis sagrei* in Grenada with comments on its potential impact on native anoles", *Caribbean Journal of Science*, vol. 38, 270-272.

GREENE, B.T., POWELL, R., HENDERSON, R.W., 2003, "*Mastigodryas bruesi*", *Catalogue of American Amphibians and Reptiles*, No. 777, 1-3.

GROOME, J.R., 1970, *A natural history of the island of Grenada, West Indies*, Trinidad, Caribbean Printers.

HARDY, J.D., Jr., 1982, "Biogeography of Tobago, West Indies, with special reference to amphibians and reptiles: a review", *Bulletin of the Maryland Herpetological Society*, vol. 18, 37-142.

HARDY, J.D., Jr., 1985, "Frog mountain: preliminary comments on the genus *Eleutherodactylus* on the island of Guadeloupe, West Indies", *Bulletin of the Maryland Herpetological Society*, vol. 21, 27-33.

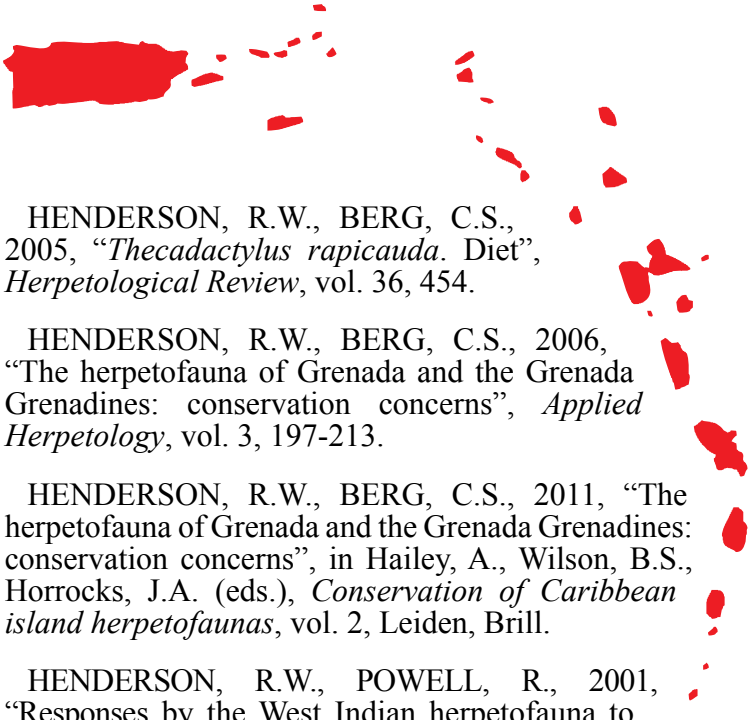
HARDY, J.D., JR., HARRIS, H.S., JR., 1979, "Occurrence of the West Indian frog, *Eleutherodactylus johnstonei*, in South America and on the island of Curaçao", *Bulletin of the Maryland Herpetological Society*, vol. 15, 124-133.

HARDY, J.D., JR., HEYER, W.R., HEDGES, S.B., POWELL, R., 2004, "*Leptodactylus validus*", in IUCN 2010, 2010 IUCN *Red List of Threatened Species*: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org).

HARDY, L.M., COLE, C.J., TOWNSEND, C.R., 1989, "Parthenogenetic reproduction in the Neotropical unisexual lizard, *Gymnophthalmus underwoodi* (Reptilia: Teiidae)", *Journal of Morphology*, vol. 201, 215-234.

HEDGES, S.B., 1996, "The origin of West Indian amphibians and reptiles", in Powell, R., Henderson, R.W. (eds.), *Contributions to West Indian herpetology: a tribute to Albert Schwartz*, Contributions to Herpetology, vol. 12. Ithaca, New York, Society for the Study of Amphibians and Reptiles.

HEDGES, S.B., 2008, "At the lower size limit in snakes: two new species of threadsnakes (Squamata: Leptotyphlopidae: *Leptotyphlops*) from the Lesser Antilles", *Zootaxa*, No. 1841, 1-30.



HENDERSON, R.W., BERG, C.S., 2005, "*Thecadactylus rapicauda*. Diet", *Herpetological Review*, vol. 36, 454.

HENDERSON, R.W., BERG, C.S., 2006, "The herpetofauna of Grenada and the Grenada Grenadines: conservation concerns", *Applied Herpetology*, vol. 3, 197-213.

HENDERSON, R.W., BERG, C.S., 2011, "The herpetofauna of Grenada and the Grenada Grenadines: conservation concerns", in Hailey, A., Wilson, B.S., Horrocks, J.A. (eds.), *Conservation of Caribbean island herpetofaunas*, vol. 2, Leiden, Brill.

HENDERSON, R.W., POWELL, R., 2001, "Responses by the West Indian herpetofauna to human-influenced resources", *Caribbean Journal of Science*, vol. 37, 41-54.

HENDERSON, R.W., POWELL, R., 2005, "Geographic distribution: *Anolis sagrei*", *Herpetological Review*, vol. 36, 467.

HENDERSON, R.W., POWELL, R., 2006, "Geographic distribution: *Tantilla melanocephala*", *Herpetological Review*, vol. 37, 501.

HENDERSON, R.W., POWELL, R., 2009, *Natural history of West Indian reptiles and amphibians*, Gainesville, University Press of Florida.

HENDERSON, R.W., DAUDIN, J., HAAS, G.T., MCCARTHY, T.J., 1992, "Significant distribution records for some amphibians and reptiles in the Lesser Antilles", *Caribbean Journal of Science*, vol. 28, 101-103.

HENDERSON, R.W., DELATTE, A., MCCARTHY, T.J., 1993, "*Gekko gekko* (Sauria: Gekkonidae) established on Martinique, French West Indies", *Caribbean Journal of Science*, vol. 29, 128-129.


HODGE, K.V.D., CENSKY, E.J., POWELL, R., 2003, *The reptiles and amphibians of Anguilla*, British West Indies, The Valley, Anguilla, British West Indies, Anguilla National Trust.

HODGE, K.V.D., POWELL, R., CENSKY, E.J., 2011, "Conserving the herpetofauna of Anguilla", in Hailey, A., Wilson, B.S., Horrocks, J.A. (eds.), *Conservation of Caribbean Island herpetofaunas*, vol. 2, Leiden, Brill.

HORROCKS, J.A., FIELDS, A., 2011, "The herpetofauna of Barbados: anthropogenic impacts and conservation status", in Hailey, A., Wilson, B.S., Horrocks, J.A. (eds.), *Conservation of Caribbean Island herpetofaunas*, vol. 2, Leiden, Brill.

HOWARD, K.G., PARMERLEE, J.S., JR., POWELL, R., 2001, "Natural history of the edificarian geckos *Hemidactylus mabouia*, *Thecadactylus rapicauda*, and





*Sphaerodactylus sputator* on Anguilla”, *Caribbean Journal of Science*, vol. 37, 285-288.

IVERSON, J.B., 1992, *A revised checklist with distribution maps of the turtles of the world*, Richmond, Indiana, privately printed.

JONES, A.G., 1999, The evolutionary history of *Sphaerodactylus fantasticus*. Unpublished Ph.D. Thesis. Bangor, UK, University of Wales.

JOURDANE, J., THERON, A., 1975, “Le cycle biologique de *Gorgoderina rochalimai* Pereira et Cuocolo, 1940, digène parasite de *Bufo marinus* en Guadeloupe”, *Annals de Parasitologie*, vol. 50, 439-445.

KAISER, H., 1992, “The trade-mediated introduction of *Eleutherodactylus martinicensis* (Anura: Leptodactylidae) on St. Barthélémy, French Antilles, and its implications for Lesser Antillean biogeography”, *Journal of Herpetology*, vol. 26, 264-273.

KAISER, H., 1997, “Origins and introductions of the Caribbean frog, *Eleutherodactylus johnstonei* (Leptodactylidae): management and conservation concerns”, *Biodiversity and Conservation*, vol. 6, 1391-1407.

KAISER, H., HARDY, J.D., 1994, “*Eleutherodactylus johnstonei*”, *Catalogue of American Amphibians and Reptiles*, No. 581, 1-5.

KAISER, H., HENDERSON, R.W., 1994, “The conservation status of Lesser Antillean frogs”, *Herpetological Natural History*, vol. 2, No. 2, 41-56.

KAISER, H., WAGENSEIL, R., 1995, “Colonization and distribution of *Eleutherodactylus johnstonei* Barbour (Anura: Leptodactylidae) on Dominica, West Indies”, *Caribbean Journal of Science*, vol. 31, 341-344.

KLUGE, A.G., 1969, “The evolution and geographical origin of the New World *Hemidactylus mabouia-brookii* complex (Gekkonidae, Sauria)”, *Miscellaneous Publications of the Museum of Zoology, University of Michigan*, No. 138, 1-78.

KOLAR, C.S., LODGE, D.M., 2001, “Progress in invasion biology: predicting invaders”, *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 16, 199-204.

KOLBE, J.J., GLOR, R.E., RODRIGUEZ-SCHETTINO, L., CHAMIZO-LARA, A., LARSON, A., LOSOS, J.B., 2004 “Genetic variation increases during biological invasion by a Cuban lizard”, *Nature*, vol. 431, 177-181.

KRAUS, F., 2009, *Alien reptiles and amphibians: a scientific compendium and analysis*, *Invading Nature: Springer Series in Invasion Biology 4*, New York, Springer.



KRAUS, F., CAMPBELL, E.W. ALLISON, A., PRATT, T., 1999, “*Eleutherodactylus* frog introductions to Hawaii”, *Herpetological Review*, vol. 30, 21-25.

LAZELL, J., 1972, “The anoles (Sauria, Iguanidae) of the Lesser Antilles”, *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, vol. 143, 1-115.

LAZELL, J., 1994, “A new *Sphaerodactylus* (Sauria: Gekkonidae) from Bequia, Grenada Bank, Lesser Antilles”, *Breviora*, No. 496, 1-20.

LAZELL, J., SINCLAIR, T., 1990, “Geographic distribution: *Eleutherodactylus johnstonei*”, *Herpetological Review*, vol. 21, 95.

LEMON, R.E., 1971, “Vocal communication by the frog *Eleutherodactylus martinicensis*”, *Canadian Journal of Zoology*, vol. 49, 211-217.

LESCURE, J., 1966, “Le comportement social des batraciens”, *Revue du Comportement Animal*, vol. 2, 1-33.

LESCURE, J., 1979, “Singularité et fragilité de la faune en vertèbres des Petites Antilles”, *Compte Rendu des Séances de la Société de Biogéographie*, vol. 48, 93-109.

LESCURE, J., 1983, “Introductions passives et actives de reptiles et d’amphibiens dans les Antilles et les Guyanes”, *Compte Rendu des Séances de la Société de Biogéographie*, vol. 59, 59-70.

LESCURE, J., 2000, “Répartition passée de *Leptodactylus fallax* Müller, 1923 et d’*Eleutherodactylus johnstonei* Barbour, 1914 (Anoures, Leptodactylidés)”, *Bulletin de la Société Herpétologique de France*, No. 94, 13-23.

LESCURE, J., MARTY, C., 1996, “Repartition d’*Eleutherodactylus johnstonei* Barbour (Anoure, Leptodactylidés), introduction en Guyane Française”, *Biogeographica* (Paris), vol. 72, 121-125.

LEVER, C., 2001, *The cane toad: the history and ecology of a successful colonist*, Otley, Yorkshire, England, Westbury Publishing.


LEVER, C., 2003, *Naturalized reptiles and amphibians of the world*, New York, Oxford University Press.

LONG, E.G., 1974, *The serpent’s tale. Reptiles and amphibians of St. Lucia*. Iounaloa Series No. 2. The Morne, St. Lucia, University of the West Indies Extra Mural Department.

LORVELEC, O., PASCAL, M., PAVIS, C., FELDMANN, P., 2007, “Amphibians and reptiles of the French West Indies: inventory, threats and conservation”, *Applied Herpetology*, vol. 4, 131-161 (note that this and the following chapter are compilations







of previously published reports and contain some erroneous information; readers should consult the original references).

LORVELEC, O., PASCAL, M., PAVIS, C., FELDMANN, P., 2011, "Amphibians and reptiles of the French West Indies: inventory, threats and conservation", in Hailey, A., Wilson, B.S., Horrocks, J.A. (eds.), *Conservation of Caribbean island herpetofaunas*, vol. 2, Leiden, Brill.

LOSOS, J.B., 2009, *Lizards in an evolutionary tree: ecology and adaptive radiation of Anoles*, Berkeley and Los Angeles, University of California Presses.

LYNN, W.G., 1940, "The herpetology of Jamaica. I. Amphibians", *Bulletin of the Institute of Jamaica, Science Series*, No. 1, 1-60.

LYNN, W.G., 1957, "Notes on a collection of reptiles and amphibians from Antigua, B.W.I.", *Herpetologica*, vol. 13, 53-56.

MALHOTRA, A., THORPE, R.S., 1999, *Reptiles and amphibians of the eastern Caribbean*, London, MacMillan Education.

MALHOTRA, A., THORPE, R.S., HYPOLITE, E., JAMES, A., 2007, "A report on the status of the herpetofauna of the Commonwealth of Dominica, West Indies", *Applied Herpetology*, vol. 4, 177-194.

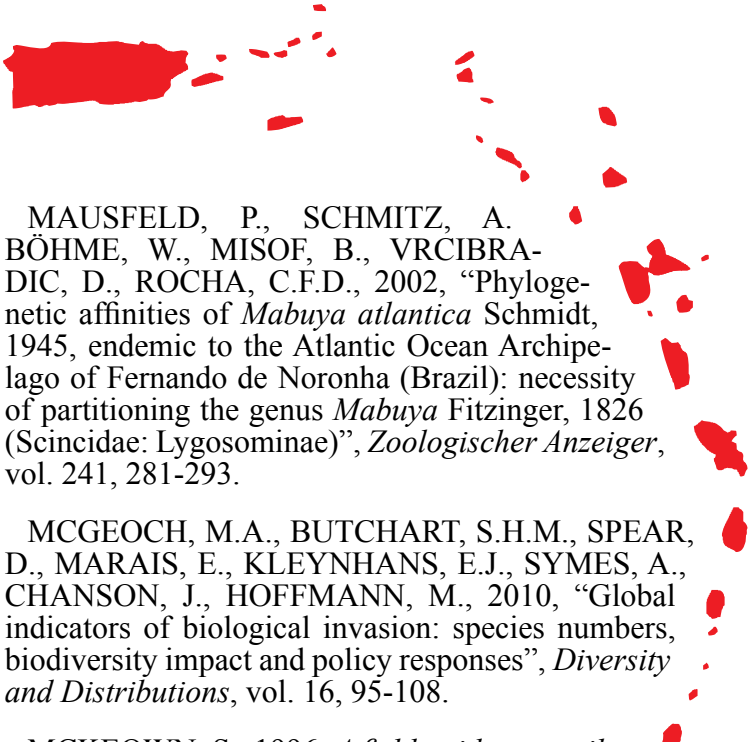
MALHOTRA, A., THORPE, R.S., HYPOLITE, E., JAMES, A., 2011, "A report on the status of the herpetofauna of the Commonwealth of Dominica, West Indies", in Hailey, A., Wilson, B.S., Horrocks, J.A. (eds.), *Conservation of Caribbean island herpetofaunas*, vol. 2, Leiden, Brill.

MALLERY, C.S., JR., MARCUM, M.A., POWELL, R., PARMERLEE, J.S., JR., HENDERSON, R.W., 2007, "Herpetofaunal communities of the leeward slopes and coasts of St. Vincent: a comparison of sites variously altered by human activity", *Applied Herpetology*, vol. 4, 313-325.

MALONE, C.L., DAVIS, S.K., 2004, "Genetic contributions to Caribbean iguana conservation", in Alberts, A., Carter, R., Hayes, W., Martins, E. (eds.), *Iguanas: biology and conservation*, Berkeley, University of California Presses.

MARCHETTI, M.P., MOYLE, P.B., LEVINE, R., 2004, "Alien fishes in California watersheds: characteristics of successful and failed invaders", *Ecological Applications*, vol. 14, 587-596.

MARSH, R.E., 1983, "Unquestionable evidence that the whistling frog of Barbados is indigenous", *Journal of the Barbados Museum and Historical Society*, vol. 37, 68-71.



MAUSFELD, P., SCHMITZ, A. BÖHME, W., MISOF, B., VRCIBRADIC, D., ROCHA, C.F.D., 2002, "Phylogenetic affinities of *Mabuya atlantica* Schmidt, 1945, endemic to the Atlantic Ocean Archipelago of Fernando de Noronha (Brazil): necessity of partitioning the genus *Mabuya* Fitzinger, 1826 (Scincidae: Lygosominae)", *Zoologischer Anzeiger*, vol. 241, 281-293.

MCGEOCH, M.A., BUTCHART, S.H.M., SPEAR, D., MARAIS, E., KLEYNHANS, E.J., SYMES, A., CHANSON, J., HOFFMANN, M., 2010, "Global indicators of biological invasion: species numbers, biodiversity impact and policy responses", *Diversity and Distributions*, vol. 16, 95-108.

MCKEOWN, S., 1996, *A field guide to reptiles and amphibians in the Hawaiian Islands*, Los Osos, California, Diamond Head Publishing.

MESHAKA, W.E., Jr., 2001, *The Cuban Treefrog in Florida. Life history of a successful colonizing species*, Gainesville, University Press of Florida.

MESHAKA, W.E., Jr., Butterfield, B.P., Hauge, J.B., 2004, *The exotic amphibians and reptiles of Florida*, Malabar, Florida, Krieger.

MESHAKA, W.E., JR., POWELL, R., 2009, "Diets of the native Southern Toad (*Anaxyrus terrestris*) and the exotic Cane Toad (*Rhinella marina*) from a single site in south-central Florida", *Florida Scientist*, vol. 73, 173-177.

MILLS, J.H., WAITE, T.A., 2009, "Economic prosperity, biodiversity conservation, and the environmental Kuznets curve", *Ecological Economics*, vol. 68, 2087-2095.

MURPHY, J.C., HENDERSON, R.W., RUTHERFORD, M., 2010, "*Amphisbaena fuliginosa* (Reptilia: Squamata: Amphisbaenidae) in the Lesser Antilles", *Reptiles & Amphibians*, vol. 17, 181-183.

NASSI, H., DUPOUY, J., 1988, "Étude expérimentale du cycle biologique d'*Echinostoma parvocirrus* n. sp. (Trematoda: Echinostomatidae), parasite larvaire de *Biomphalaria glabrata* en Guadeloupe", *Annales de Parasitologie du Humaine et Comparee*, vol. 63, 103-118.

NATHAN, R., PERRY, G., CRONIN, J.T., STRAND, A.E., CAIN, M.L., 2003, "Methods for estimating long-distance dispersal", *Oikos*, vol. 103, 261-273.

NORVILLE, A., 2005, "The diet of *Bufo marinus* in Barbados", Unpublished research project, Cave Hill, University of the West Indies.

ORCHARD, K., 2010, "*Gymnophthalmus underwoodi* (Smooth-scaled Worm



Lizard), distribution”, *Caribbean Herpetology*, vol. 1, no. 12.

OVASKA, K., 1991a, “Reproductive phenology, population structure, and habitat use of the frog *Eleutherodactylus johnstonei* in Barbados, West Indies”, *Journal of Herpetology*, vol. 25, 424-430.

OVASKA, K., 1991b, “Diet of the frog *Eleutherodactylus johnstonei* (Leptodactylidae) in Barbados, West Indies”, *Journal of Herpetology*, vol. 25, 486-488.

OVASKA, K., 1992, “Short- and long-term movements of the frog *Eleutherodactylus johnstonei* in Barbados, West Indies”, *Copeia*, vol. 1992, 569-573.

OVASKA, K., HUNTE, W., 1992, “Male mating behavior of the frog *Eleutherodactylus johnstonei* in Barbados, West Indies”, *Herpetologica*, vol. 48, 40-49.

OWEN, J.L., 2005, The Cuban tree frog (*Osteopilus septentrionalis*): distribution, diet, and reproduction of an invasive species in the British Virgin Islands. Unpublished M.S. Thesis. Lubbock, Texas Tech University.

PAICE, M.R., 2005, “Geographic distribution: *Bufo marinus*”, *Herpetological Review*, vol. 36, 331-332.

PERRY, G., POWELL, R., WATSON, H., 2006, “Keeping invasive species off Guana Island, British Virgin Islands”, *Iguana*, vol. 13, 272-277.

PERRY, G., BUCHANAN, B.W., FISHER, R.N., SALMON, M., WISE, S.E., 2008, “Effects of artificial night lighting on reptiles and amphibians in urban environments”, in Jung, R.E., Mitchell, J.C. (eds.), *Urban herpetology*, Herpetological conservation, vol. 3, Salt Lake City, Utah, Society for the Study of Amphibians and Reptiles.

PINCHON, R., 1967, *Quelques aspects de la nature aux Antilles*, Fort-de-France, Martinique, Impression Caen.

POWELL, R., 1990, “*Hemidactylus palaichthus*”, *Catalogue of American Amphibians and Reptiles*, No. 468, 1.

POWELL, R., 2003, “Exploitation of reptiles in the West Indies: a long history”, *Iguana*, vol. 10, 67-70.

POWELL, R., 2004a, “Species profile: Asian House Gecko (*Hemidactylus frenatus*)”, *Iguana*, vol. 11, 20.

POWELL, R., 2004b, “Conservation of iguanas (*Iguana delicatissima* and *I. iguana*) in the Lesser Antilles”, *Iguana*, vol. 11, 238-246.

POWELL, R., 2006, “Conservation of the herpetofauna on the Dutch Windward Islands: St. Eustatius, Saba, and St. Maarten”, *Applied Herpetology*, vol. 3, 293-306.

POWELL, R., 2007, “Geographic distribution: *Osteopilus septentrionalis*”, *Herpetological Review*, vol. 38, 215.

POWELL, R., 2011, “Conservation of the herpetofauna on the Dutch Windward Islands: St. Eustatius, Saba, and St. Maarten”, in Hailey, A., Wilson, B.S., Horrocks, J.A. (eds.), *Conservation of Caribbean island herpetofaunas*, vol. 2, Leiden, Brill.

POWELL, R., HENDERSON, R.W., 2003, “A second set of addenda to the checklist of West Indian amphibians and reptiles”, *Herpetological Review*, vol. 34, 341-345.

POWELL, R., HENDERSON, R.W., 2005, “Conservation status of Lesser Antillean reptiles”, *Iguana*, vol. 12, 62-77.

POWELL, R., HENDERSON, R.W., 2007, “The St. Vincent (Lesser Antilles) herpetofauna: conservation concerns”, *Applied Herpetology*, vol. 4, 295-312.

POWELL, R., HENDERSON, R.W., 2008, “Urban herpetology in the West Indies”, in Jung, R.E., Mitchell, J.C. (eds.), *Urban herpetology*, Herpetological conservation, vol. 3, Salt Lake City, Utah, Society for the Study of Amphibians and Reptiles.

POWELL, R., HENDERSON, R.W., 2011, “The St. Vincent (Lesser Antilles) herpetofauna: Conservation concerns”, in Hailey, A., Wilson, B.S., Horrocks, J.A. (eds.), *Conservation of Caribbean island herpetofaunas*, vol. 2, Leiden, Brill.

POWELL, R., LINDSAY, K., 1999, “Geographic distribution. *Gymnophthalmus underwoodi*”, *Herpetological Review*, vol. 30, 110.


POWELL, R., PASSARO, R.J. HENDERSON, R.W., 1992, “Noteworthy herpetological records from Saint [sic] Maarten, Netherlands Antilles”, *Caribbean Journal of Science*, vol. 28, 234-235.

POWELL, R., CROMBIE, R.I., BOOS, H.E.A., 1998, “*Hemidactylus mabouia*”, *Catalogue of American Amphibians and Reptiles*, No. 674, 1-11.

POWELL, R., HENDERSON, R.W., PARMERLEE, J.S., Jr., 2005, *Reptiles and amphibians of the Dutch Caribbean: St. Eustatius, Saba, and St. Maarten*, Gallows Bay, St. Eustatius, Netherlands Antilles, St. Eustatius National Parks Foundation.

POWELL, R., HENDERSON, R.W., FARMER, M.C., BREUIL, M., ECHTERNACHT, A.C., VAN BUURT, G., ROMAGOSA, C.M., PERRY, G., 2011, “Introduced amphibians and reptiles in the Greater Caribbean”, in Hailey, A., Wilson, B.S., Horrocks, J.A. (eds.),





*Conservation of Caribbean island herpetofaunas*, vol. 1, Leiden, Brill.

PREGILL, G.K., STEADMAN, D.W., WATTERS, D.R., 1994, "Late Quaternary vertebrate faunas of the Lesser Antilles: historical components of Caribbean biogeography", *Bulletin of the Carnegie Museum of Natural History*, vol. 30, 1-51.

PRITCHARD, P.C.H., TREBBAU, P., 1984, *The turtles of Venezuela*, Contributions to herpetology, vol. 2. Ithaca, New York, Society for the Study of Amphibians and Reptiles.

REED, R.N., KRYSKO, K.L., SNOW, R.W., RODDA, G.H., 2010, "Is the Northern African Python (*Python sebae*) established in southern Florida?", *Reptiles & Amphibians*, vol. 17, 52-54.

RICHARDSON, D.M., PYŠEK, P., 2006, "Plant invasions: merging the concepts of species invasiveness and community invisibility", *Progress in Physical Geography*, vol. 30, 409-431.

RÖDDER, D., WEINSHEIMER, F., 2010, "Will future anthropogenic climate change increase the potential distribution of the alien invasive Cuban treefrog (*Anura: Hylidae*)?", *Journal of Natural History*, vol. 43, 1207-1217.

ROUGHGARDEN, J., PACALA, S., RUMMEL, J., 1984, "Strong present-day competition between the *Anolis* lizard populations of St. Maarten (Neth. Antilles)", *Evolutionary Ecology*, vol. 23, 203-220.

SANDER, J.M., GERMANO, J.M., POWELL, R., HENDERSON, R.W., 2003, "Colour and pattern polymorphism in *Eleutherodactylus johnstonei* on Grenada", *Herpetological Bulletin*, No. 83, 22-25.

SCANTLEBURY, D., NG, J., LANDESTOY, M., GLOR, R.E., 2010, "*Hemidactylus frenatus* and *Gymnophthalmus underwoodi* in the Dominican Republic", *Reptiles & Amphibians*, vol. 17, 180-181.

SCHOMBURGK, R.H., 1848, *The history of Barbados*, London, Frank Cass (reprint 1971).

SCHWARTZ, A., 1967, "Frogs of the genus *Eleutherodactylus* in the Lesser Antilles", *Studies on the Fauna of Curaçao and Other Caribbean Islands*, vol. 24, 1-62.

SCHWARTZ, A., HENDERSON, R.W., 1988, "West Indian amphibians and reptiles: a check-list", Milwaukee Public Museum Contributions in Biology and Geology, No. 74, 1-264.

SCHWARTZ, A., HENDERSON, R.W., 1991, *Amphibians and reptiles of the West Indies: descriptions, distributions, and natural history*, Gainesville, University of Florida Press.

SCHWARTZ, A., THOMAS, R., 1975, "A checklist of West Indian amphibians and reptiles", *Carnegie Museum of Natural History Special Publication*, No. 1, 1-216.

SCHWARTZ, A., THOMAS, R., OBER, L.D., 1978, "First supplement to a check-list of West Indian amphibians and reptiles", *Carnegie Museum of Natural History Special Publication*, No. 5, 1-35.

SEIDEL, M.E., 1988, "Revision of the West Indian emydid turtles (Testudines)", *American Museum Novitates*, No. 2918, 1-41.

SEIDEL, M.E., 1996, "Current status of biogeography of the West Indian turtles in the genus *Trachemys* (Emydidae)", in Powell, R., Henderson, R.W. (eds.), *Contributions to West Indian herpetology: a tribute to Albert Schwartz*, Contributions to herpetology, vol. 12, Ithaca, New York, Society for the Study of Amphibians and Reptiles.

SEIDEL, M.E., ADKINS, M.D., 1987, "Biochemical comparisons among West Indian *Trachemys* (Emydidae: Testudines)", *Copeia*, vol. 1987, 485-489.

SEMENTELLI, A., SMITH, H.T., MESHAKA, W.E., JR., ENGEMAN, R.M., 2008, "Just green iguanas: the associated costs and policy implications of exotic invasive wildlife in south Florida", *Public Works Management & Policy*, vol. 12, 599-606.

SERVAN, J., ARVY, C., 1997, "Introduction de la tortue de Floride *Trachemys scripta* en France: un nouveau compétiteur pour les espèces de tortues d'eau douce européennes", *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, vol. 344/345, 173-177.


SNOW, R.W., KRYSKO, K.L., ENGE, K.M., OBERHÖFER, L., WARREN-BRADLEY, A., WILKINS, L., 2007, "Introduced populations of *Boa constrictor* (Boidae) and *Python molurus bivittatus* (Pythonidae) in southern Florida", in Henderson, R.W., Powell, R. (eds.), *Biology of the boas and pythons*, Eagle Mountain, Utah, Eagle Mountain Publishing.

STRAUSS, S.Y., WEBB, C.O., SALAMIN, N., 2006, "Exotic taxa less related to native species are more invasive", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 103, 5841-5845.

THORPE, R.S., JONES, A.G., MALHOTRA, A., SURGET-GROBA, Y., 2008, "Adaptive radiation in Lesser Antillean lizards: molecular phylogenetics and species recognition in the Lesser Antillean dwarf gecko complex, *Sphaerodactylus fantasticus*", *Molecular Ecology*, vol. 17, 1489-1504.

TOLSON, P.J., HENDERSON, R.W., 2011, "An overview of snake conservation in the West Indies", in Hailey, A., Wilson, B.S., Horrocks, J.A. (eds.), *Conservation of Caribbean island herpetofaunas*, vol. 1, Leiden, Brill.





TOWNSEND, J.H., EATON, J.M., POWELL, R., PARMERLEE, J.S., JR., HENDERSON, R.W., 2000, "Cuban Treefrogs (*Osteopilus septentrionalis*) in Anguilla, Lesser Antilles", *Caribbean Journal of Science*, vol. 36, 326-328.

TRAKHTENBROT, A., NATHAN, R., PERRY, G., RICHARDSON, D.M., 2005, "The importance of long-distance dispersal in conservation", *Diversity and Distributions*, vol. 11, 173-181.

TREGLIA, M.L., 2006, "An annotated checklist of the amphibians and reptiles of St. Vincent, West Indies", *Iguana*, vol. 13, 251-262.

TREGLIA, M.L., MUENSCH, A.J., POWELL, R., PARMERLEE, J.S., JR., 2008, "Invasive *Anolis sagrei* on St. Vincent and its potential impact on perch heights of *Anolis trinitatis*", *Caribbean Journal of Science*, vol. 44, 251-256.

TUCKER, R.W.E., 1940, "*Bufo marinus* L. in Barbados", *Agricultural Journal*, vol. 8, 145-150.

TURK, P.A., WYSZYNSKI, N.N., POWELL, R., HENDERSON, R.W., 2010, "Population densities and water-loss rates of *Gymnophthalmus pleii*, *Gymnophthalmus underwoodi* (Gymnophthalmidae), and *Sphaerodactylus fantasticus fuga* (Sphaerodactylidae) on Dominica, West Indies", *Salamandra*, vol. 46, 125-130.

UNDERWOOD, G., 1959, "The anoles of the eastern Caribbean (Sauria, Iguanidae). Part III. Revisionary notes", *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, vol. 121, 191-226.

UNDERWOOD, G., 1962, "Reptiles of the eastern Caribbean", *Caribbean Affairs*, new series, vol. 1, iv + 192 p.


UNDERWOOD, G., HORROCKS, J.A., DALTRY, J.C., 1999, "A new snake from Barbados", *Journal of the Barbados Museum and Historical Society*, vol. 45, 67-75.

VAN BUEL, H., POWELL, R., 2006, "Geographic distribution: *Gymnophthalmus underwoodi*", *Herpetological Review*, vol. 37, 494.

VAN BUURT, G., 2007, "Breeding population of *Osteopilus septentrionalis* in Curaçao", *Applied Herpetology*, vol. 4, 390-391.

VANZOLINI, P.E., 1978, "On South American *Hemidactylus*", *Papéis Avulsos de Zoologia, São Paulo*, vol. 31, 307-343.

VENCES, M., VIEITES, D.R., GLAW, F., BRINKMANN, H., KOSUCH, J., VEITH, M., MEYER, A., 2003, "Multiple overseas dispersal in amphibians", *Proceedings of the Royal Society B*, vol. 270, 2435-2442.



WAGNER, M., 2008, "The carbon Kuznets curve: a cloudy picture emitted by bad econometrics?", *Resource and Energy Economics*, vol. 30, 388-408.

WAITE, F.C., 1901, "*Bufo agua* in the Bermudas", *Science*, vol. 13, 342-343.

WATSON, K., 2008, "Natural history observations for 2008", *Journal of the Barbados Museum and Historical Society*, vol. 54, 261-268.

WEISS, A.J., HEDGES, S.B., 2007, "Molecular phylogeny and biogeography of the Antillean geckos *Phyllodactylus wirshingi*, *Tarentola americana*, and *Hemidactylus haitianus* (Reptilia, Squamata)", *Molecular Phylogenetics and Evolution*, vol. 45, 409-416.

WILLIAMS, E.E., 1969, "The ecology of colonization as seen in the zoogeography of anoline lizards on small islands", *Quarterly Review of Biology*, vol. 44, 345-389.

WILLIAMSON, K.E., POCHE, A.J., JR., GREENE, B.T., HARRIS, B.R., GERMANO, J.M., SIMMONS, P.M., YORKS, D.T., POWELL, R., PARMERLEE, J.S., JR., HENDERSON, R.W., 2002, "Herpetofauna of Hog Island, Grenada", *Herpetological Bulletin*, No. 82, 26-29.

WILSON, B.S., KOENIG, S.E., VAN VEEN, R., MIERSMA, E., RUDOLPH, D.C., 2010, "Cane Toads a threat to West Indian wildlife: Mortality of Jamaican boas attributable to toad ingestion", *Biological Invasions*, vol. 13, 55-60.

WILSON, S.M., 2001, "The prehistory and early history of the Caribbean", in Woods, C.A., Sergile, F.E. (eds.), *Biogeography of the West Indies: patterns and perspectives*, Boca Raton, Florida, CRC Press.

WITTENBERG, R., COCK, M.J.W., Eds., 2001, *Invasive alien species: a toolkit of best prevention and management practices*, Wallingford, Oxfordshire, UK, CAB International.

WOLCOTT, G.N., 1937, "What the giant Suriname Toad, *Bufo marinus* L., is eating now in Puerto Rico", *Journal of Agriculture, University of Puerto Rico*, vol. 21, 79-84.

YANEK, K., HEYER, W.R., DE SA, R.O., 2006, "Genetic resolution of the enigmatic Lesser Antillean distribution of the frog *Leptodactylus validus* (Anura, Leptodactylidae)", *South American Journal of Herpetology*, vol. 1, 192-201.



**Table 1.** Species of amphibians and reptiles introduced in the Lesser Antilles. Status: W = widespread (likely to be encountered within a few minutes of searching), L = localized (likely to be encountered at most sporadically, even in appropriate habitat, although possibly abundant within a few small areas), E = presumably extirpated or failed introduction, S = stray (no indication of a breeding population ever becoming established). Question marks (?) indicate uncertainty about a published record or, in the case of *Eleutherodactylus johnstonei*, the native range. \* = at least some individuals probably introduced intentionally. \*\* = source almost certainly was populations introduced into Florida or other southeastern US states (although some might be secondary introductions from populations established from Florida stock). Most of the following records are included in the database of introductions in Kraus (2009) and are listed in Schwartz and Henderson (1991) and Henderson and Powell (2009). References cited are those that document or confirm an introduction; all references pertaining to introduced populations are not necessarily listed.

| Species (Native Range)  | Introduced (Status)                           | Pertinent Reference(s)  |
|---|---|---|
| <b>FROGS</b>  |   |   |
| <b>Amphibia: Anura: Bufonidae</b>   |   |   |
| <i>Rhinella marina</i> <sup>1</sup><br>(Neotropical mainland)                                 | Anguilla (S)<br>Antigua* (W)<br>Barbados* (W) | Hodge <i>et al.</i> , 2003<br>Clark, 1916; Lynn, 1957; Esteal, 1981; Esteal <i>et al.</i> , 1981<br>Schomburgk, 1848; Gosse, 1851; Waite, 1901; Clark, 1916; Tucker, 1940; Bayley, 1950;<br>Grant, 1959; Esteal, 1981; Esteal <i>et al.</i> , 1981; Everard <i>et al.</i> , 1988; Forde, 2005;<br>Norville, 2005; Fields and Horrocks, 2009; Horrocks and Fields, 2011<br>Daudin and de Silva, 2007, 2011 |
| Canouan (Grenadines) (S)  |   | Lever, 2001, 2003; Daudin and de Silva, 2007, 2011  |
| Carriacou (Grenadines) (S)  |   | Esteal, 1981; Esteal <i>et al.</i> , 1981b; Lever, 2001   |
| Dominica (E)  |   | Barbour, 1914; Esteal, 1981; Esteal <i>et al.</i> , 1981; Everard <i>et al.</i> , 1980, 1983; Germano <i>et al.</i> , 2003  |
| Grenada* (W)  |   | Jourdane and Theron, 1975; Schwartz and Thomas, 1975; Esteal, 1981; Esteal <i>et al.</i> , 1981; Nassi and Dupouy, 1988; Breuil, 2002   |
| Guadeloupe* (W)   |   | Gosse, 1851; Waite, 1901; Barbour, 1937; Esteal, 1981; Esteal <i>et al.</i> , 1981; Breuil, 2009  |
| Martinique* (W)   |   | Barbour, 1914, 1937; Esteal, 1981; Esteal <i>et al.</i> , 1981  |
| Montserrat* (W)   |   | Paice, 2005; Daudin and de Silva, 2007, 2011  |
| Mustique (Grenadines) (L)   |   | Barbour, 1914, 1937; Esteal, 1981; Esteal <i>et al.</i> , 1981; Lever, 2001   |
| Nevis* (W)  |   | Barbour, 1914, 1937; Esteal, 1981; Esteal <i>et al.</i> , 1981  |
| St. Christopher* (W)  |   | Barbour, 1914, 1937; Esteal, 1981; Esteal <i>et al.</i> , 1981  |
| St. Lucia* (W)  |   | Barbour, 1914, 1937; Esteal, 1981; Esteal <i>et al.</i> , 1981  |
| St. Vincent* (W)  |   | Clark, 1916; Esteal, 1981; Esteal <i>et al.</i> , 1981; Censky and Kaiser, 1999; Lever, 2001;<br>Treglia, 2006; Mallery <i>et al.</i> , 2007; Powell and Henderson, 2007, 2011  |
| Union (Grenadines) (S)  |   | J. Daudin, pers. comm.  |
| <b>Amphibia: Anura: Eleutherodactylidae</b> (formerly assigned to the family Leptodactylidae) |   |   |
| <i>Eleutherodactylus johnstonei</i><br>(Antigua Bank?)  | Anguilla (L)                                  | Censky, 1989; Kaiser and Hardy, 1994; Hodge <i>et al.</i> , 2003  |

<sup>1</sup> Some insular populations might have become established via natural over-water dispersal.

| Species (Native Range)                      | Introduced (Status)        | Pertinent Reference(s)  |
|---|----------------------------|---|
|   | Barbados (W) <sup>2</sup>  | Feilden, 1889, 1903; Bayley, 1950; Grant 1959; Schwartz, 1967; Lemon, 1971; Marsh, 1983; Everard <i>et al.</i> , 1990; Ovaska, 1991a, 1991b, 1992; Ovaska and Hunte, 1992; Kaiser and Hardy, 1994; Kaiser, 1997; Fields and Horrocks, 2009; Horrocks and Fields, 2011<br>Kaiser, 1997 |
| Barbuda (L)                                 | Bequia (Grenadines)*(L)    | Lazell and Sinclair, 1990; Kaiser and Hardy, 1994; Lazell, 1994; Daudin and de Silva, 2007, 2011  |
| Canouan (Grenadines) (L)                    | Carriacou (Grenadines) (L) | Daudin and de Silva, 2007, 2011   |
| Dominica (E <sup>3</sup> )                  |                            | Bullock and Evans, 1990; Corke, 1992; Kaiser, 1992, 1997; Kaiser and Hardy, 1994; Kaiser and Wagenseil, 1995; Daniells <i>et al.</i> , 2008   |
| Grenada (W)                                 |                            | Barbour, 1914; Schwartz, 1967; Kaiser and Hardy, 1994; Kaiser and Henderson, 1994; Kaiser, 1997; Goldberg <i>et al.</i> , 1998; Williamson <i>et al.</i> , 2002; Germano <i>et al.</i> , 2003; Sander <i>et al.</i> , 2003; Henderson and Berg, 2005, 2006, 2011                      |
| Guadeloupe (W)                              |                            | Schwartz <i>et al.</i> , 1978; Hardy and Harris, 1979; Hardy, 1985; Henderson <i>et al.</i> , 1992; Kaiser and Hardy, 1994; Kaiser and Henderson, 1994; Kaiser, 1997; Breuil, 2002; Breuil <i>et al.</i> , 2009   |
| Les îles des Saintes (W)                    |                            | Breuil, 2002  |
| Marie-Galante (W)                           |                            | Henderson <i>et al.</i> , 1992; Kaiser and Hardy, 1994; Breuil, 2002; Breuil <i>et al.</i> , 2009   |
| Martinique (W)                              |                            | Lescure, 1966; Kaiser and Henderson, 1994; Lescure and Marty, 1996; Kaiser, 1997; Breuil, 2009; Breuil <i>et al.</i> , 2009   |
| Montserrat (?)                              |                            | Kaiser and Hardy, 1994  |
| Mustique (Grenadines) (L)                   |                            | Henderson <i>et al.</i> , 1992; Kaiser and Hardy, 1994; Daudin and de Silva, 2007, 2011   |
| Nevis (?)                                   |                            | Kaiser and Hardy, 1994  |
| Petit St. Vincent (Grenadines) (L)          |                            | Daudin and de Silva, 2007, 2011   |
| Saba (W)                                    |                            | Kaiser and Hardy, 1994; Powell <i>et al.</i> , 2005; Powell, 2006   |
| St.-Barthélemy (L)                          |                            | Kaiser, 1992; Breuil, 2002; Lorgelec <i>et al.</i> , 2007, 2011; Breuil <i>et al.</i> , 2009  |
| St. Christopher (?)                         |                            | Kaiser and Hardy, 1994  |
| St. Eustatius (L)                           |                            | Kaiser and Hardy, 1994; Powell <i>et al.</i> , 2005; Powell, 2006   |
| St. Lucia (L)                               |                            | Lescure and Marty, 1996; Lescure, 2000  |
| St.-Martin/St. Maarten (L)                  |                            | Kaiser and Hardy, 1994; Breuil, 2002; Powell <i>et al.</i> , 2005; Powell, 2006   |
| St. Vincent (W)                             |                            | Lescure, 2000; Treglia, 2006; Mallery <i>et al.</i> , 2007; Powell and Henderson, 2007, 2011  |
| <i>Eleutherodactylus martinicensis</i>      | St.-Barthélemy (L)         | Kaiser, 1992; Breuil <i>et al.</i> , 2009   |
| (Antigua, Guadeloupe, Dominica, Martinique) | St.-Martin/St. Maarten (L) | Breuil, 2002; Breuil <i>et al.</i> , 2009   |

<sup>2</sup> Marsh (1983) indicated that this species was native to Barbados.

<sup>3</sup> See Daniells *et al.* (2008) and Carter *et al.* (2009).

| Species (Native Range)   | Introduced (Status)  | Pertinent Reference(s)   |
|--|--|--|
| <i>Eleutherodactylus planirostris</i><br>(Cuba, Bahamas)             | Grenada (S <sup>4</sup> )  | Kaiser, 1992; Kraus <i>et al.</i> , 1999   |
| <i>Eleutherodactylus</i> sp.<br>(?)                                  | Guadeloupe (S)<br>Union Island (Grenadines) (L <sup>5</sup> )  | Breuil, 2002<br>Henderson <i>et al.</i> , 1992; Kaiser and Hardy, 1994; Kaiser and Wagenseil, 1995; Kaiser, 1997; Daudin and de Silva, 2007, 2011  |
| <b>Amphibia: Anura: Hylidae</b>                                      |  |  |
| <i>Osteopilus septentrionalis</i><br>(Cuba, Bahamas, Cayman Islands) | Anguilla** (W)<br>Antigua** (W)<br>Dominica** (S)<br>Nevis** (S)<br>Saba** (S)<br>St.-Barthélemy** (W)<br>St.-Martin/St. Maarten** (W) | Townsend <i>et al.</i> , 2000; Hodge <i>et al.</i> , 2003<br>Daltry, 2007, 2011<br>Malhotra <i>et al.</i> , 2007, 2011<br>Lever, 2003<br>Powell, 2006, 2007<br>Breuil, 2002; Hodge <i>et al.</i> , 2003; Breuil <i>et al.</i> , 2009<br>Powell <i>et al.</i> , 1992 <sup>6</sup> , 2005; Kaiser and Henderson, 1994; Townsend <i>et al.</i> , 2000; Breuil, 2002; Hodge <i>et al.</i> , 2003; Breuil <i>et al.</i> , 2009; Lorvelec <i>et al.</i> , 2011 |
| <i>Scinax ruber</i><br>(Neotropical mainland)                        | Martinique (W)<br>St. Lucia (L)  | Breuil, 2002, 2009; Breuil <i>et al.</i> , 2009; Breuil, 2011<br>Boulenger, 1891; Barbour, 1914, 1937; Corke, 1992; Kaiser and Henderson, 1994; Censky and Kaiser, 1999  |
| <i>Scinax x-signatus</i><br>(Neotropical mainland)                   | Guadeloupe (W)<br>Marie-Galante (L)<br>La Désirade (L)<br>Martinique (L)   | Breuil, 2004; Lorvelec <i>et al.</i> , 2011; Breuil and Ibéné, 2008; Breuil <i>et al.</i> , 2009<br>Breuil and Ibéné, 2008; Lorvelec <i>et al.</i> , 2011<br>Breuil and Ibéné, 2008<br>Breuil <i>et al.</i> , 2009; Breuil, 2011   |
| <b>Amphibia: Anura: Leptodactylidae</b>                              |  |  |
| <i>Leptodactylus fallax</i><br>(Dominica, Montserrat)                | Grenada* (E)<br>Martinique* (E)  | Groome, 1970<br>Lescure, 1983  |
| <i>Leptodactylus validus</i> <sup>7</sup><br>(Northern SA)           | Bequia (Grenadines) (L)<br>Grenada (W)<br>St. Vincent (W)  | Hardy <i>et al.</i> , 2004; Yanek <i>et al.</i> , 2006; Camargo <i>et al.</i> , 2009<br>Hardy <i>et al.</i> , 2004; Yanek <i>et al.</i> , 2006; Camargo <i>et al.</i> , 2009<br>Hardy <i>et al.</i> , 2004; Treglia, 2006; Yanek <i>et al.</i> , 2006; Camargo <i>et al.</i> , 2009  |
| <b>LIZARDS</b>   |  |  |
| Reptilia: Squamata: Gekkonidae                                       |  |  |

<sup>4</sup> Until recently, this species was thought to be native to the Grenada and St. Vincent banks, but Yanek *et al.* (2006) suggested that the Lesser Antillean populations might have arrived with human mediation.

<sup>5</sup> This is almost certainly a spurious record based on an unpublished observation promulgated in the literature.

<sup>6</sup> This frog usually is represented in the literature as *Eleutherodactylus johnstonei*.

<sup>7</sup> Previously listed by Schwartz and Henderson (1991), but misidentified as *Scinax rubra*.

| Species (Native Range)  | Introduced (Status)   | Pertinent Reference(s)   |
|---|---|--|
| <i>Gekko gecko</i><br>(Southeastern Asia)                               | Guadeloupe (L)<br>Martinique* (L)   | Breuil, 2004, 2009; Breuil and Ibéné, 2008; Breuil <i>et al.</i> , 2010; Lorgelec <i>et al.</i> , 2011<br>Henderson <i>et al.</i> , 1993; Breuil, 2009; Breuil <i>et al.</i> , 2010  |
| <i>Hemidactylus palaichthus</i><br>(Northeastern SA)                    | Maria Island (off St. Lucia) (L)  | Kluge, 1969; Powell, 1990  |
| <b>Reptilia: Squamata: Gymnophthalmidae</b>                             |   |  |
| <i>Gymnophthalmus underwoodi</i> <sup>8</sup><br>(Neotropical mainland) | Antigua (L)<br>Barbados <sup>9</sup> (W)<br>Barbuda (?)<br>Bequia (Grenadines) (?)<br>Dominica (L)<br>Grenada (L)<br>Guadeloupe (W)<br>La Désirade (W)<br>Marie-Galante (W)<br>Martinique <sup>10</sup> (L)<br>St.-Martin/St. Maarten (L) | Powell and Lindsay, 1999; Daltry, 2007, 2011<br>Grant, 1958; Fields and Horrocks, 2009<br>Censky and Lindsay, 1997<br>Lazell and Sinclair, 1990<br>Brooks, 1983 (as "G. pleei"); Daniells <i>et al.</i> , 2008<br>Hardy, 1982<br>Schwartz and Thomas, 1975; Breuil, 2002; Breuil <i>et al.</i> , 2010<br>Breuil, 2002<br>Breuil, 2002; Breuil <i>et al.</i> , 2010<br>Breuil, 2002, 2009; Breuil <i>et al.</i> , 2010<br>van Buel and Powell, 2006; Breuil, 2009; Breuil <i>et al.</i> , 2010; Lorgelec <i>et al.</i> , 2011<br>Powell, 2011         |
| <b>Reptilia: Squamata: Iguanidae</b>                                    |   |  |
| <i>Iguana iguana</i> <sup>11</sup><br>(Neotropics)                      | St. Vincent (W)<br>Union Island (Grenadines) (L)<br>Anguilla <sup>12</sup> (L)<br>Antigua (S)<br>Barbuda (S)<br>Guadeloupe <sup>13</sup> (W)<br>Les Îles des Saintes <sup>14</sup> (W)<br>Marie Galante <sup>15</sup> (L)                 | Schwartz and Thomas, 1975; Treglia, 2006<br>RP, RWH, pers. obs.<br>Censky <i>et al.</i> , 1998, Hodge <i>et al.</i> , 2003, 2011; Powell, 2004b<br>Powell, 2004b; Powell <i>et al.</i> , 2005<br>Powell, 2004b; Powell <i>et al.</i> , 2005<br>Day and Thorpe, 1996; Breuil, 2002; Day <i>et al.</i> , 2000; Powell, 2004b; Breuil <i>et al.</i> , 2007, 2010<br>Breuil, 2000, 2002; Powell, 2004b; Breuil <i>et al.</i> , 2007, 2010<br>Breuil, 2002; Powell, 2004b; Breuil <i>et al.</i> , 2007, 2010; Lorgelec <i>et al.</i> , 2007 <sup>16</sup> |

<sup>8</sup> Some insular populations might have become established via natural over-water dispersal.

<sup>9</sup> Horrocks and Fields (2011) implied that the population on Barbados is native.

<sup>10</sup> Also Rocher du Diamant (MB).

<sup>11</sup> Iguanas might have reached many islands via natural over-water dispersal, but populations might also have become established as a consequence of relocations by Amerindians or early European colonists or, more recently, as a result of escaped or released pets. Extant populations might include descendants of individuals that arrived there by all three mechanisms (Powell, 2004).

<sup>12</sup> Anguillian populations include released/escaped pets (Hodge *et al.*, 2003) and descendants of animals that arrived via natural rafting (Censky *et al.*, 1998).

<sup>13</sup> The population might or might not be introduced or may consist of descendants of animals that arrived naturally and of others that were introduced.

<sup>14</sup> The population might or might not be introduced or may consist of descendants of animals that arrived naturally and of others that were introduced.

<sup>15</sup> The population might or might not be introduced or may consist of descendants of animals that arrived naturally and of others that were introduced.

<sup>16</sup> This paper is cited here and elsewhere despite the fact that some of the authors' data are suspect; for example, they indicate that extant populations of *Iguana delicatissima* remain on St.-Martin/St. Maarten, Les Îles de Saintes, and Grande-Terre (Guadeloupe) and they suggest that *I. delicatissima* and invasive *I. iguana* are no longer competing or hybridizing.



| Species (Native Range)   | Introduced (Status)  | Pertinent Reference(s)   |
|--|--|--|
|  | Martinique <sup>17</sup> (W)   | Breuil, 2000, 2002, 2009; Powell, 2004b; Breuil <i>et al.</i> , 2007, 2010; Lorgelec <i>et al.</i> , 2007  |
|  | St.-Barthélemy (S)   | Breuil, 2009; Breuil <i>et al.</i> , 2010; Lorgelec <i>et al.</i> , 2011   |
|  | St.-Martin/St. Maarten (W)   | Breuil, 2002; Powell, 2004b; Powell <i>et al.</i> , 2005; Breuil <i>et al.</i> , 2007, 2010; Lorgelec <i>et al.</i> , 2007; Powell and Henderson, 2008   |
|  | St. Lucia (S)  | Morton, 2008   |
| <b>Reptilia: Squamata: Polychrotidae</b>                       |  |  |
| <i>Anolis bimaculatus</i><br>(St. Christopher Bank)            | Dominica (S)<br>St.-Martin/St. Maarten (E)   | A. James, pers. comm.<br>Powell <i>et al.</i> , 1992, 2005   |
| <i>Anolis carolinensis</i><br>(Southeastern US)                | Anguilla (L)   | Eaton <i>et al.</i> , 2001; Hodge <i>et al.</i> , 2003   |
| <i>Anolis cristatellus</i><br>(Puerto Rico Bank)               | Dominica (L)<br>St.-Martin/St. Maarten (L)   | Powell and Henderson, 2003; Malhotra <i>et al.</i> , 2007, 2011; Daniells <i>et al.</i> , 2008; Ackley <i>et al.</i> , 2009<br>Breuil <i>et al.</i> , 2010   |
| <i>Anolis extremus</i><br>(Barbados)                           | St. Lucia (L)  | Underwood, 1962; Lazell, 1972; Gorman, 1976; Gorman <i>et al.</i> , 1978; Corke, 1992; Giannasi <i>et al.</i> , 1997   |
| <i>Anolis sagrei</i><br>(Cuba, Bahamas, Lesser Cayman Islands) | Barbados** (L)<br>Canouan (Grenadines) (L)<br>Grenada** (L)<br>St.-Martin/St. Maarten** (L)<br>St. Vincent** (L) | Fields and Horrocks, 2009; Horrocks and Fields, 2011<br>M. de Silva, pers. comm.<br>Greene <i>et al.</i> , 2002; Germano <i>et al.</i> , 2003; Kolbe <i>et al.</i> , 2004<br>Fläschendräger, 2010<br>Henderson and Powell, 2005; Treglia, 2006; Mallery <i>et al.</i> , 2007; Powell and Henderson, 2007, 2011; Treglia <i>et al.</i> , 2008 |
| <i>Anolis watti</i><br>(Antigua)                               | St. Lucia (L)  | Underwood, 1959, 1962; Lazell, 1972; Gorman, 1976; Corke, 1992   |
| <b>Reptilia: Squamata: Sphaerodactylidae</b>                   |  |  |
| <i>Gonatodes vittatus</i><br>(Neotropics, Aruba?)              | Dominica (E)   | Malhotra <i>et al.</i> , 2007, 2011  |
| <i>Sphaerodactylus microlepis</i><br>(St. Lucia)               | Dominica (S)   | Evans, 1989; Malhotra and Thorpe, 1999   |

<sup>17</sup> The population might or might not be introduced or may consist of descendants of animals that arrived naturally and of others that were introduced.

| Species (Native Range)   | Introduced (Status)   | Pertinent Reference(s)  |
|--|---|---|
| <b>Reptilia: Squamata: Teiidae</b>                               |   |   |
| <i>Ameiva ameiva</i><br>(Trinidad?)                              | Barbados (L)  | Corrie, 2001; Watson, 2008; Fields and Horrocks, 2009; Horrocks and Fields, 2011  |
| <b>AMPHISBAENIANS</b>  |   |   |
| <b>Reptilia: Squamata: Amphisbaenidae</b>                        |   |   |
| <i>Amphisbaena fuliginosa</i><br>(Neotropics)                    | Grenada (S?)<br>St. Lucia (S?)  | Murphy <i>et al.</i> , 2010<br>Murphy <i>et al.</i> , 2010  |
| <b>SNAKES</b>  |   |   |
| <b>Reptilia: Squamata: Boidae</b>                                |   |   |
| <i>Boa constrictor</i><br>(Neotropics)                           | Guadeloupe* <sup>18</sup> (S)<br>Martinique (S)<br>St.-Martin/St. Maarten (S)                     | Barré <i>et al.</i> , 1997; Breuil, 2002; Breuil <i>et al.</i> , 2010<br>Breuil, 2009; Breuil <i>et al.</i> , 2010<br>Powell <i>et al.</i> , 2005   |
| <i>Epicrates cenchria</i><br>(Neotropics)                        | Martinique (S)<br>St.-Martin/St. Maarten (S)  | Breuil and Ibéné, 2008; Breuil, 2009; Breuil <i>et al.</i> , 2010<br>Powell <i>et al.</i> , 2005  |
| <b>Reptilia: Squamata: Colubridae</b>                            |   |   |
| <i>Mastigodryas bruesi</i><br>(Grenada or St. Vincent bank)      | Barbados (L)  | Underwood <i>et al.</i> , 1999; Greene <i>et al.</i> , 2003; Powell and Henderson, 2007, 2011; Fields and Horrocks, 2009; Horrocks and Fields, 2011   |
| <i>Pantherophis alleghaniensis</i> <sup>19</sup><br>(Eastern US) | Martinique (S)  | Breuil and Ibéné, 2008; Lorgelec <i>et al.</i> , 2011   |
| <i>Pantherophis guttatus</i><br>(Southeastern US)                | Anguilla (S)<br>Antigua (S)<br>Martinique (S)<br>St.-Barthélemy (S)<br>St.-Martin/St. Maarten (S) | Hodge <i>et al.</i> , 2003<br>Powell and Henderson, 2003<br>Breuil, 2009; Breuil <i>et al.</i> , 2010<br>Breuil, 2002; Hodge <i>et al.</i> , 2003; Breuil <i>et al.</i> , 2010<br>Powell <i>et al.</i> , 2005; Breuil <i>et al.</i> , 2010      |
| <i>Tantilla melanocephala</i><br>(Trinidad, SA)                  | Carriacou (Grenadines) (S)<br>Grenada (L)<br>Mustique (Grenadines) (S)<br>Union (Grenadines) (S)  | J. Boone and D. Scantlebury, pers. comm.<br>Berg <i>et al.</i> , 2009; Tolson and Henderson, 2011<br>Henderson and Powell, 2006; Berg <i>et al.</i> , 2009; Tolson and Henderson, 2011<br>Berg <i>et al.</i> , 2009; Tolson and Henderson, 2011 |

<sup>18</sup> This record might pertain to *Boa nebulosa* (Lorgelec *et al.*, 2011).

<sup>19</sup> This species also has been assigned to the genus *Scotophis*.

| Species (Native Range)   | Introduced (Status)   | Pertinent Reference(s)  |
|--|---|---|
| <b>Reptilia: Squamata: Dipsadidae</b>                                  |   |   |
| <i>Alsophis rufiventris</i><br>(Saba, St. Eustatius)                   | St.-Martin/St. Maarten (S)  | Powell <i>et al.</i> , 2005   |
| <b>Reptilia: Squamata: Natricidae</b>                                  |   |   |
| <i>Natrix natrix</i><br>(Europe)                                       | Martinique (S)  | Breuil and Ibéné, 2008; Breuil, 2009; Breuil <i>et al.</i> , 2010; Lorvelec <i>et al.</i> , 2011  |
| <i>Thamnophis sirtalis</i><br>(Eastern US)                             | St.-Barthélemy (S)  | Breuil <i>et al.</i> , 2010   |
| <b>Reptilia: Squamata: Pythonidae</b>                                  |   |   |
| <i>Morelia amethistina</i><br>(Indonesia, Papua New Guinea, Australia) | Guadeloupe <sup>20</sup> (S)  | Breuil and Ibéné, 2008; Breuil <i>et al.</i> , 2010; Breuil, 2011   |
| <i>Python bivittatus</i><br>(Southeastern Asia)                        | St.-Barthélemy (S)  | Breuil <i>et al.</i> , 2010   |
| <i>Python curtus group</i><br>(Malaya, Indonesia)                      | St.-Martin/St. Maarten (S)  | Powell <i>et al.</i> , 2005   |
| <i>Python regius</i><br>(West-central Africa)                          | Martinique (S)<br>St.-Martin/St. Maarten (S)<br>St. Barthélemy (S)  | Breuil, 2009; Breuil <i>et al.</i> , 2010<br>Powell <i>et al.</i> , 2005; Breuil <i>et al.</i> , 2010<br>Breuil <i>et al.</i> , 2010  |
| <b>Reptilia: Squamata: Typhlopidae</b>                                 |   |   |
| <i>Ramphotyphlops braminus</i><br>(Southeastern Asia)                  | Anguilla** (L)<br>Barbados** (W)<br>Guadeloupe** (L)<br>Mustique (Grenadines)** (?)<br>St.-Barthélemy** (L)<br>St. Christopher** (L)<br>St. Eustatius** (L) | Censky and Hodge, 1997; Hodge <i>et al.</i> , 2003<br>Hedges, 2008; Fields and Horrocks, 2009; Horrocks and Fields, 2011<br>Breuil and Ibéné, 2008; Breuil, 2009; Breuil <i>et al.</i> , 2010; Lorvelec <i>et al.</i> , 2011<br>M. de Silva, in litt., 2009<br>Breuil, 2002; Hodge <i>et al.</i> , 2003; Breuil <i>et al.</i> , 2010<br>Orchard, 2010<br>Powell, 2011 |
|  | St.-Martin/St. Maarten** (L)  | Breuil, 2002; Hodge <i>et al.</i> , 2003; Powell <i>et al.</i> , 2005; Breuil <i>et al.</i> , 2010  |

<sup>20</sup> This stray found on Basse-Terre was identified on the basis of a shed skin in February 2008 (Breuil and Ibéné, 2008). It was captured by a agent the Office National des Forêts (ONF) on 25 March 2010 in the same place. The snake was 3.5 m long and died from injuries the following day (F. Mazeas, in litt., March 2010).

| Species (Native Range)  | Introduced (Status)  | Pertinent Reference(s)   |
|---|--|--|
| <b>TURTLES</b>  |  |  |
| <b>Reptilia: Testudines: Chelidae</b>                                       |  |  |
| <i>Phrynops geoffroanus</i><br>(SA)   | Anguilla (S)   | Hodge <i>et al.</i> , 2011   |
| <b>Reptilia: Testudines: Emydidae</b>                                       |  |  |
| <i>Graptemys pseudogeographica</i><br>(Central US)                          | Martinique (S)   | Breuil, 2009; Breuil <i>et al.</i> , 2010  |
| <i>Terrapene carolina</i><br>(Eastern US)                                   | Martinique (S)   | Breuil, 2009; Breuil <i>et al.</i> , 2010  |
| <i>Trachemys scripta</i><br>(Eastern US)                                    | Barbados (S)<br>Guadeloupe (S)   | Horrocks and Fields, 2011<br>Schwartz and Thomas, 1975; Lescure, 1979; Schwartz and Henderson, 1988, 1991;<br>Breuil, 2002; Breuil <i>et al.</i> , 2010  |
|   | Marie-Galante (S)<br>Martinique (S)<br>St. Eustatius (S)<br>St.-Martin/St. Maarten (W) | Breuil, 2002<br>Servan and Arvy, 1997; Breuil, 2002<br>Powell <i>et al.</i> , 2005<br>Powell <i>et al.</i> , 2005  |
| <i>Trachemys stejnegeri</i><br>(Turks & Caicos,<br>Hispaniola, Puerto Rico) | Dominica (E)<br>Guadeloupe (S)<br>Les Îles des Saintes* (L)<br>Marie-Galante (L)       | Fritz, 1991; Seidel, 1996<br>Breuil, 2002, 2003; Breuil <i>et al.</i> , 2010<br>Breuil, 2002<br>Seidel and Adkins, 1987; Seidel, 1988; Ernst and Barbour, 1989; Breuil, 2002, 2003;<br>Breuil <i>et al.</i> , 2010 |
|   | Martinique (S)   | Breuil, 2011   |
| <b>Reptilia: Testudines: Pelomedusidae</b>                                  |  |  |
| <i>Pelusios castaneus</i> <sup>21</sup><br>(Western Africa)                 | Guadeloupe (L)   | Pinchon, 1967; Lescure, 1979, 1983; Schwartz and Henderson, 1991; Iverson, 1992;<br>Breuil, 2002, 2003; Breuil <i>et al.</i> , 2010  |
| <b>Reptilia: Testudines: Testudinidae</b>                                   |  |  |
| <i>Centrochelys sulcata</i><br>(Northern Africa)                            | Martinique (S)   | Breuil, 2009; Breuil <i>et al.</i> , 2010  |

<sup>21</sup> Previously misidentified as *Pelusios subniger*.

| Species (Native Range)                                      | Introduced (Status)   | Pertinent Reference(s)   |
|---|---|--|
| <i>Chelonoïdis carbonaria</i> <sup>22</sup><br>(Neotropics) | Barbados (L)<br>Saba (S)<br>St.-Barthélemy* (W)<br>St. Eustatius* (S) | Fields and Horrocks, 2009; Horrocks and Fields, 2011<br>Powell <i>et al.</i> , 2005<br>Breuil, 2004; Devaux, 2010<br>Powell <i>et al.</i> , 2005 |
| <i>Chelonoïdis denticulata</i><br>(Neotropical mainland)    | Guadeloupe (L)  | Pritchard and Trebbau, 1984; Breuil, 2002; Breuil <i>et al.</i> , 2010   |
| <i>Kinixys erosa</i> *<br>(Western Africa)                  | Guadeloupe (E)  | Breuil, 2002, 2003   |
| <i>Kinixys homeana</i> *<br>(Western Africa)                | Guadeloupe (E)  | Breuil, 2002, 2003   |
| <b>CROCODILIANS</b>   |   |  |
| <b>Reptilia: Crocodylia: Alligatoridae</b>                  |   |  |
| <i>Caiman crocodilus</i><br>(Neotropics)                    | Carriacou (Grenadines) (S)  | Devas, 1964; Groome, 1970  |
| <b>Reptilia: Crocodylia: Crocodylidae</b>                   |   |  |
| <i>Crocodylus intermedius</i><br>(SA)                       | Grenada (S)   | Groome, 1970   |

<sup>22</sup> These tortoises might have reached many islands via natural over-water dispersal, but populations may also have become established as a consequence of relocations by Amerindians or early European colonists or, more recently, as a result of escaped or released pets (Censky, 1988). Extant populations may include descendants of individuals that arrived there by all three mechanisms (Powell and Henderson, 2005; Powell *et al.*, 2005).

**Table 2.** Species of amphibians and reptiles introduced in the Lesser Antilles for research or conservation (including restorations). Status: W = widespread (likely to be encountered within a few minutes of searching), L = localized (likely to be encountered at most sporadically, even in appropriate habitat, although possibly abundant within a few small areas), E = presumably extirpated or failed introduction. Most of the following records are included in the database of introductions in Kraus (2009) and listed in Henderson and Powell (2009). References cited are those that document or confirm an introduction; all references pertaining to introduced populations are not necessarily listed.

| Species (Native Range)                                    | Introduced (Status)             | Pertinent Reference(s)           |
|---|---------------------------------|----------------------------------|
| <b>LIZARDS</b>  |                                 |                                  |
| <b>Reptilia: Squamata: Iguanidae</b>                      |                                 |                                  |
| <i>Iguana delicatissima</i><br>(Îlet Chancel, Martinique) | Îlet à Ramiers (Martinique) (L) | Breuil, 2009                     |
| <b>Reptilia: Squamata: Polychrotidae</b>                  |                                 |                                  |
| <i>Anolis pogus</i><br>(Anguilla Bank)                    | Anguillita (E)                  | Roughgarden <i>et al.</i> , 1984 |
| <b>Reptilia: Squamata: Teiidae</b>                        |                                 |                                  |
| <i>Cnemidophorus vanzoi</i><br>(Maria Major, St. Lucia)   | Praslin Island (W)              | Dickinson and Fa, 2000           |
| <b>SNAKES</b>   |                                 |                                  |
| <b>Reptilia: Squamata: Dipsadidae</b>                     |                                 |                                  |
| <i>Aisophis sajdaki</i><br>(Great Bird Island, Antigua)   | Green and Rabbit islands (L)    | Daltry, 2007, 2011               |



**Table 3.** Species exported from the US to the countries indicated. Those marked with an asterisk (\*) do not occur (native or introduced) in the country to which it is being exported (USFWS LEMIS database). Those marked with a double-asterisk (\*\*) do not occur in the Lesser Antilles. A&B = Antigua and Barbuda, NA = Netherlands Antilles.

| Species                                   | Country  | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | Total |
|---|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| <i>Bombina orientalis</i> **              | NA       | —    | —    | —    | —    | 150  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 150   |
| <i>Cryptophyllobates azureiventris</i> ** | NA       | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 30   | —    | 30    |
| <i>Dendrobates auratus</i> **             | NA       | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 15   | —    | 15    |
| <i>Dendrobates azureus</i> **             | NA       | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 105  | —    | 105   |
| <i>Dendrobates imitator</i> **            | NA       | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 6    | —    | 6     |
| <i>Dendrobates tinctorius</i> **          | NA       | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 80   | —    | 80    |
| <i>Dendrobates ventrimaculatus</i> **     | NA       | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 20   | —    | 20    |
| <i>Phyllobates terribilis</i> **          | NA       | —    | —    | —    | —    | 25   | —    | —    | —    | —    | —    | 15   | —    | 15    |
| <i>Hyla cinerea</i> **                    | NA       | 12   | —    | —    | —    | 25   | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 37    |
| <i>Ceratophrys cranwelli</i> **           | NA       | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 25    |
| <i>Hymenochirus curtipes</i> **           | Barbados | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 50   | —    | —    | —    | —    | 50    |
| <i>Xenopus laevis</i> **                  | Barbados | —    | —    | —    | —    | 200  | —    | —    | 20   | —    | —    | —    | —    | 200   |
| <i>Necturus maculosus</i> **              | Barbados | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 20    |
| <i>Cynops pyrrhogaster</i> **             | Barbados | —    | —    | —    | —    | —    | 30   | —    | —    | —    | 20   | —    | —    | 50    |
| <i>Cynops sp.</i> **                      | Barbados | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 40   | —    | —    | —    | 40    |
| <i>Paramesotriton hongkongensis</i> **    | Barbados | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 20   | 100  | —    | —    | 100   |
| <i>Taricha torosa</i> **                  | Barbados | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 20    |
| <i>Furcifer pardalis</i> **               | Dominica | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 6    | —    | —    | —    | —    | —    | 6     |
| <i>Coleonyx mitratus</i> **               | NA       | —    | —    | —    | —    | 6    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 6     |
| <i>Eublepharis macularius</i> **          | Barbados | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 12   | —    | —    | —    | —    | 12    |
| <i>Gekko gekko</i> *                      | NA       | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 12    |
| <i>Gekko sp.</i> **                       | Barbados | —    | —    | —    | —    | —    | 1    | —    | 24   | —    | —    | —    | —    | 25    |
| <i>Hemidactylus sp.</i>                   | NA       | —    | —    | —    | —    | 100  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 100   |
| <i>Ptychozoon sp.</i> **                  | NA       | —    | —    | —    | —    | 12   | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 12    |
| <i>Basiliscus plumifrons</i> **           | NA       | 1    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 1     |
| <i>Basiliscus vittatus</i> **             | NA       | —    | —    | —    | —    | 12   | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 12    |
| <i>Corytophanes cristatus</i> **          | NA       | 2    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 2     |
| <i>Iguana iguana</i>                      | NA       | —    | —    | —    | —    | 25   | —    | —    | —    | 45   | 20   | —    | —    | 90    |
| <i>Sceloporus malachiticus</i> **         | NA       | —    | —    | —    | —    | 12   | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 12    |
| <i>Sceloporus olivaceus</i> **            | NA       | —    | —    | —    | —    | 4    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 4     |
| <i>Sceloporus variabilis</i> **           | NA       | —    | —    | —    | —    | 12   | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 12    |
| <i>Takydromus sp.</i> **                  | NA       | —    | —    | —    | —    | 100  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 100   |
| <i>Anolis carolinensis</i> *              | NA       | —    | —    | —    | —    | 100  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 100   |

| Species   | Country  | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | Total |
|---|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| <i>Anolis equestris</i> **                                  | NA       | 2    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 2     |
| <i>Anolis sagrei</i>  | NA       | —    | —    | —    | —    | 100  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 100   |
| <i>Anolis</i> sp.   | NA       | —    | —    | —    | —    | 6    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 6     |
| <i>Novoeumeces</i> (= <i>Eumeces</i> ) <i>schneideri</i> ** | NA       | —    | —    | —    | —    | 12   | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 12    |
| <i>Ameiva ameiva</i> *                                      | NA       | —    | —    | —    | —    | 12   | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 12    |
| <i>Cnemidophorus lemniscatus</i> **                         | Dominica | —    | —    | —    | —    | —    | 8    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 8     |
| <i>Boa constrictor</i> *                                    | NA       | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 5    | —    | —    | —    | 5     |
| <i>Corallus caninus</i> **                                  | Barbados | —    | —    | —    | 3    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 3     |
| <i>Corallus hortulanus</i> **                               | Barbados | —    | —    | —    | 1    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 1     |
| <i>Elaphe quadrivirgata</i> **                              | Barbados | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 1    | —    | —    | —    | —    | 1     |
| <i>Epicrates cenchria</i> *                                 | A&B      | 2    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 2     |
| <i>Eunectes murinus</i> **                                  | Barbados | —    | —    | —    | 2    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 2     |
| <i>Pantherophis guttatus</i> *                              | Barbados | —    | —    | —    | 1    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 1     |
| <i>Pantherophis obsoletus</i> *                             | Barbados | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 6    | —    | —    | —    | —    | 6     |
| <i>Pantherophis vulpinus</i> **                             | NA       | —    | —    | —    | —    | 6    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 6     |
| <i>Lampropeltis calligaster</i> **                          | Barbados | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 3    | —    | —    | —    | —    | 3     |
| <i>Lampropeltis getula</i> **                               | NA       | —    | —    | —    | —    | 11   | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 11    |
| <i>Lampropeltis</i> sp.**                                   | Barbados | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 1    | —    | —    | —    | —    | 1     |
| <i>Lampropeltis triangulum</i> **                           | NA       | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 4    | —    | —    | 4     |
| <i>Lampropeltis fuliginosus</i> **                          | Barbados | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 1    | —    | —    | —    | —    | 1     |
| <i>Opheodrys aestivus</i> **                                | NA       | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 4    | —    | —    | —    | —    | 4     |
| <i>Spilotes pullatus</i> **                                 | Barbados | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 2    | —    | —    | —    | —    | 2     |
| <i>Thamnophis sirtalis</i> *                                | Barbados | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —     |
| <i>Morelia spilota</i> **                                   | NA       | —    | —    | —    | —    | 12   | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 12    |
| <i>Python molurus</i> (probably <i>P. bivittatus</i> )**    | Barbados | —    | —    | —    | —    | 3    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 3     |
| <i>Python regius</i> *                                      | NA       | —    | —    | —    | —    | 11   | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 11    |
| <i>Chrysemys</i> sp.**                                      | A&B      | 5    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 5     |
| <i>Cuora amboinensis</i> **                                 | Barbados | —    | —    | —    | 1    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 1     |
| <i>Graptemys geographica</i> **                             | NA       | —    | —    | —    | —    | 2    | —    | —    | —    | 4    | —    | —    | —    | 6     |
| <i>Graptemys nigrinoda</i> **                               | A&B      | 500  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 500   |
|   | NA       | —    | —    | —    | —    | 1    | —    | —    | —    | 8    | —    | —    | —    | 9     |
|   | Barbados | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 25   | —    | —    | —    | —    | —    | 25    |
|   | NA       | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —     |
|   | NA       | —    | —    | —    | —    | 20   | —    | —    | —    | —    | 1075 | —    | —    | 1095  |
|   | Barbados | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 10   | —    | —    | —    | 10    |
|   | NA       | 50   | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 50    |



| Species                               | Country  | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | Total |
|---------------------------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| <i>Graptemys pseudogeographica</i> ** | NA       | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 925  | —    | —    | 925   |
| <i>Pseudemys floridana</i> **         | NA       | 100  | —    | —    | —    | —    | 100  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 200   |
| <i>Pseudemys nelsoni</i> **           | NA       | 200  | —    | —    | —    | —    | 1000 | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 1200  |
| <i>Pseudemys sp.</i> **               | Barbados | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 505  | —    | —    | —    | 505   |
| <i>Trachemys scripta</i>              | NA       | 5000 | —    | 1000 | 1500 | —    | 500  | 1000 | 1000 | 1200 | 1100 | —    | —    | 12300 |
| <i>Trachemys sp.</i>                  | Barbados | —    | —    | —    | —    | —    | 100  | 100  | —    | 70   | 49   | —    | —    | 319   |
| <i>Apalone ferox</i> **               | Grenada  | —    | —    | —    | —    | —    | 1    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 1     |
| <i>Chelonoidis carbonaria</i>         | NA       | 850  | 500  | —    | —    | 200  | 2000 | —    | —    | 550  | 1200 | 4500 | —    | 9800  |
| Non-CITES entry (reptiles)            | Dominica | 8    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 8     |
|                                       | Grenada  | —    | —    | —    | —    | 100  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 100   |
|                                       | NA       | 100  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 100   |
|                                       | Barbados | —    | —    | 41   | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 41    |
|                                       | NA       | —    | —    | —    | —    | 4    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 4     |

**Table 4.** Species imported into the US from the countries indicated (USFWS LEMIS database). Those marked with an asterisk (\*) do not occur (native or introduced) in the country of origin. Those marked with a double-asterisk (\*\*) do not occur in the Lesser Antilles. NA = Netherlands Antilles.

| Species                            | Country    | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | Total |
|------------------------------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| <i>Rhinella marina</i>             | Barbados   | —    | —    | —    | —    | —    | 80   | —    | —    | 35   | —    | 285  | 400   |
| <i>Eleutherodactylus sp.</i>       | Barbados   | —    | —    | —    | —    | 50   | —    | —    | —    | 484  | —    | —    | 534   |
|                                    | Grenada    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 20   | —    | —    | —    | 20    |
| <i>Leptodactylus fallax</i>        | Dominica   | —    | —    | —    | 7    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 7     |
| <i>Lithobates catesbeianus</i> **  | Dominica   | —    | 6280 | —    | —    | 5000 | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 11280 |
| <i>Non-CITES entry (amphibian)</i> | Barbados   | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 7    | —    | —    | 7     |
| <i>Gekko sp.</i> *                 | Barbados   | —    | —    | —    | —    | —    | 1    | —    | —    | —    | —    | —    | 1     |
| <i>Hemidactylus mabouia</i>        | Barbados   | —    | —    | —    | —    | 12   | —    | —    | —    | 5    | —    | —    | 17    |
| <i>Hemidactylus sp.</i>            | Barbados   | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 12   | —    | —    | 12    |
| <i>Anolis equestris</i> **         | Barbados   | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 75   | —    | —    | 75    |
| <i>Anolis sp.</i>                  | Barbados   | —    | —    | —    | —    | 20   | 22   | —    | —    | 100  | —    | —    | 142   |
| <i>Lacerta sp.</i> **              | NA         | —    | 9    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 9     |
| <i>Ameiva ameiva</i>               | Barbados   | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 22   | —    | 1    | 23    |
| <i>Bothrops sp.</i>                | St. Lucia  | —    | —    | —    | 2    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 2     |
| <i>Terrapene sp.</i> **            | NA         | —    | 2    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 2     |
| <i>Chelonoidis carbonaria</i>      | Barbados   | 98   | —    | 20   | 451  | 20   | 40   | —    | —    | 8    | 1    | 25   | 663   |
| <i>Pyxis arachnoides</i> **        | Martinique | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 2    | —    | —    | —    | —    | 2     |
| <i>Non-CITES entry (reptile)</i>   | Barbados   | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 9    | —    | —    | 9     |

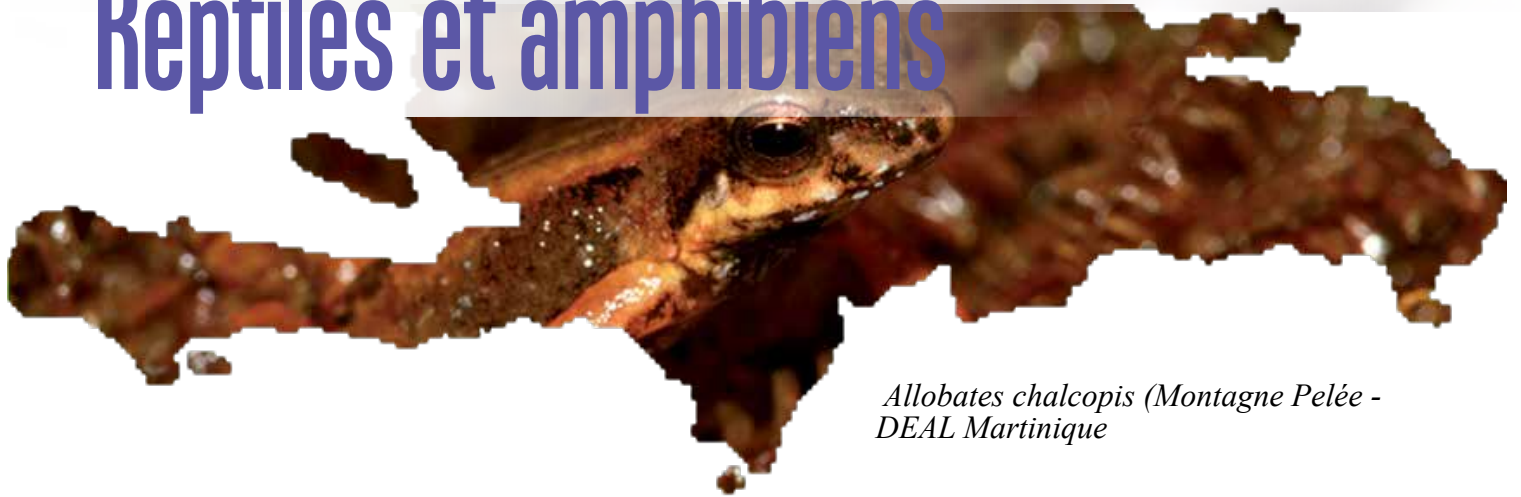
**Table 5.** Species exported from the shown country, imported to the US, then re-exported mostly to European, Canadian, some Asian markets, and a few are re-exported to countries in the Greater Caribbean (USFWS LEMIS database). Those marked with an asterisk (\*) do not occur (native or introduced) in the country of origin. Those marked with a double-asterisk (\*\*) do not occur in the Lesser Antilles. NA = Netherlands Antilles.

| Species Exported to the US                          | Country    | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | Total |
|---|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| <i>Rhinella marina</i>                              | Barbados   | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 6    | 6     |
| <i>Pseustes poecilonotus</i> **                     | NA         | —    | —    | —    | —    | —    | 2    | —    | —    | —    | —    | 2     |
| <i>Terrapene carolina</i> *                         | Montserrat | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 3    | —    | 3     |
| <i>Terrapene ornata</i> **                          | Montserrat | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 2    | —    | 2     |
| <i>Chelonoidis carbonaria</i>                       | Barbados   | —    | —    | 10   | —    | —    | —    | 2    | —    | —    | —    | 12    |
| <i>Testudo horsfieldii</i> **                       | Montserrat | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 5    | —    | 5     |
| <b>Species Re-exported to the Greater Caribbean</b> |            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
| <i>Cynops orientalis</i> **                         | St. Lucia  | —    | —    | 100  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 100   |
| <i>Chelonoidis carbonaria</i>                       | Barbados   | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 1    | —    | —    | —    | 1     |
| Non-CITES entry (reptile?)                          | NA         | —    | —    | —    | —    | 13   | —    | —    | —    | —    | —    | 13    |



*Anoli - Eric STERKERS  
(Concours photo DIREN Biodiversité)*

# Reptiles et amphibiens



*Allobates chalcopis (Montagne Pelée -  
DEAL Martinique)*

# Pristimantis euphronides, observations in the field and captivity: conservation implications

Craig S. BERG, Billie C. HARRISON, Robert W. HENDERSON

The southernmost of the main islands in the Lesser Antilles, Grenada is situated 140 km north of Venezuela. The island has had a long history of human activity with dramatic effects on the ecology of its flora and fauna. For the vast majority of that time, the impact of humans has probably been negligible. The past five centuries, however, have witnessed tremendous growth of the human population coupled with widespread habitat destruction or alteration. Studying the ecology of any member of Grenada's flora and fauna without taking into account the impact of human activity is virtually impossible (Germano *et al*, 2003). Although one of the authors (RWH) has been conducting fieldwork work in Grenada since 1988, our intensive studies with Grenada's anurans commenced in 2004. Together, we have witnessed many changes to the island's landscape and its fauna (Henderson and Berg, 2005).

Mt. St. Catherine is a low depression, and beyond it the land rises again into a long, system of curving ridges, extending to the south and northeast. This chain contains a number of peaks and high points [Fedon's Camp (840 m), Mt Qua Qua (735 m), Mt. Sinai (701 m), and Southeast Mountain (219 m)] and embraces several old crater basins. One of these craters holds the largest freshwater body on the island, known as Grand Etang, which lends its name to the national forest preserve surrounding it. From these central mountains the land descends gradually to the sea. Grenada lacks a true coastal plain, but lowlands occur in the northeast at Levera and in the southwest, where a long, low peninsula runs out to Pointe Salines. Except at extreme elevations, Grenada's slopes are not excessively steep, allowing for large portions of the island to be cleared for cultivation. Orchards form the bulk of the cultivations. Due to the effects of rain shadow, the leeward southern portion of the island is comprised of rough grazing land covered by Acacia scrub. In the interior, nearly all of the land to the mountaintops was sold to estates, and cultivations were pushed to the highest practicable limit in most cases (Beard, 1949). Due to a long and varied history of cultivation it has been estimated that more than 50% of Grenada's plant species have arrived since Columbus's discovery of Grenada in 1498 (Hawthorn *et al*, 2004). It has been estimated that up to 95% of Grenada's landmass has been subjected to cultivation and or logging at one time or another.

Grenada is home to four amphibian species. The Grenada Frog, *Pristimantis euphronides*, is the only frog species endemic to the island. It is listed as "Endangered" on the IUCN Red List because of its limited range and competition with Johnstone's Whistling Frog (*Eleutherodactylus johnstonei*) [<http://www.iucnredlist.org>]. *Eleutherodactylus johnstonei* (Barbour, 1914), Windward Island Ditch Frog (*Leptodactylus validus*) (Yanek, 2006; Camargo *et al*, 2009), and the Marine Toad (*Rhinella marina*) (Germano *et al*, 2003), are believed to have been introduced either by intent or accident.

Once considered to be a member of the family Lep-  
todactylidae, *Pristimantis euphronides*  
is one of two West Indies endemics that  
belong to the recently erected family Stra-  
bomantidae (Hedges *et al*, 1999; Hedges  
*et al*, 2008) although the family is widely

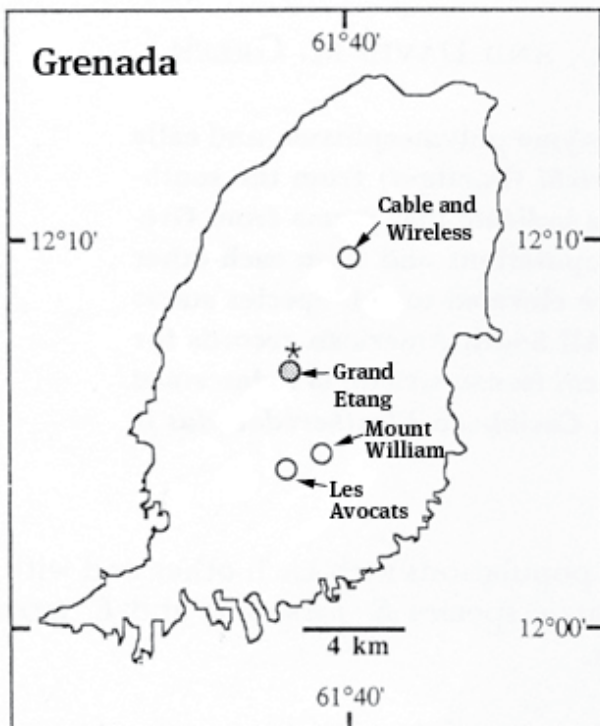



Figure 1 : Localisation of 5 sites have been surveyed

Grenada is approximately 34 km long and 19 km wide, and has an area of 311 km<sup>2</sup> (Figure 1) and is volcanic in origin. The highest peak, Mount St. Catherine (839 m), rises in the northern half of the island as the center of a massif surrounded by lesser peaks and ridges. South of






distributed in South America. It is a relatively small frog; males attain a maximum snout-vent-length (SVL) of 27 mm, with an average SVL of 22.7mm. Females grow substantially larger, measuring as much as 39.4 mm SVL with an average of 28.3mm (Kaiser *et al*, 1994). It is likely that *P. euphronides* was once widespread on the island. *Pristimantis euphronides* is a frog is restricted to cool, damp forests (Kaiser *et al*, 1994). During the past 8000 years the forested area of Grenada shrank by 70% due mostly to anthropogenic changes ([www.earthtrends.wri.org](http://www.earthtrends.wri.org)). *Pristimantis euphronides* is reported to inhabit forests at altitudes that exceed 300 meters (Henderson and Berg, 2005). Since 2004, we have surveyed six sites for the presence *P. euphronides*. To date, we have never encountered this frog at an elevation below 400m. However, this may be due to the fact that our sites are accessible by road and therefore have been subjected to disturbance, both today and in the past. It is believed that the distribution of it is now limited to an area of 16 km<sup>2</sup> (Hedges, 1999) or less, due to land use patterns, competition with the invasive *E. johnstonei* (Sander *et al.* 2003; Schwartz 1967), and the result of Hurricane Ivan in 2004.

In February of 2004, we began to survey several sites in an attempt to understand the relative dynamics of *P. euphronides* and *E. johnstonei* frog populations. In September of 2004, Hurricane Ivan devastated the forest home of the Grenada frog. Since 2004, we have monitored population fluctuations of these frogs in different habitat types that were the direct result of dissimilarities in the amount of deforestation that they experienced as the result of Hurricane Ivan.

Because conservation is an important component of the mission of most contemporary zoos, we were also hopeful that we would be able to detect the arrival of the fungal pathogen *Batrachochytrium dendrobatidis* (aka Bd or chytrid) and be positioned to be able to mount a timely response. Towards that end, in 2005, nine Grenada frogs were brought into captivity to develop captive management protocols that could be used in Grenada if a captive assurance colony became necessary.

## Surveys: Materials and Methods

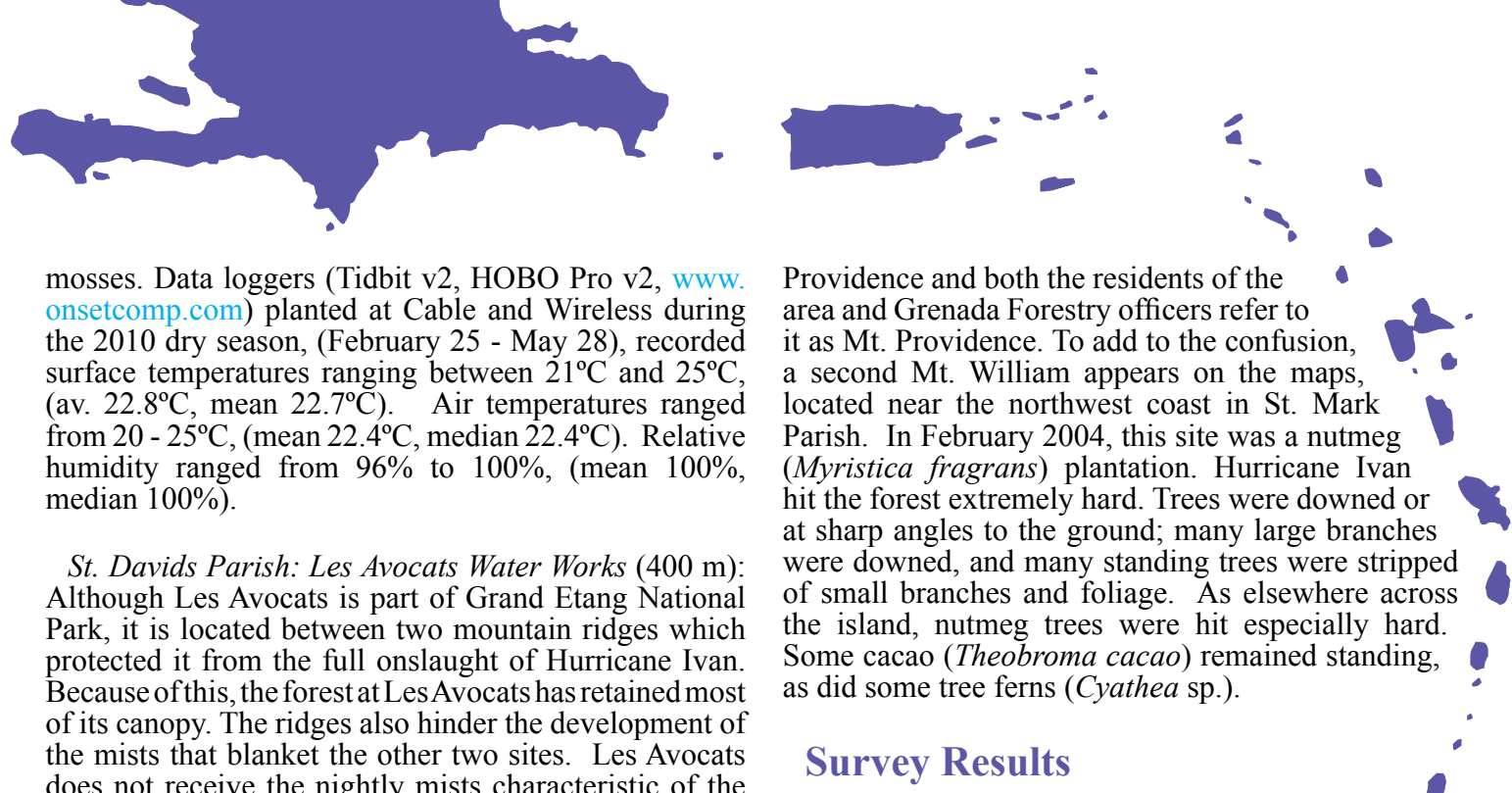
Established survey sites are monitored by walking timed transects. We conducted 30 minute searches along 100 m transects. Each 100 meter transect is divided into ten 10 m sections to facilitate a near constant survey pace. All surfaces within 2 meters of the transect are scanned for frogs. Species, age class, sex (if known), perch type and height, and section number within the transect are recorded. This protocol has been used since February 2004. It allows for



the comparison of frog numbers and species ratios at different sites. It also permits same-site comparisons on a year-to-year basis. Data loggers are planted to record soil surface temperature (Tidbit v2, [www.onsetcomp.com](http://www.onsetcomp.com)), and air temperature/relative humidity (HOBO Pro v2, [www.onsetcomp.com](http://www.onsetcomp.com)) at our survey sites. To date, 5 sites have been surveyed following this protocol. The locations of these sites are indicated in **Figure 1**. Only three sites are currently being regularly monitored, as they are the only sites that currently possess both species. These sites are Grand Etang, Les Avocats, and Cable and Wireless. Monitoring at a fourth site, Mt. William, was terminated after our March 2007 observations because, by the time of our March 2008 visit, the site had been clear-cut for agriculture.

*St. Andrew Parish: Grand Etang National Park* (525 m): Grand Etang is the type locality of the Grenada frog. Hurricane Ivan devastated the forest along the mountain crest. Trees were snapped off at their trunks or completely uprooted. What was once a closed-canopy forest with many trees and tree ferns (*Cyathea* sp.) attaining heights of 30 m (Beard, 1949) was now an open and sun-drenched landscape. Ferns and tree ferns are to this day a major component of the flora but razor and saber grasses (*Scleria* sp.), which were rare prior to Hurricane Ivan, now cover substantial portions of the forest floor. This site is frequently bathed by a mist formed by condensation as warm, moist, trade winds emanating from the Atlantic Ocean move up slope into the cool night air of Grenada's mountain ranges. Rain is also very common and can be expected almost daily during the rainy season. Because this site now lacks a canopy, it is frequently buffeted by strong winds. Data loggers (Tidbit v2, HOBO Pro v2, [www.onsetcomp.com](http://www.onsetcomp.com)) planted at Grand Etang during the 2010 dry season (February 28 - May 28), recorded surface temperatures ranging between 21°C and 26°C, (mean 23.1°C, median 23.1°C). Air temperatures ranged from 20° - 28°C, (mean 23.4°C, median 23.1°C). Relative humidity ranged from 72% to 100%, (mean 95.5%, median 97%). Relative humidity readings below 90% only occurred during daylight hours.

*St. Andrew Parish: Cable and Wireless Station* (705 m): Cable and Wireless was considered to be a Grenada frog stronghold and one of a few places on the island where the topography is too treacherous to be cleared for agriculture (Kaiser, 1994; Sander, 2003). Prior to Hurricane Ivan the flora was composed of broadleaf trees and shrubs, tree ferns (*Cyathea* sp.), and other fern species. Today the vegetation is predominantly saber grass (*Sclera* sp.) and ferns. Because the elevation of this site is 175 m greater than Grand Etang, the air is cooler and mist and/or rain is almost a nightly event. This site also currently lacks a canopy, and is buffeted by strong winds. The substrate at this site is composed of a rich layer of decaying plant material overlain by



mosses. Data loggers (Tidbit v2, HOBO Pro v2, [www.onsetcomp.com](http://www.onsetcomp.com)) planted at Cable and Wireless during the 2010 dry season, (February 25 - May 28), recorded surface temperatures ranging between 21°C and 25°C, (av. 22.8°C, mean 22.7°C). Air temperatures ranged from 20 - 25°C, (mean 22.4°C, median 22.4°C). Relative humidity ranged from 96% to 100%, (mean 100%, median 100%).

*St. Davids Parish: Les Avocats Water Works* (400 m): Although Les Avocats is part of Grand Etang National Park, it is located between two mountain ridges which protected it from the full onslaught of Hurricane Ivan. Because of this, the forest at Les Avocats has retained most of its canopy. The ridges also hinder the development of the mists that blanket the other two sites. Les Avocats does not receive the nightly mists characteristic of the area immediately surrounding Grant Etang. Tree ferns (*Cyathea* sp.) are rare; bamboo (*Bambusa vulgaris*) and *Heliconia* sp. are common. Razor and saber grasses (*Scleria* sp.) are absent. Because it has retained its canopy, the air is relatively still in the forest even on the breeziest nights. The soil at Les Avocats is well-leached, hard-pack clay covered by a thin layer of fallen leaves that gather in depressions. Soil surface temperatures at Les Avocats during the 2010 dry season (February 27 - May 30), ranged between 21° - 26°C, (mean 23.7°C, median 23.7°C).

*St. Davids Parish: Mt. William* (400 m) (= *Mt. Providence*?) This site does not appear on a 1958 map, but does appear on a 1985 map (both maps by Directorate of Overseas Surveys). It is located above the town of

Providence and both the residents of the area and Grenada Forestry officers refer to it as Mt. Providence. To add to the confusion, a second Mt. William appears on the maps, located near the northwest coast in St. Mark Parish. In February 2004, this site was a nutmeg (*Myristica fragrans*) plantation. Hurricane Ivan hit the forest extremely hard. Trees were downed or at sharp angles to the ground; many large branches were downed, and many standing trees were stripped of small branches and foliage. As elsewhere across the island, nutmeg trees were hit especially hard. Some cacao (*Theobroma cacao*) remained standing, as did some tree ferns (*Cyathea* sp.).

## Survey Results

Results of our surveys are presented in Table 1. There are two especially noteworthy trends in the surveys: (1) The immediate impact of Hurricane Ivan (November 2004 - February 2006), and (2) the impact of chytrid and/or climate fluctuations (February 2006-2010 present).

**Table 1.** This table presents the number of *P. euphronides* / *E. johnstonei* observed at each site per observer hour. As an example, if two observers surveyed for one hour (two survey hours) and their counts totaled three *P. euphronides* and ten *E. johnstonei* the data would be presented as 1.5/5.

|                  | Feb.'04  | Nov.'04  | Feb.'05  | Feb.'06  | Mar.'07  | Mar.'08  | Feb.'09 | May'09   | Nov.'09 | Feb.'10 | May'10  |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|---------|---------|---------|
| Grand Etang      | 3.3/19.5 | 3.4/21   | 6.3/35.3 | 2.7/22.7 | 0.4/18.5 | 0.2/14.4 | 0.2/6.3 | 0.8/22.8 | 0.8/19  | 6/25.5  | 0.8/20  |
| Les Avocats      |          |          |          | 6 / 27   | 1.3/20.5 | 1.7/16   | 0/2.7   | 2 / 4.5  | 0.5 / 9 | 0.5/1.7 | 1.2/5.2 |
| Cable & Wireless |          |          | 36.7/3.3 | 17/0.7   | 24/0.8   | 23.5/0.2 | 12.5/0  | 9.2/0.8  | 0.7/0.2 | 3.5/0.2 | 3 / 1.8 |
| Mount William    | 3/42.7   | 2.3/26.3 | 5.0/34.2 | 3.4/57   | 1.2/50   |          |         |          |         |         |         |





## The Effects of Hurricane Ivan

The highest encounter rates for *P. euphronides* and *E. johnstonei* occurred in February 2006, 17 months after Hurricane Ivan made landfall. Although one would speculate that the removal of canopy cover would be devastating to forest frogs the opposite is true. During violent hurricanes (Ivan was a category 5 hurricane) the biomass of the canopy comes crashing to the ground. Woody debris and a deep layer of fallen leaves form a moist, insulating layer perfect for diurnal retreats and brooding sites. Additionally, the debris is the foodstuff of ants, termites and other small insects that frogs feed upon. In short, the hurricane provides a windfall for both frogs and their prey. This leads to an increase in frog numbers until the debris and prey items are reduced to pre-hurricane levels. This pattern was also observed with *Eleutherodactylus* species in Puerto Rico following Hurricane Hugo (Woolbright, 1991) and Hurricane Georges (Vilella and Jarrod, 2005).

### Post-2006 Population Trends

There are three hypotheses for the data presented in *Table 1*: (1) The results are due to random fluctuations between three populations: the two populations within Grand Etang National Forest (Grand Etang and Les Avocats) and the population associated with Mt. St. Catherine (Cable and Wireless). (2) Grenada's frogs are responding to climatic fluctuations. (3) Chytrid arrived on Grenada sometime after Hurricane Ivan and is spreading across the island.

### Hypothesis 1 – Random Population Fluctuations

Amphibian population numbers are notoriously stochastic (Lande, 1993; Whiteman, Wissinger, 2005). This hypothesis is unlikely as the trends are the same across species, sites, and populations.

### Hypothesis 2 – Response to Climatic Fluctuations

Climate models indicate that Grenada can expect to experience warmer and drier conditions. Grenada's dry season occurs between December and May, Grenada the dry seasons of 2007, 2008, and 2010, were extremely dry. Grenada governmental news services reported that 2010 was the most severe dry season on record. Grenadians were urged to conserve water as reservoirs were exceedingly low (pers. obs. Berg, 2010). During first six weeks of 2010 more than 116 forest fires were reported. This total exceeded the yearly total for 2009, although the first three months of the 2009 dry season were exceptionally wet, residents stated

that a true wet season never arrived. Forest fires were observable from any viewpoint on the island. Fires could be seen burning in the rainforests of Grand Etang Forest Reserve (per. obs. Berg, 2010). Although both *P. euphronides* and *E. johnstonei* brood their eggs on land, both species rely upon a moist environment for mating and egg development. During the four-year sequence (2007-2010), as described, one would expect to see frog declines during dry periods (2007, 2008 and 2010) and an increase in numbers during wet periods 2009 (Stewart, 1995). However, this was not the observed pattern as frog numbers decreased during 2007, 2008, and 2009 and increased during severe drought in 2010. Once again, this hypothesis does not explain our data.

### Hypothesis 3 – Population Decline Due to Chytrid

This hypothesis best explains our data. The fact that frog populations continued to crash during a very wet year, alerted us to the possibility that a pathogen may be involved in the observed decline. In May 2009, 80 swab samples were obtained from *P. euphronides*, *E. johnstonei*, and *Leptodactylus validus*. The samples were taken at Grand Etang, Les Avocats, Cable and Wireless, and the port city of St. George's. The samples were analyzed for the presence of Bd using PCR amplification at the Molecular Diagnostic Laboratory in Dominica. Positive samples were identified from all four sites and all three frog species. Chytrid was infecting frogs from sea level to mountaintop.

An interesting pattern also emerges. Evidence of frog declines first emerge at Grand Etang (2007), followed by a decline at Les Avocats (2008), and finally at Cable and Wireless (2009). This pattern would be expected of a pathogen arriving at a Grenadian port, as the road that runs past our survey site at Grand Etang is the thoroughfare connecting Grenada's two major ports, St. George's and Grenville. This road also brings busloads of tourists from cruise ships to view Grand Etang and walk along its forest trails. Thus, chytrid arriving via inter-island commerce (horticultural specimens, hitch-hiking frogs, construction materials, etc.) or in the mud-caked boots of ecotourists would quickly be transported up to and through Grand Etang. The frogs at Grand Etang and Les Avocats belong to the same meta-population so any pathogen infecting animals at Grand Etang would later appear at Les Avocats. Eventually, chytrid would make its way to Cable and Wireless.







## Observations of captive frogs

In February 2005, eleven *E. johnstonei* and nine *P. euphronides* were captured and taken to the Milwaukee County Zoo with the purpose of developing captive management protocols. A site was chosen in the Aquatic and Reptile Center that maintained temperatures similar to the mountain regions of Grenada (20-22° C). Lighting was provided by fluorescent fixtures programmed to provide a 12 h light/ 12 h dark cycle. Pairs were housed in individual 40-liter aquariums. The aquariums were misted twice daily by an automatic misting system equipped with programmable timers to maintain high humidity within the enclosures. Holes drilled in the aquarium bottoms allowed flushing of the enclosure substrate (Eco Earth, [www.zoomed.com](http://www.zoomed.com)). Coconut shells, plastic leaves, and plastic plants were provided to serve as retreats and perches.

During the day, *E. johnstonei* would typically be found hiding amongst the plastic plants provided as perching material or hiding in the upper corners of their enclosures. *Pristimantis euphronides*, however, concealed themselves beneath cover objects placed on the substrate. Frequently, they would also burrow into the substrate beneath the cover objects. The ability to burrow into friable substrates may have important implications during the dry season or periods following hurricanes when the canopy has been stripped bare of foliage (Harrison *et al.*, was not submitted).

Two clutches of eggs were produced, one in September 2006 and another in April 2007. Both clutches were laid during the passage of severe storm fronts that produced a sharp drop in barometric pressure. Members of the genus *Pristimantis* produce eggs that undergo direct development. Juveniles emerging from the egg resemble miniature replicas of the adult frog. The female covered the clutch with her body and remained with the eggs. She was never observed feeding while protecting her clutch. These brooding behaviors are similar to those reported for other direct developing frogs, *Eleutherodactylus coqui* (Michael 1995; Townsend *et al.*, 1984) and *Eleutherodactylus cochranae* (Michael 1995). The eggs absorbed water and swelled as the embryos developed. The female remained on the clutch for four weeks then abandoned them. None of the clutch hatched successfully despite the fact that fully formed froglets were seen inside of the eggs two days prior to their abandonment.


Twenty-eight days is a lengthy brooding period for direct developing frogs. Because of this, and the fact that temperatures affect the rate of development of most (if not all) species of ectotherms, we hypothesized that the temperature in our enclosures might have been either too high or low for normal development. To test this hypothesis, we radio-tracked *P. euphronides* to their diurnal retreats and planted data loggers to record the retreat temperatures over the course of one year.

## Results of Radio-tracking

In 2007, radio tracking was conducted at Les Avocats water works (400 m; St. David Parish) and in 2008 near Cable and Wireless (750 m; St. Andrew Parish). We tracked frogs using LB-2NT temperature sensitive transmitters weighing 0.41 g (Holohil Systems Ltd, Carp, Ontario). Transmitters were secured to test subjects by external waist belts. Frogs (n = 3) were located during the day to determine their diurnal retreats and at night to document their nocturnal perches. Our original study design called for attaching transmitters to animals weighing more than 4.0 grams. Large individuals were not exceedingly rare in previous years and *P. euphronides* may attain a mass in excess of 5.0 grams (pers. obs. CSB). Unfortunately, animals of this size could no longer be found. We attached transmitters to frogs that weighed 2.8, 2.9 and 3.5 grams, with transmitters being 14.6%, 14.1% and 11.1% of their mass, respectively.

On 18 March 2007, we attached a transmitter to the frog weighing 3.5 grams. This frog was visually located the following day. It was found beneath the leaf litter within 3 m of its original capture site. That night it was found 8 m from its original capture location. We believe that this movement was a direct response to our disturbance of its retreat earlier that day. On March 20 and March 21 the animal was again located during the day and night. On these dates, every location was within 1.5 m of its original capture site. Visual observations were only made during the night in order to minimize disturbance to the frog. During our nighttime encounters with the frog, it was found resting on vegetation in a position typical of an animal without a transmitter, indicating the transmitter was having little apparent adverse effect. Subsequent efforts to locate it were thwarted due to the premature death of the transmitter.





In March 2008, attempts were made to radio-track animals at Les Avocats. Unfortunately, we were unable to locate frogs of suitable size. Large *P. euphronides* were becoming rare on Grenada. We then moved our focus to Cable and Wireless in St. Andrew Parish. On March 18, 2008, we attached transmitters to two frogs weighing 2.8 and 2.9 grams. The transmitter weighed 14.6% and 14.1% of their body mass respectively. These frogs were tracked to their diurnal resting sites and nocturnal perches. No extraordinary efforts were made to visually locate the frogs, as it was our goal to minimize disturbance to the animals. When located on March 19 and 20, neither frog had moved more than 2.5 m from the site where they were captured. Although several days of observation may not be adequate to definitively describe the home range of *P. euphronides*, our results are similar to other terrestrial-brooding anurans (Woolbright, 1985; Ovaska, 1992). During the day the frogs retreated into small holes in the moss covered the substrate. These holes may have been formed naturally or they may have been sculpted by the frogs, as per our observations of captive specimens. A temperature logger (Tidbit v2, www.onsetcomp.com) was placed in one of these holes and recovered one year later. Temperatures recorded at this site ranged from 17 – 24 °C but seldom varied by more than 1 °C from 24 °C. These temperatures did not differ significantly from the temperatures that were maintained at the Milwaukee County Zoo. Therefore it is our conclusion that the egg clutches that were laid in our enclosures did not fail due to abnormally high or low temperatures. We now believe that the probable cause of the clutch failures at the Milwaukee County Zoo was predation upon the eggs by springtails (Collembola). Collembola had been intentionally added our enclosures to provide food for the *P. euphronides* hatchlings.

## Discussion

*Pristimantis euphronides* faces an uncertain future on Grenada. Much of the forest that it requires has fallen before the axe and plow. Throughout much of its current habitat, it must compete with *E. johnstonei*. It now faces yet another challenge, chytrid. *Pristimantis euphronides* is the only frog on Grenada that is likely to be severely threatened by chytrid. It is the only species that is restricted to cool, damp forests that are ideal for chytrid (Berger *et al.*, 2004; Krieger and Hero, 2007; Piotrowski *et al.*, 2004) Whether or not *P. euphronides* will be able to survive is a matter of conjecture. However, there is hope. *Pristimantis euphronides* will breed in captivity in relatively small enclosures and many institutions are developing successful propagation programs for terrestrial-breeding frogs. The ability to return captive frogs to a chytrid filled environment may no longer be a matter of fancy. Species of bacteria


have been identified that drastically reduce the death rate of frogs infected with *Batrachochytrium dendrobatidis*. However, continued monitoring will be needed to determine if assurance colonies will be required to secure its future.

## Acknowledgments

We thank the Grenada Forestry and Parks Department for their continued support of our efforts; Dr. Clare Morrall and E. Marie Rush, D.V.M. of St. Georges University, Grenada for assistance in the field, Jean Mano for translations, and the Lazy Lagoon, St. George's, Grenada for providing "a home away from home". Fieldwork on Grenada has been funded by the Milwaukee County Zoological Garden (CSB), Zoological Society of Milwaukee (CSB), the Thomas Torhorst Foundation (BH), the Milwaukee Public Museum (RWH), and the Windway Foundation (RWH).

## Literature Cited

- BARBOUR T., 1914, "A contribution to the zoogeography of the West Indies, with especial reference to amphibians and reptiles", *Memoirs of the Museum of Comparative Zoölogy* vol.44, 209-359.
- BEARD J.S., 1949, "Natural vegetation of the Windward and Leeward islands" *Oxford Forestry Memoirs*, vol. 21.
- BERGER L., SPEARE R., HINES H., MARANTELLI G., 2004, "Effect of season and temperature on mortality in amphibians due to chytridiomycosis", *Australian Veterinary Journal*, vol. 82, 31-36.
- CAMARGO A., HEYER W.R., de Sá R.O., 2009. "Phylogeography of the frog *Leptodactylus validus* (Amphibia: Anura): Patterns and timing of colonization events in the Lesser Antilles", *Molecular Phylogeny. Evol.*, vol.53, 571-579.
- GERMANO J.M., SANDER J.M., HENDERSON R.W., POWELL R., 2003, "Herpetological communities in Grenada: A comparison of altered sites, with an annotated checklist of Grenadian amphibians and reptiles", *Caribbean Journal of Science*, vol.39, 68-76.
- GOLDBERG C.S., GOODE M. J., SCHWALBE C.R., JARCHOW J.L., 2002, "External and implanted methods of radio transmitter attachment to a terrestrial anuran (*Eleutherodactylus augusti*)", *Herpetological Review* 33:191-194.
- HAWTHORNE W. D., JULES D., MARCELLE G., WISE R., 2004, *Caribbean Spice Island Plants*, Oxford, Oxford Forestry Institute.



HEDGES S.B., 1999, "Distribution patterns of amphibians in the West Indies" in: Duellman W.E. (ed.), *Patterns of Distribution of Amphibians: A Global Perspective*.

HEDGES S.B., DUELLMAN W.E., HEINICKE M.P., 2008, "New World direct-developing frogs (Anura: Terrarana): Molecular phylogeny, classification, biogeography, and conservation", *Zootaxa* vol.1737, 1-182.

HENDERSON R.W., BERG C.S., 2005, "A post-Hurricane Ivan assessment of frog and reptile populations on Grenada", *West Indies Herpetological Bulletin*, vol.91, 4-9.

HEINICKE M.P., DUELLMAN W.E., HEDGES S.B., 2007. "Major Caribbean and Central American frog faunas originated by ancient oceanic dispersal", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol.104, 100092-10097.

KAISER H., HARDY J. E., GREEN D. M., 1994, "Taxonomic status of Caribbean and South American frogs currently ascribed to *Eleutherodactylus urichi* (Anura: Leptodactylidae)" *Copeia*, No.3, 780 –796.

KRIGER K.M., HERO J.M., 2007, "The chytrid fungus *Batrachochytrium dendrobatidis* is non-randomly distributed across amphibian breeding habitats", *Diversity and Distribution*, vol. 13, 781-788.

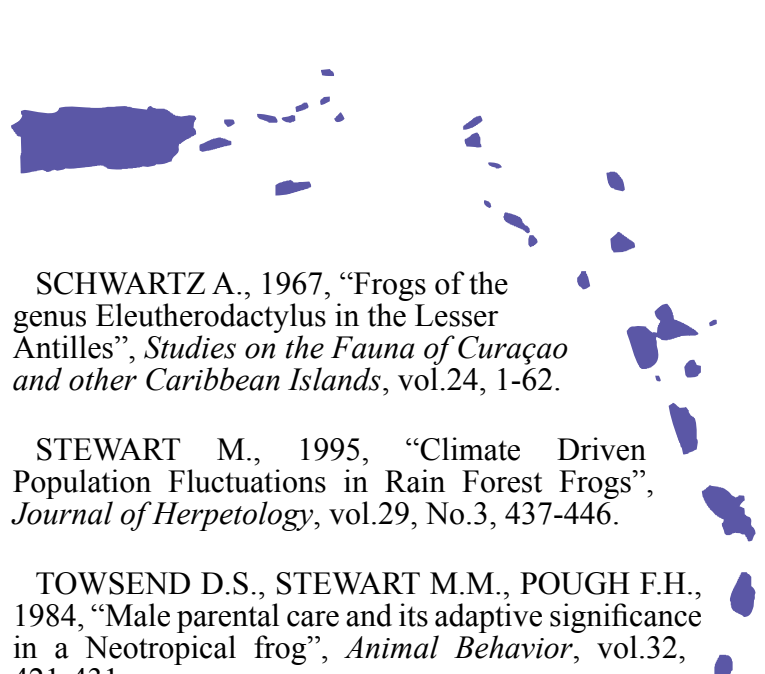
LANDE R., 1993, "Risks of population extinction from demographic and environmental stochasticity and random catastrophes", *American Naturalist*, vol.142, 911-927.

MICHAEL S.F., 1995, "Captive breeding of Two Species of *Eleutherodactylus* (Anura: Leptodactylidae) from Puerto Rico, with Notes on Behavior Captivity", *Journal of Herpetology*, vol. 26, No.1, 27-29.

OVASKA, K., 1992, "Short-and long-term movements of the frog *Eleutherodactylus johnstonei* in Barbados, West Indies", *Copeia*, 1992, No.2, 149-152.

PIOTROWSKI J.S., ANNIS S.L., Longcore J.F., 2004, "Physiology of *Batrachochytrium dendrobatidis*, a chytrid pathogen of amphibians", *Mycologia*, vol. 96, 9-15.

SANDER J.M, KAISER H., POWELL R., 2003. "Eleutherodactylus euphronides", *Catalog of American Amphibians and Reptiles*, No.764,1-3.



SCHWARTZ A., 1967, "Frogs of the genus *Eleutherodactylus* in the Lesser Antilles", *Studies on the Fauna of Curaçao and other Caribbean Islands*, vol.24, 1-62.

STEWART M., 1995, "Climate Driven Population Fluctuations in Rain Forest Frogs", *Journal of Herpetology*, vol.29, No.3, 437-446.

TOWNSEND D.S., STEWART M.M., POUGH F.H., 1984, "Male parental care and its adaptive significance in a Neotropical frog", *Animal Behavior*, vol.32, 421-431.

VILLELLA F.J., JARROD H., 2005, "Diversity and Abundance of Forest Frogs (Anura: Leptodactylidae) before and after Hurricane Georges in the Cordilla Central of Puerto Rico", *Caribbean Journal of Science*, vol. 41, No.1, 157-162.

WHITEMAN H.H., WISSINGER S.A., 2005. "Amphibian population cycles and long-term data sets", in Lannoo W. (ed.), *Amphibian Declines: The Conservation Status of United States Species*, London, University of California Press, Ltd., 177-184.

WOOLBRIGHT L.L., 1985, "Patterns of nocturnal movement and calling by the tropical frog *Eleutherodactylus coqui*", *Herpetologica*, vol. 41, 1-9.

WOOLBRIGHT L.L., 1991, "The impact of Hurricane Hugo on forest frogs in Puerto Rico", *Biotropica* 23:462-467

YANEK K., HEYER W.R., DE SA R.O., 2006, "Genetic resolution of the enigmatic Lesser Antillean distribution of the frog *Leptodactylus validus* (Anura, Leptodactylidae)", *South American Journal of Herpetology*, vol.1, 192-201





# Composition et endémisme de l'herpétofaune martiniquaise : histoire géologique et différenciation intra-insulaire du sphérodactyle (*Sphaerodactylus vincenti*)

Michel BREUIL

La Martinique est la plus grande île des Petites Antilles (1080 km<sup>2</sup>). Sa géologie est bien connue à la suite du remarquable travail du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) (Andreieff *et al.*, 1988, 1989 ; Westercamp *et al.*, 1989). Elle s'est formée à la suite de l'agglomération d'îles qui sont des plus anciennes aux plus récentes : 22 Ma (péninsule de Sainte-Anne et péninsule de la Caravelle reliées entre elles par la chaîne sous-marine de Vauclin-Pitault il y a 7 Ma), îles issues de la remontée progressive de la chaîne (Rivière Pilote, montagne du Vauclin, 15-10 Ma), île du morne Pavillon (péninsule du Sud-Ouest), 8,5-7 Ma et nord de la Baie Fort-de-France, massif du morne Jacob (4 Ma), ces différentes îles formant il y a quelque 2 Ma une île unique. Au nord, des éruptions sous-marines débutées il y a moins de 1 Ma ont donné l'île du mont Conil vers 0,5 Ma qui a été reliée à la partie nord de l'ancienne Martinique par la formation de la montagne Pelée débutée il y a 0,2 Ma.

## Composition de l'herpétofaune martiniquaise

Les îles des Petites Antilles constituent, en raison de leur nombre, de leurs diversités écologiques liées à leurs natures géologiques, de leurs éloignements des continents, de leurs altitudes, de leurs âges et de leurs histoires géologiques un laboratoire unique pour étudier l'évolution des espèces. Les grandes îles centrales, de Sainte-Lucie à la Guadeloupe, possèdent la plus grande diversité et un plus fort taux d'endémisme que les îles proches des continents. La biodiversité insulaire résulte des colonisations à partir de propagules d'Amérique du Sud et des Grandes Antilles, de la colonisation d'île en île après des phénomènes de spéciations insulaires et intra-insulaires, du déplacement volontaire ou involontaire d'espèces par les premiers habitants, des arrivées récentes d'espèces dont certaines à fort pouvoir invasif et des disparitions d'origines anthropiques ou non anthropiques. Les îles françaises, à l'exception de Saint-Barthélemy, sont celles qui ont perdu le plus d'espèces dont de nombreuses espèces endémiques.

Les causes sont nombreuses et ne se réduisent pas à la prédation par la mangouste. Les espèces exogènes devenues invasives sont, soit par la compétition soit par la prédation, à l'origine de nombreux désastres. Le racoon (*Procyon lotor*) et le manicoü (*Didelphis marsupialis*), considérés comme endémiques et donc en équilibre avec leurs proies potentielles sont en fait de redoutables prédateurs introduits qui ont fragilisé les populations d'amphibiens et de reptiles bien avant l'arrivée de la mangouste qui s'est contentée des restes de l'herpétofaune en Guadeloupe et en Martinique.

Les espèces d'amphibiens et de reptiles présentes en Martinique appartiennent à quatre groupes biogéographiques : dix espèces endémiques de l'île dont certaines se sont diversifiées à l'intérieur d'une île au cours des étapes de sa formation ; cinq espèces endémiques de quelques îles de la Caraïbe ; sept espèces à large distribution en Amérique du Sud et dans les Antilles et deux espèces originaires de l'Ancien Monde. L'usage de la systématique moléculaire bouleverse en partie les conclusions apportées par les études morphologiques classiques fondées sur l'analyse du phénotype qui résulte de l'histoire évolutive, de l'adaptation aux différents milieux induisant des phénomènes de convergence et à la plasticité phénotypique.

Dix taxons sont endémiques stricts de Martinique :

- ▶ Boa (*Boa* sp.) ;
- ▶ Couresse de la Martinique (*Liophis cursor*) ;
- ▶ Trigonocéphale de la Martinique (*Bothrops lanceolatus*) ;
- ▶ Holotropide de L'Herminier (*Leiocephalus herminieri*) ;
- ▶ Scinque mabouya de la Martinique (*Mabuya mabouya*) ;
- ▶ Scinque à petite tête de la Martinique (*Capitellum metallicum*)
- ▶ Allobate à œil de bronze (*Allobates chalcopis*) ;
- ▶ Anolis roquet (*Dactyloa roquet*) ;
- ▶ Sphérodactyle de Saint-Vincent (*Sphaerodactylus vincenti*) ;





- ▶ Sténostome à deux raies (*Tetracheilostoma bilineatum*).

Quatre voire cinq de ces espèces ont disparu (Boa sp., *Leiocephalus herminieri*, *Mabuya mabouya*, *Capitellum metallicum*). La couresse (*Liophis cursor*) n'a pas été revue au Rocher du Diamant depuis les années 60. L'allobate est peut-être une espèce introduite et le trigonocéphale est en danger. Les taxons endémiques (anolis, sphérodactyles et sténostomes) qui ont donné naissance à plusieurs lignées, dont certaines constituent peut-être des vraies espèces, sont abondants et largement distribués. Toutefois, certaines lignées sont très localisées et donc particulièrement vulnérables comme celles qui habitent le Rocher du Diamant, le mont Conil ou la montagne du Vauclin.

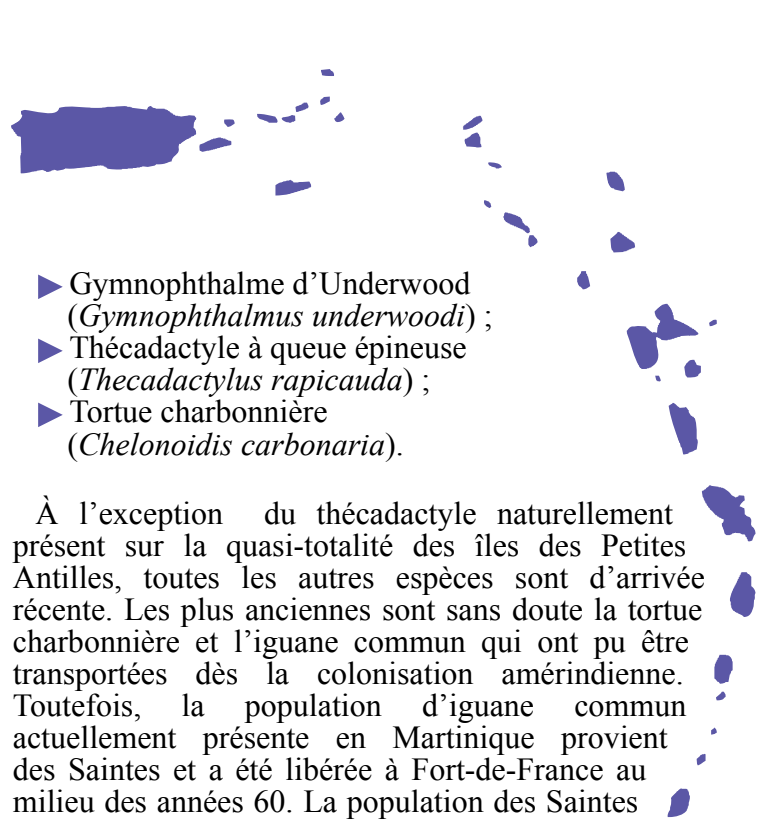
Cinq taxons sont présents au moins sur une autre île :

- ▶ Hylode de la Martinique (*Eleutherodactylus martinicensis*) ;
- ▶ Hylode de Johnstone (*Eleutherodactylus johnstonei*) ;
- ▶ Crapaud de la Dominique (*Leptodactylus fallax*) ;
- ▶ Gymnophthalme de Plée (*Gymnophthalmus pleii*) ;
- ▶ Iguane des Petites Antilles (*Iguana delicatissima*).

La formation de ces espèces à partir des espèces ancestrales sud-américaines s'est réalisée sur une seule île. Par la suite, d'autres îles ont été colonisées et des disparitions ont pu survenir sans que ces premières colonisations ne laissent de traces. Les études génétiques sur le crapaud de la Dominique et l'iguane des Petites Antilles montrent leur homogénéité quelle que soit l'île dont proviennent les individus étudiés, il devait en être de même pour le crapaud de la Martinique aujourd'hui disparu. Cette particularité est classiquement interprétée comme résultant d'un transport par les Amérindiens. Les hylodes de la Martinique sont considérés comme homogènes de la Martinique à la Guadeloupe. Toutefois, il est étonnant que la Martinique ne possède pas une espèce endémique d'hylodes. L'hylode de Johnstone est une espèce de plus en plus invasive qui menace les espèces endémiques et indigènes. Les îles d'origine de ces espèces ne sont pas connues. Le gymnophthalme de Plée, qui n'a jamais été étudié de manière approfondie, pourrait se révéler être une juxtaposition de plusieurs espèces (chaque île ayant sa propre espèce endémique) ou tout au moins former une lignée distincte.

Sept taxons sud-américains sont présents en Martinique :

- ▶ Rainette des maisons (*Scinax ruber*) ;
- ▶ Rainette x-signée (*Scinax* cf. *x-signatus*) ;
- ▶ Crapaud bœuf (*Rhinella marina*) ;
- ▶ Iguane commun (*Iguana iguana*) ;



- ▶ Gymnophthalme d'Underwood (*Gymnophthalmus underwoodi*) ;
- ▶ Thécadactyle à queue épineuse (*Thecadactylus rapicauda*) ;
- ▶ Tortue charbonnière (*Chelonoidis carbonaria*).

À l'exception du thécadactyle naturellement présent sur la quasi-totalité des îles des Petites Antilles, toutes les autres espèces sont d'arrivée récente. Les plus anciennes sont sans doute la tortue charbonnière et l'iguane commun qui ont pu être transportées dès la colonisation amérindienne. Toutefois, la population d'iguane commun actuellement présente en Martinique provient des Saintes et a été libérée à Fort-de-France au milieu des années 60. La population des Saintes provient vraisemblablement de Guyane ; des individus d'autres origines sont venus la renforcer. Le crapaud bœuf a été introduit au XIX<sup>ème</sup> siècle pour lutter contre des insectes phytophages. Son action sur la faune est inconnue, mais en tant que porteur sain du chytride, les dégâts qu'il pourra occasionner seront sans doute considérables. Le gymnophthalme d'Underwood est un arrivant des années 90 et il devient de plus en plus abondant aux dépens de l'espèce locale, le gymnophthalme de Plée, avec laquelle il est probable qu'il s'hybride. Les deux espèces de rainettes, signalées en 1997 pour celle des maisons et en 2010 pour l'x-signée, sont des candidats potentiels à la colonisation des autres îles à partir de leurs implantations comme le montre la situation dans l'archipel Guadeloupéen. Des arrivées régulières du Brésil, dont l'une est issue, sont à craindre.

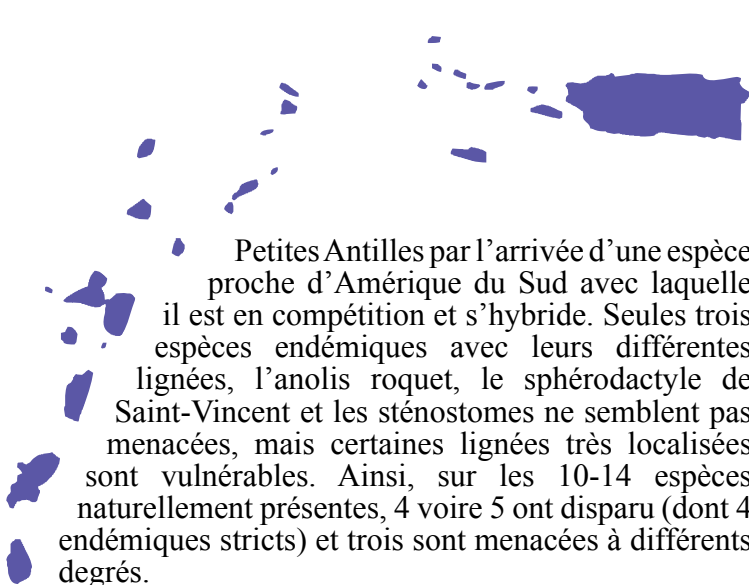
Deux taxons de l'Ancien Monde sont présents en Martinique :

- ▶ Tockay (*Gekko gecko*) ;
- ▶ Hémidactyle commun (*Hemidactylus mabouia*).

Le tockay a été introduit volontairement alors que l'hémidactyle mabouia est arrivé au début du commerce triangulaire, son extension à toutes les îles et îlets montre à quel point cette espèce se dissémine facilement par l'action de l'homme sans pourtant exclure un passage naturel d'île en île.

La Martinique abrite 24 espèces qui se reproduisent ou se sont reproduites depuis la colonisation dont 8 ou 10 ont été introduites par l'homme. Quatre ont disparu, le boa, l'holotropide, le scinque mabouya, le crapaud de la Dominique. La couresse fait peut-être partie de cette liste. Deux sont fortement menacées, le trigonocéphale et l'iguane des Petites Antilles. Le gymnophthalme de Plée, qui constitue peut-être un taxon endémique, est menacé, tout comme l'iguane des






Petites Antilles par l'arrivée d'une espèce proche d'Amérique du Sud avec laquelle il est en compétition et s'hybride. Seules trois espèces endémiques avec leurs différentes lignées, l'anolis roquet, le sphérodactyle de Saint-Vincent et les sténostomes ne semblent pas menacées, mais certaines lignées très localisées sont vulnérables. Ainsi, sur les 10-14 espèces naturellement présentes, 4 voire 5 ont disparu (dont 4 endémiques stricts) et trois sont menacées à différents degrés.

## Différenciation des sphérodactyles martiniquais

Compte tenu de cette longue et complexe histoire géologique, de la diversité des climats et des conditions écologiques, la Martinique est l'île des Petites Antilles la plus adaptée pour étudier les phénomènes de divergence génétique et morphologique au sein d'une espèce. Il est intéressant de constater que, parmi les îles des Petites Antilles, seules les grandes îles, Martinique, Guadeloupe (Basse-Terre et Grande-Terre) ont vu leurs anolis (Lazell, 1962 1964, 1972) et leurs sphérodactyles (Thomas, 1964 ; Schwartz, 1964) séparés en plusieurs sous-espèces sur des critères morphologiques. Les anolis de Dominique ont aussi donné lieu à la description de plusieurs sous-espèces (Lazell, 1972) ; en revanche, ce n'est pas le cas des sphérodactyles de cette île. Ainsi, la Martinique était un archipel à l'image des Saintes aujourd'hui qui possèdent ses propres espèces endémiques : *Alsophis sanctonum*, *Ctenonotus terraaltae*, *Sphaerodactylus phyzacinus* avec des sous-espèces différentes entre Terre-de Haut et Terre-de-Bas pour la couleuvre et l'anolis (Breuil, 2002a). On admet que la spéciation apparaît avec un isolement géographique suivi par des effets de fondation, de dérive génique et d'adaptation sous l'effet de la sélection naturelle. Il est classique de considérer des populations de la même espèce comme des sous-espèces différentes quand elles habitent des îles proches dont l'isolement est plus récent comme ceux ayant fait suite à la remontée du niveau des mers il y a quelque 12 000 ans.

Les sous-espèces d'anolis (Lazell, 1962, 1964, 1972) et de sphérodactyles (Schwartz, 1964 ; Thomas, 1964) ont été décrites, uniquement sur des critères morphologiques et géographiques, à une époque où la géologie des grandes îles n'était pas connue. Ces différences morphologiques sont le résultat de l'histoire géologique qui a produit des lignées indépendantes évoluant sur chaque paléo-île qui, en fonction de la fraction du pool génétique qu'elles emportaient, ont divergé sous l'effet des phénomènes aléatoires, de la sélection naturelle et de la plasticité phénotypique. Quand ces différentes morphes sont géographiquement isolées, il est facile d'y reconnaître un groupe monophylétique.



En revanche, quand ces différentes morphes sont en contact avec des formes intermédiaires, la situation est nettement plus complexe et les causes des divergences ou des convergences multiples. Ainsi, pour qu'une sous-espèce ou une espèce soit un taxon valide, il faut qu'il représente un groupe monophylétique. Le séquençage de gènes permet de retrouver facilement les lignées alors que les données morphologiques représentent à la fois des caractères ancestraux hérités du taxon initial et des caractères plus ou moins adaptatifs acquis depuis la séparation. Les travaux de Breuil (2002a), de Stenson *et al.* (2004) et de Thorpe *et al.* (2008a) sur le groupe *Ctenonotus bimaculatus* (archipel guadeloupéen), de Breuil (2002a), et de Thorpe *et al.* (2008b) sur *Sphaerodactylus fantasticus* (archipel guadeloupéen) et de Thorpe *et al.* (2010) sur Anolis roquet montrent que la situation n'est pas aussi simple. Il est dommage que l'équipe de Thorpe n'ait pas échantillonné toutes les îles de l'archipel des Saintes et qu'elle n'ait pas disposé de plusieurs localités par îles notamment pour Terre-de-Bas.

Les espèces de grande taille, à grande capacité locomotrice, comme le trigonocéphale de la Martinique (*Bothrops lanceolatus*), l'iguane des Petites Antilles (*Iguana delicatissima*), la couresse de Martinique (*Liophis cursor*) et le crapaud de la Dominique (*Leptodactylus fallax*) n'ont pas donné lieu à la description de sous-espèces, il en est de même pour les éléuthérodactyles. Toutefois, il est clair que les éléuthérodactyles des Antilles françaises ont été sous-étudiés et qu'il reste de nouveaux taxons à décrire (Breuil, 2002a). Il existe deux espèces de trigonocéphale (Martinique : *Bothrops lanceolatus*, Sainte-Lucie : *Bothrops caribbaeus*) et deux espèces de boa constricteur (Dominique : *Boa nebulosa*) Sainte Lucie : *Boa orophias*), le taxon de Martinique, connu simplement de la description du Père Labat sous le nom de couleuvre, ayant disparu (Breuil, 2009). La réinterprétation des textes de Labat (1724) et de Moreau de Jonnés (1818) suggère qu'en plus du *Boa*, de la couresse (*Liophis cursor*) et du trigonocéphale, la Martinique abritait un autre serpent de grande taille dont les descriptions données font penser à un clibro (*Clelia* sp.). L'iguane des Petites Antilles est monomorphe pour les gènes nucléaires et mitochondriaux testés sur l'ensemble de son aire de répartition, soit de la Martinique à Anguilla (Malone et Davis, 2004 ; Breuil et Cherbonel, inédits). Il en est de même pour le mountain chicken pour les deux populations restant sur les îles de Montserrat et de la Dominique (Hedges et Heinicke, 2007). Pour ces deux espèces, les transports amérindiens seraient à l'origine de la répartition actuelle.

Les sphérodactyles habitant la Martinique sont considérés comme appartenant à l'espèce *Sphaerodactylus vincenti* (King, 1962 ; Schwartz, 1964 ; Schwartz et Henderson, 1991). Neuf sous-espèces ont été décrites, parmi lesquelles 6 sont endémiques de Martinique : *S. v. pheristus*, *S. v. ronaldi*, *S. v. festus dans le Nord* et *S. v. josephinae*, *S. v. psammius*, *S. v.*

*adamus* dans le Sud. Les sous-espèces *S. v. vincenti* (Sainte-Lucie), *S. vincentimonilifer* (Dominique) et *S. v. diasmesus* (Sainte-Lucie) ne sont pas traitées dans ce travail. Ces sphérodactyles sont rattachés à ceux des Grandes Antilles par Haas (1991).

Selon Schwartz (1965) : *In Martinique, geckos were some what more common locally, but in many areas appeared to be absent, notably on the western slopes of Montagne Pelée.* Selon Schwartz (1964) et Schwartz et Henderson (1991), dans le nord de la Martinique, les sphérodactyles ne se rencontreraient qu'entre Morne Rouge et Ajoupa Bouillon. Ces derniers ont été décrits comme une sous-espèce *Sphaerodactylus vincenti pheristus* qui se différencie de toutes les autres par sa grande taille et la présence de carènes sur les écailles ventrales. La synthèse de Steinberg *et al.* (2008) présente une aire de répartition en Martinique conforme à celles des travaux antérieurs.

Au cours d'un travail de prospection herpétologique réalisé dans la réserve biologique domaniale de la Montagne Pelée pour le compte de l'Office National des Forêts, nous avons découvert, en février 1997, sur le massif du mont Conil, une population de sphérodactyle d'un type tout particulier.

Devant l'originalité de cette population, nous avons entrepris en partenariat avec le Parc naturel régional de Martinique (PNRM), la Direction régionale de l'Environnement (DIREN) et l'Office National des Forêts (ONF) de la Martinique un inventaire herpétologique de cette île, notamment, dans les zones qui n'ont été que peu prospectées, voire délaissées. Les résultats de ce travail (Breuil 1997, 1999, 2000, 2002b), devraient donner lieu à la publication d'une Histoire naturelle des amphibiens et reptiles terrestres de la Martinique équivalente à celle écrite pour l'archipel Guadeloupéen (Breuil, 2002a), malheureusement ce projet est pour l'instant bloqué faute d'un partenariat efficace entre les différentes administrations impliquées. Une synthèse des principaux résultats a été donnée dans Breuil (2009). L'étude des sphérodactyles du nord de la Martinique, la découverte de plus de 250 localités pour cette espèce et l'histoire géologique de l'île nous ont convaincu que cette population du mont Conil ne pouvait être rattachée à aucune des sous-espèces décrites. Cette nouvelle sous-espèce est nommée :

*Sphaerodactylus vincenti paulmarinae* nov. ssp.

**Type** : MNHN 2000.6368, une femelle adulte collectée par Michel Breuil le 15 février 1997 à 100 m au sud du Point de vue de l'Anse Galet à 150 m d'altitude.

**Etymologie** : C'est lors du premier séjour de mes enfants, Paul et Marine, en Martinique que nous avons prospecté le mont Conil et, en souvenir de cette prospection, nous leur dédions ce taxon.

## Diagnose

Une sous-espèce de sphérodactyle caractérisée par : une grande taille où les femelles atteignent 36 mm de longueur corporelle (extrémité du museau à la fente cloacale, SVL) pour une longueur totale maximale de 71 mm ; un nombre élevé d'écailles dorsales et ventrales ; des écailles dorsales, gulaires et pectorales carénées alors que les ventrales sont lisses, à bord postérieur arrondi ; la présence d'ocelles noirs souvent fusionnés en une barre transversale



**Figure 1.** *Sphaerodactylus vincenti paulmarinae* ssp. nov., type MNHN 2000-6268, mont Conil.

située au-dessus de la ceinture scapulaire, ces ocelles possèdent une tache de forme plus ou moins variable, parfois deux petites, en général blanches, parfois grises ; une tête réticulée de noir sur fond gris bleuté ou une tête marron, légèrement mouchetée de taches beiges sans bandes ; un tronc marron-rougeâtre en général rayé de 4 à 10 bandes transversales, parfois un peu ondulées beige-ocre, un V ou un Y beige en arrière de la ceinture postérieure dont la pointe est tournée vers la queue.

**Description du type** (femelle : MNHN 2000.6368 mont Conil) : *figure 1*

Longueur corporelle (mesure sur l'animal frais) : LT : 65 mm, SVL = 31, LQ : 34 ; écailles gulaires juxtaposées et carénées ; écailles du cou imbriquées, circulaires et carénées ; écailles de la poitrine à bord postérieur plutôt arrondi, carénées et imbriquées pour les rangs latéraux et lisses pour les rangs centraux ; écailles ventrales à bord postérieur arrondi, lisses et imbriquées, écailles caudales lisses. Coloration (vivant) : dos marron foncé avec quatre bandes transversales beiges



s'étendant sur les deux tiers antérieurs et deux bandes discontinues sur le tiers postérieur, ces bandes se prolongeant plus ou moins sur les flancs ; tête marron rougeâtre avec des petites taches de la même couleur que les bandes transversales ; barre scapulaire provenant de la fusion des deux ocelles noirs dont les centres présentent deux taches blanches allongées, queue avec le même pattern de coloration que le dos, à sa base un V beige dont la pointe est tournée vers l'arrière ; le ventre est gris-rosé, la gorge présente quelques lignes obliques sur un fond gris, le dessous de la queue est orange-jaune. L'iris est gris bleu.



**Figure 2.** Mâle de *Sphaerodactylus vincenti paulmarinae*. La coloration de la tête n'est pas un caractère dimorphique comme chez certaines espèces de sphérodactyle.

Paratypes : *Sphaerodactylus vincenti paulmarinae* : 2000.6301-6306 mont Conil, Rivière des Galets ; 2000.6307-6311, 2000.6313 mont Conil ; 2000.6321-6328 mont Conil, Rivière des Galets ; 2000.6369 mont Conil.

Nous avons retenu 21 paratypes collectés dans la zone comprise entre le point de vue de l'Anse des Galets, la Rivière des Galets et la crête partant du morne à Lianes et allant jusqu'à la côte 557 du piton mont Conil. Nous avons exclus des paratypes les individus de la population de la rivière à Trois-Bras en raison de légères traces d'intergradation secondaire avec *S. v. pheristus*. Sur les 21 paratypes, 19 sont des femelles, un est un mâle (*figure 2*) et l'autre un juvénile. Pour les adultes, la longueur museau-cloaque (SVL) varie de 26 à 36 mm.

La coloration dorsale, observée sur des sphérodactyles vivants, est marron-rougeâtre, plus ou moins foncée. Les dessins dorsaux sont des bandes transversales beige-bronze, plus ou moins larges et plus ou moins parallèles descendant sur les flancs.



Leur nombre varie de 4 à 10. Sur les 21 paratypes, 16 présentent les bandes transversales. Chez les 5 autres paratypes, elles sont estompées chez les individus fixés alors qu'elles étaient plus apparentes en vie. Il n'y a aucune rosette dans les dessins dorsaux et cette absence, associée à la présence des bandes transversales, rend le pattern de coloration dorsale unique parmi toutes les sous-espèces de *S. vincenti*. Il existe un Y ou un V sacré, beige, dont la base, plus ou moins courte, voire absente, est tournée vers la queue. La coloration dorsale de la queue est comme celle du dos et des flancs avec des lignes transversales plus ou moins marquées.

Toutes ces caractéristiques de coloration dorsales se retrouvent à la fois chez les mâles et les femelles. Les dessins de la tête sont de deux types avec de nombreux intermédiaires. La tête est marbrée en gris bleuté et noir (9/21) aussi bien sur le dessus que sur les côtés. La gorge présente un pattern de coloration comparable, avec des marques noires obliques sur un fond gris bleuté. Le dessus et les côtés de la tête sont marron-jaune (6/21), avec parfois quelques petites taches claires, la gorge est alors unie. Les intermédiaires (6/21) présentent une tête gris-marron avec des marques gulaires obliques estompées.

La coloration de la face ventrale, à l'exception de la gorge est gris rosâtre, plus ou moins foncée, avec des parties pigmentées de jaune sale et de rougeâtre. Chez tous les individus observés le dessous de la queue est jaune rougeâtre. La gorge est grise et plus ou moins ponctuée de petites taches noires qui, chez certains d'entre eux, dessinent de vagues bandes obliques.

Chez les deux sexes, les écailles du menton et de la gorge sont carénées jusqu'à la base des membres antérieurs alors que celles de la poitrine et du ventre ne le sont pas, à l'exception des rangs les plus périphériques. Il n'y a pas de dimorphisme sexuel de coloration.

### Comparaison avec les sous-espèces nord-martiniquaises

Le sphérodactyle du mont Conil se caractérise par la présence sur la ceinture scapulaire d'ocelles noirs marqués de blanc voire de gris clair. Cette caractéristique se retrouve, parfois estompée, chez les sous-espèces de *Sphaerodactylus vincenti* au nord de la ligne passant approximativement par le Robert et Fort-de-France. Toutefois, certaines populations du sud de la Martinique possèdent des ocelles comme celle qui habite sur la montagne du Vauclin et dont la coloration dorsale n'est pas du type maculé comme ronaldi. Cette population coincée entre les sous-espèces *ronaldi*, *psammius* et *josephinae* pourrait aussi constituer un nouveau taxon, mais faute de plusieurs individus, il ne sera pas décrit dans ce travail.



Par ses écailles ventrales non carénées et à bord postérieur arrondi, la sous-espèce du mont Conil se rapproche de la sous-espèce *ronaldi* et s'éloigne de la sous-espèce *pheristus* qui possède des écailles pectorales et ventrales fortement carénées et à bord postérieur plutôt triangulaire. La longueur museau-fente cloacale (SVL) du plus grand individu de *S. v. paulmarinae* mesuré est de 36 mm pour une femelle. La grande taille des femelles rend la sous-espèce du mont Conil intermédiaire entre d'une part *festus* (31 mm) et *ronaldi* (32 mm) qui sont des sous-espèces de taille moyenne et *pheristus* d'autre part qui apparaît comme un géant parmi les autres sphérodactyles avec une longueur (SVL), aussi bien chez les mâles que chez les femelles, de 40 mm. La coloration dorsale de *S. v. paulmarinae*, avec ses barres transversales, est unique parmi toutes les sous-espèces de *vincenti* de même que le pattern de coloration céphalique (gris bleuté, rayé de noir). Toutefois, Schwartz (1964) a mentionné un individu de *S. v. pheristus*, capturé entre Ajoupa Bouillon et Morne Rouge, qui possède une tête ayant cette caractéristique. Nous l'interprétons (voir ci-dessous) comme la trace d'une intergradation secondaire avec *S. v. paulmarinae*. Ce type de coloration céphalique se rencontre dans le secteur d'Ajoupa Bouillon et vers Grand-Rivière (figure 3).



**Figure 3.** *Sphaerodactylus vincenti ronaldoi*. Presqu'île de la Caravelle (haut). *Sphaerodactylus vincenti pheristus* localité type entre Ajoupa Bouillon et Morne Rouge (milieu). *Sphaerodactylus vincenti festus* Schœlecher-Fond Lahaye (bas).

Les sous-espèces *festus* (côte caraïbe du nord de Fort-de-France au Prêcheur et ouest des pitons du Carbet), *ronaldi* (côte atlantique du Robert à Anse Charpentier), *pheristus* (massif du morne Jacob et des pitons du Carbet) et *paulmarinae* (mont Conil) se distinguent des sous-espèces du sud *adamus* (rocher du Diamant), *josephinae* (péninsule du Sud-Ouest) et *psammius* (extrême Sud-Est) par la présence de deux ocelles scapulaires noirs dont le centre est orné d'une tache blanche à grise. Ces ocelles peuvent être considérés comme une synapomorphie et hérités des premiers sphérodactyles ayant habité la proto-Martinique du Nord (péninsule de la Caravelle). L'absence de ce caractère pourrait avoir été une caractéristique des sphérodactyles de la proto-Martinique du sud (Péninsule de Sainte-Anne) bien qu'il reste à expliquer la présence de sphérodactyles ocellés à la Montagne du Vauclin et dans quelques localités voisines.

## Écologie

Le sphérodactyle du mont Conil habite la forêt méso-hygrophile et hygrophile. Il fréquente la litière, se cache sous des pierres, des troncs dans des milieux particulièrement humides. Dans ces cachettes, il se dissimule en compagnie d'hylodes de Johnstone (*Eleutherodactylus johnstonei*) et d'hylodes de la Martinique (*E. martinicensis*), mais aussi de scorpions (*Didymocentrus* sp.) qui sont probablement des prédateurs potentiels. Ce sphérodactyle est actif le jour et, il est possible d'en observer traversant des espaces découverts au milieu de la journée ou en train de chasser dans la litière. Ils consomment des arthropodes (araignées, diptères, larves en tout genre), mais aussi des petits escargots. Les densités sont parfois assez élevées (0,5 à 1/m<sup>2</sup>), particulièrement en forêt méso-hygrophile où la litière est abondante. À la rivière des Galets et à la rivière à Trois-Bras, il se cache dans les amas de feuilles amoncelées par l'eau entre les blocs de lave, mais aussi sous les pierres perfusées par un peu d'eau. Il est présent du niveau de la mer (embouchure de la rivière des Galets) à 550 m d'altitude sur les pentes ouest du mont Conil. Il est probable qu'il atteigne des altitudes plus élevées. La nuit, il est possible d'en observer, immobiles sur des feuilles à un mètre au-dessus du sol probablement en train de dormir. Ce comportement pourrait constituer un moyen de protection contre des prédateurs nocturnes comme les scorpions et les millepattes qui sont particulièrement abondants dans certains secteurs et qui sont incapables de monter sur des plantes à tiges de faibles diamètres.

Les femelles pondent aussi bien durant le Carême (février-mars-avril) que durant l'Hivernage (juillet-août), mais nous ne disposons pas de données pour les autres mois de l'année. L'observation de l'œuf



unique au travers de la paroi abdominale montre que pour chacune de ces saisons, tous les stades de la vitellogenèse coexistent en même temps. La reproduction doit donc avoir lieu tout au long de l'année et deux pontes annuelles sont envisageables, particulièrement dans les milieux les plus humides, moins touchés par les variations d'hygrométrie.

Les densités élevées rencontrées sont comparables à celles trouvées pour d'autres sous-espèces, 0,82/m<sup>2</sup> pour *ronaldi* à la Caravelle (Leclair, 1978), 5625/ha (Steinberg *et al.*, 2007) pour *vincenti* à Saint-Vincent. Toutefois, ces densités sont extrêmement variables même dans des habitats favorables du mont Conil. Des prospections dans une litière de forêt sèche d'arrière-plage (*psammius*) que nous suivons régulièrement, montrent que l'on passe de densités de 0,5 à 1/m<sup>2</sup> en saison humide à des valeurs inférieures à 1/100 m<sup>2</sup> au mois de mars (Carême). Toutefois, des facteurs météorologiques sont aussi à prendre en compte comme les houles cycloniques dont les effets sur la litière des forêts sèches d'arrière plage sont spectaculaires (Breuil, 2009). Ces variations de densité pourraient s'expliquer par une faible résistance à la déshydratation qui varie selon les populations et au sein d'une même sous-espèce (Steinberg *et al.*, 2007 ; Henderson et Powell, 2010). Pendant la saison sèche, ces sphérodactyles se dissimulent dans les anfractuosités du sol qui demeurent humides. Les sphérodactyles de petite taille qui vivent à basse altitude sont plus résistants à la déshydratation que les gros sphérodactyles qui habitent des milieux plus humides comme les sous-espèces *paulmarinae* et *pheristus*. Cette adaptation à la déshydratation est un élément clé de la diversité des sphérodactyles de la Martinique. Les caractéristiques de l'écaillage de ces différentes sous-espèces et leurs variations au sein d'un même taxon devraient être étudiées en liaison avec la conservation de l'eau. En raison d'un rapport surface/volume défavorable, on devrait trouver les petits sphérodactyles dans les milieux plus humides et les gros dans les milieux les plus secs, c'est la situation inverse qui est observée.

## Répartition des différentes sous-espèces martiniquaises

1. *S. v. paulmarinae* est présent sur le massif du mont Conil avec des zones d'intergradations secondaires au sud-est avec *S. v. pheristus* et à l'est avec *S. v. ronaldi*. La présence d'une zone d'intergradation secondaire entre *S. v. pheristus* et *S. v. paulmarinae* à l'est d'Ajoupa-Bouillon, à Leyritz, Malakoff (*figure 4*) et rivière à Trois-Bras. Dans ces deux dernières localités, les traits de *pheristus* (écailles ventrales

carénées) sont moins prononcés et ne se rencontrent que chez quelques individus. Une intergradation secondaire avec *S. v. festus* est envisageable au sud-ouest dans la région de Balata (Schwartz, 1964).

2. *S. v. pheristus* est réparti sur l'ensemble formé par le volcan-bouclier du morne Jacob qui comprend aussi les pitons du Carbet et la montagne du Lorrain. Il est présent en altitude au sommet du morne Jacob (880 m) et à au plateau du Palmistes (1200 m) (*figure 5*) sur le flanc sud de la Pelée, toutefois certains individus de la Pelée ne présentent pas les ocelles caractéristiques, mais présentent bien les écailles ventrales carénées. Cette sous-espèce était considérée comme restreinte au secteur entre Morne-Rouge et Ajoupa Bouillon sur le flanc sud-est de la montagne Pelée (Schwartz 1964, Steinberg *et al.*, 2008). Cette sous-espèce centrale s'hybride sur la côte atlantique avec *S. v. ronaldi* et *S. v. paulmarinae* à l'est d'Ajoupa Bouillon. Les traces de l'hybridation avec *S. v. paulmarinae* sont attestées par des colorations céphaliques gris-bleuté (*figure 4*). *S. v. pheristus* hybride probablement avec *S. v. festus* sur les flancs est des pitons du Carbet (Schwartz 1964).



Figure 5. *Sphaerodactylus vincenti* cf. *pheristus*, plateau du palmiste, montagne Pelée, 1200 m. Cet individu bien que ne possédant pas de barres scapulaires présente des écailles ventrales carénées.



Figure 4. Deux sphérodactyles de Grand-Rivière (Malakoff-Fond Lottère) présentant des caractères intermédiaires plus ou moins prononcés entre *Sphaerodactylus vincenti paulmarinae* et *S. vincenti pheristus*.

3. *S. v. ronaldi* est particulièrement abondant dans la péninsule de la Caravelle et s'étend sur la côte atlantique jusqu'à Sainte-Marie et au Robert (*figure 3*). Il existe une zone d'intergradation secondaire entre *S. v. ronaldi* et *S. v. pheristus* qui débute à Anse Charpentier. Les individus sont identifiables par les écailles ventrales légèrement carénées (caractère de *pheristus*) et la présence de taches bien délimitées sur le dos (caractère de *ronaldi*), elle s'étend plus au nord jusqu'à Grand-Rivière. Au sud, une zone d'intergradation s'est formée entre *S. v. ronaldi* (atlantique) et *S. v. psammius* (péninsule de Sainte-Anne) identifiable par la présence d'ocelles scapulaires chez quelques rares individus de Petit Macabou et de morne Bellevue à moins qu'il ne s'agisse d'un contact entre les sphérodactyles de la montagne du Vauclin et de ceux de la péninsule de Sainte-Anne. Des prospections supplémentaires et l'observation d'un plus grand nombre d'individus sont nécessaires.

4. *S. v. festus* est présent sur la façade caraïbe, au nord-ouest, il atteint Anse Céron et au sud-est il est présent jusqu'à l'est de Fort-de-France, il occupe aussi le flanc ouest des pitons du Carbet (*figure 3*). Il semble absent de tout le secteur qui a été dévasté par l'éruption de 1902 de la montagne Pelée. Une intergradation secondaire avec *S. v. pheristus* sur les flancs est du piton du Carbet est probable.

5. *S. v. psammius* occupe toute la péninsule de Sainte-Anne jusqu'à Grand-Macabou. À l'ouest il s'étend jusqu'à Sainte-Luce (*figure 6*).



**Figure 6.** *Sphaerodactylus vincenti psammius*, Les Salines.

6. La présence d'une population ocellée sur la montagne du Vauclin et sur la montagne de Régale dont le pattern de coloration dorsale ne ressemble à aucune autre sous-espèce demande une analyse plus approfondie (*figure 7*).

7. *S. v. josephinae* habite toute la péninsule du sud-ouest à l'est de la dépression Rivière Salée Trois-Rivières.

8. *S. v. adamas* est limité au seul rocher du Diamant d'une superficie de 5,6 ha (*figure 8*).



**Figure 7.** *Sphaerodactylus vincenti* ssp. Montagne du Vauclin, taxon probablement endémique de cette île émergée depuis quelque 10 Ma.



**Figure 8.** *Sphaerodactylus vincenti adamas*, Rocher du Diamant.



## Histoire géologique de la Martinique et différenciation des sphérodactyles

Selon Andreieff *et al.* (1988, 1989), Westercamp et Andreieff (1989), la péninsule de la Caravelle et celle de Sainte-Anne étaient deux paléo-îles et ce depuis au moins 20 Ma (*figure 9*). Elles ont donc été les portes d'entrée de la faune et de la flore dans la future Martinique.

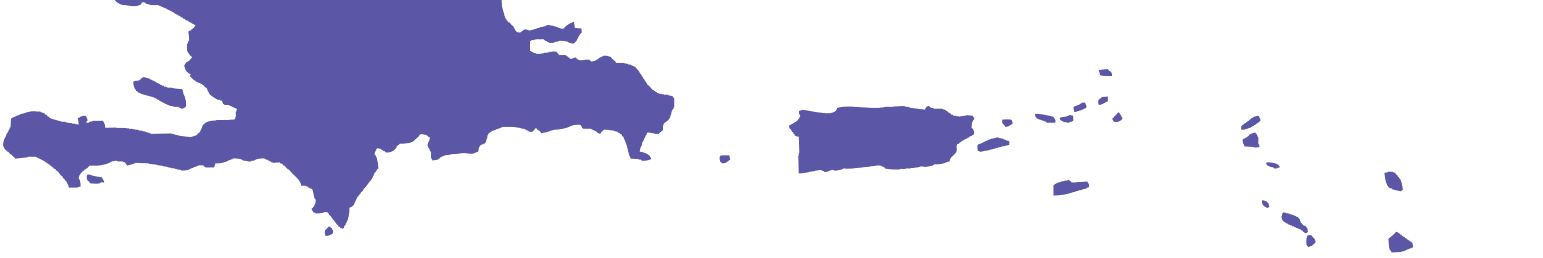
Ces deux paléo-îles ont été colonisées par des propagules issues d'une île plus ancienne. Les îles calcaires du banc d'Anguilla étaient déjà formées à cette époque ; les populations de sphérodactyles se seraient différenciées soit à la suite d'une colonisation successive en deux ensembles à l'origine des sphérodactyles ocellés du nord et ceux non ocellés du sud, soit en deux vagues différentes issues de l'île initiale. Toutefois, les trajets des courants transportant des bois flottés n'impliquent pas qu'ils échouent sur l'île la plus proche. Ainsi, une bouteille (contenant un message avec les coordonnées du lanceur que nous avons contacté) a été jetée à la mer au cours d'une croisière quelque part entre les Grandes Antilles et les Bahamas a été retrouvée sur une plage de Sainte-Lucie par Marine Breuil. La péninsule de la Caravelle abrite deux endémiques strictes, un raisinier endémique (*Coccoloba caravellae*) et une sous-espèce endémique du moqueur gorge blanche (*Ramphocinclus brachyurus brachyurus*). Thorpe et Stenson (2003) ont montré que les anolis de la Péninsule de Sainte-Anne, décrits par Lazell sous le nom d'*Anolis roquet salinei* forment une lignée particulièrement bien différenciée.

Il y a 22 Ma, l'étendue de ces paléo-îles était plus importante qu'elles ne le sont actuellement (Andreieff *et al.*, 1988). La date de leur connexion (Westercamp *et al.*, 1989) est difficile à préciser sachant que les événements volcaniques ayant donné naissance à la chaîne volcanique sous-marine de Vauclin-Pitault ont duré d'environ 17 à 11,5 Ma. La phase effusive de Rivière Pilote (11,3 à 10,2 Ma) est associée à un soulèvement et à l'émersion de quelques sommets qui constituent des petites îles (Andreieff *et al.*, 1988). Selon Bouysson et Westercamp (1988), la surrection de quelques centaines de mètres de cette chaîne volcanique sous-marine aurait eu lieu avant la fin du volcanisme de la moitié sud et sud-ouest de la Martinique (8,5-6,8 Ma). Toutefois, ce processus a d'abord conduit à la formation d'un chapelet d'îles comme le suggèrent les lacunes de sédimentation. Cet arrêt du volcanisme de Vauclin-Pitault correspondrait à l'arrivée de la ride cachée de Sainte-Lucie à la verticale de la ligne volcanique qui serait aussi à l'origine de ce soulèvement il y a quelque 7 Ma. On ne peut donc considérer comme le font Thorpe et Stenson (2003) et Thorpe *et al.* (2008, 2010) que le soulèvement de la région centrale est récent (1 Ma).

Toutefois, les deux histoires géologiques présentées successivement par Thorpe *et al.* (2008, 2010) sont sensiblement différentes. Par exemple, le secteur des pitons du Carbet, de la Pelée et du mont Conil sont déjà présents entre 8 et 6 Ma (Thorpe *et al.*, 2008) alors qu'ils n'apparaissent qu'il y a 2 Ma dans Thorpe *et al.* (2010) alors que les données géologiques indiquent que tout le secteur au nord du morne Jacob date de moins d'un million d'année (Andreieff *et al.*, 1988, Westercamp *et al.*, 1989 ; Maury *et al.*, 1990). Les sphérodactyles ocellés de la montagne du Vauclin pourraient aussi tirer leur origine de l'« île de la montagne du Vauclin » et ce d'autant plus que ce sommet abrite un microendémique, le cerisier montagne (*Eugenia gryposperma*, Mélostomatacées). La montagne du Vauclin pourrait être l'île à partir de laquelle le groupe monophylétique des anolis centraux de Thorpe et Stenson (2003) se serait différencié.

Thorpe et Stenson (2003) ont montré que les anolis roquets de la péninsule du Sud-Ouest forment un groupe monophylétique subdivisé en deux sous-groupes, un centré sur le volcanisme de Ducos, l'autre sur le volcanisme plus récent de Trois-Îlets et du morne Pavillon. Lazell (1972) n'a reconnu aucune sous-espèce dans cette péninsule. Passé 7 Ma, les trois îles principales ont été connectées par la surrection de la chaîne sous-marine de Vauclin-Pitault (Andreieff *et al.*, 1988). Une ligne passant par Sainte-Marie et Fort-de-France marque la limite septentrionale des reliefs émergés volcaniques et des hauts-fonds qui se sont édifiés entre l'Oligocène supérieur et le Miocène (Westercamp *et al.*, 1989). Toutefois, selon Thorpe et Stenson (2003), les îles précurseurs de la Martinique (Sainte-Anne, Caravelle, Nord-Ouest, Sud-Ouest et Centrale) existaient toutes (peut-être sous forme d'îles séparées) à peu près au moment de la colonisation à partir du sud il y a quelque 7,8 Ma. Selon Thorpe *et al.* (2010), ces îles n'existent que depuis 4 Ma.

Selon (Westercamp et Andreieff, 1989), la dépression tectonique de la Baie de Fort de France et la dépression occupée actuellement par la plaine du Lamentin se sont formées entre la fin des éruptions du morne Pavillon (6,8 Ma) et l'apparition du volcanisme de Gros-Îlet parfaitement daté à 6,5 Ma. La présence de lave aérienne du morne Pavillon de l'autre côté de la Baie de Fort-de-France a permis de dater cet événement. Il est donc possible que cette portion de coulée du morne Pavillon ait constitué une petite île pendant au moins un million d'années avant d'être englobée dans les laves sous-marines issues des éruptions du morne Jacob. Cette île pourrait avoir été la région de différenciation de *S. v. festus*. Thorpe et Stenson (2003) ne trouvent pas de groupe monophylétique dans cette région, en revanche, ils en établissent un pour toute la zone s'étendant de l'ouest de Fort-de-France au Prêcheur et qui s'étend sur le versant ouest des pitons du Carbet et de la montagne Pelée. Cette aire de répartition correspond à celle de *S. v. festus* et en plus grand à celle de la sous-espèce *A. roquet zebrillus* de Lazell. La présence de cette île



formée au nord de la dépression tectonique de Fort-de-France pourrait correspondre au secteur S-NW de Thorpe *et al.* (2010) colonisé il y a quelque 5 Ma.

Après une période de repos d'environ un million d'années qui marque la limite entre le Miocène et le Pliocène, l'activité volcanique martiniquaise s'est alors déplacée vers le nord et a donné naissance au plus grand système volcanique de l'île : le volcan bouclier du morne Jacob (Westercamp *et al.*, 1989). Son édification a débuté par une phase sous-marine entre 5,87-5,5 et 4,2-4 Ma (Andreieff *et al.* 1988 ; Westercamp *et al.*, 1989), suivie par une brève phase effusive aérienne entre 2,8-2,7 et 2,25-2,2 Ma (Andreieff *et al.* 1988 ; Westercamp *et al.*, 1989). Selon Andreieff *et al.* (1976), le morne Jacob aurait constitué une île formant le cœur montagneux de la Martinique. Cette île a pu être colonisée soit à partir de la population de la Caravelle soit à partir de celle située au nord de la baie de Fort-de-France (coulée du morne Pavillon). Cette colonisation par une forme ocellée aurait donné naissance à *S. v. pheristus*. Au cours de sa formation, l'ensemble de l'île du morne Jacob a été soulevé de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres suivant les secteurs (Andreieff *et al.*, 1988), ce qui a sans doute eu pour effet de connecter cet ensemble montagneux à la partie sud de la Martinique délimitée par une ligne passant approximativement par Sainte-Marie et Fort-de-France. Selon Thorpe et Stenson (2003), le massif du morne Jacob est occupé par trois groupes monophylétiques *Dactyloa roquet* alors que pour Lazell (1972), le morne Jacob, les pitons du Carbet et la montagne Pelée sont occupés par la sous-espèce *A. roquet summus*.

Au sud-ouest du morne Jacob, la mise en place des pitons du Carbet (Carbet ancien) a débuté, en mer, il y a environ 2-1,9 Ma (Andreieff *et al.* 1988 ; Westercamp *et al.*, 1989). Cette phase initiale, plutôt explosive, a été suivie par l'émission de coulées de lave vers 1,9 Ma, puis d'autres vers 1 Ma. Au cours de la dernière phase éruptive des pitons du Carbet (0,9 Ma), à l'origine des dômes, (Westercamp *et al.*, 1989) des coulées de lave de direction sud et sud-est ont été émises et ont ainsi isolé un secteur défini approximativement par les pitons du Carbet, Schœlcher, Saint-Joseph, et l'est du Lamentin. Ces coulées de lave, comme celle qui a emprunté la Vallée Blanche (SE), avaient au moins 10 km de longueur, 500 m de largeur et 80 m de hauteur (Westercamp *et al.*, 1989). Une autre hypothèse que celle proposée au paragraphe précédent pour expliquer la différenciation de *festus* est, qu'enfermés entre de tels murs, des populations de *S. v. pheristus* établies sur les pitons du Carbet ont pu se différencier et donner *S. v. festus* dans un contexte écologique plus sec que les forêts mésophiles d'altitude. Les pitons du Carbet possèdent aussi des végétaux endémiques (Sastre et Breuil, 2007) comme les araliées-montagne (*Schefflera urbaniana*, *Oreopanax ramosissimus*, Araliacées).


Dans le Sud-Ouest, un volcanisme important est apparu. Il concerne, la formation de l'extrémité occidentale de la presqu'île des Trois-Ilets avec des éruptions comprises entre 3,5 et 2,5 Ma. Ce volcanisme s'est poursuivi selon l'axe Pointe Burgos, morne Larcher rocher du Diamant entre 1 et 0,5 Ma (Andreieff *et al.* 1988). Le rocher du Diamant est un dôme interne de dacite, massif dont les brèches d'explosion ont été dégagées par l'érosion (Westercamp *et al.*, 1989). Le rocher du Diamant a pu être à l'époque une île qui a été colonisée ou son isolement est plus récent et date de la remontée des eaux il y a quelque 12 000 ans. Cet isolement a conduit à la différenciation de *S. v. adamas*.

En parallèle avec la phase finale de la mise en place des pitons du Carbet, l'activité volcanique s'est développée en mer au nord du morne Jacob. Les reliefs situés entre l'anse Céron et Grand-Rivière résultent d'un volcanisme dont les premières manifestations datent d'environ un million d'années. Selon Westercamp *et al.* (1989), trois phases éruptives principales sont responsables des reliefs du nord de la Martinique. Au cours de la première phase, entre 1 Ma et 0,7 Ma, il y a eu édification d'un massif d'abord sous-marin donnant naissance au morne Citron (604 m) qui a été séparé du reste de la Martinique (morne Jacob, piton du Carbet) par un bras de mer. Puis, vers 0,5 Ma, à l'intérieur de ce massif apparaît l'appareil volcanique du mont Conil (895m). La troisième et dernière phase prépeléenne, vers 0,4 Ma, met en place le piton Marcel (1017 m). Le massif du mont Conil a constitué une île (Andreieff *et al.*, 1976) entre 0,5 et 0,15 Ma. Cette île a donc pu être colonisée par quelques sphérodactyles issus du morne Jacob voire de la péninsule de la Caravelle qui se sont différenciés rapidement en *S. v. paulmarinae*. Thorpe et Stenson (2003), reconnaissent un groupe monophylétique d'anolis sur un secteur qui englobe le mont Conil et le flanc est-sud-est de la montagne Pelée. Cette zone correspond approximativement à l'aire de répartition de *paulmarinae* et à celle de l'intergradation secondaire avec *pheristus*.

L'activité de la montagne Pelée, d'abord sous-marine, a débuté il y a environ 400 000 ans. Vers 150 000 ans, la montagne Pelée a augmenté de volume à la suite de ses éruptions et a connecté le massif du mont Conil à ceux du morne Jacob et des pitons du Carbet, puis l'activité a cessé. La Pelée possède aussi une espèce végétale endémique, le cré-crê des hauts (*Clidemia latifolia*).

À la suite, de la connexion peléenne entre le massif du morne Jacob et le mont Conil, les sphérodactyles du morne Jacob (*pheristus*) ont colonisé la Pelée, directement par le nord, mais cette sous-espèce est aussi très abondante dans la région de Morne-Rouge et d'Ajoupa-Bouillon. Sur la côte Est, vers Basse-Pointe et Macouba, *pheristus* s'hybride avec *ronaldi*. À Ajoupa-Bouillon et à






Leyritz, certains individus présentent des caractères intermédiaires entre *S. v. pheristus*, *S. v. ronaldi* et *S. v. paulmarinae*. Sur le mont Conil, dans le secteur est (Malakoff, Rivière à Trois Bras), quelques individus possèdent des traces de carènes sur les écailles ventrales ce qui est un signe d'intergradation secondaire avec *pheristus*.

L'absence apparente de sphérodactyles entre Le Carbet et Anse Céron reflète la rareté des habitats favorables, des prospections peut-être insuffisantes mais surtout les effets des éruptions de la Pelée. Cette zone a été touchée par l'éruption poncéeuse P1 de 650 +/- 20 ans BP (Westercamp et Traineau, 1983 ; Bardintzeff, 1998) qui l'a recouverte de 50 cm à 200 cm de retombées poncées. Il est peu probable que des sphérodactyles aient pu survivre à de tels événements. L'éruption de 1902 a entraîné des dégâts considérables et il est envisageable qu'aucun sphérodactyle de cette région n'ait survécu à ce cataclysme. Selon Lacroix (1904), dans la région centrale de la nuée ardente qui s'est abattue sur Saint-Pierre " tous les êtres vivants ont été anéantis ". Les milieux actuels de cette région semblent peu propices à ces lézards et ne semblent pas avoir été recolonisés.

Devant les différences spectaculaires de taille et de patterns de coloration entre les populations du sud et du nord de la Martinique, il serait envisageable de considérer que les populations de sphérodactyles de Martinique correspondent à deux espèces différentes. Néanmoins, la découverte dans le sud de la Martinique (Petit Macabou et de morne Bellevue) de quelques rares individus présentant des ocelles typiques des sous-espèces du Nord et des taches dorsales arrondies typiques de *ronaldi* montrent l'existence d'un flux de gènes, probablement limité, entre ces deux ensembles. Un autre point qui pose problème est l'absence apparente de sphérodactyles dans la partie centrale de l'île qui est la partie la plus cultivée. Des populations relictuelles de sphérodactyles s'y maintiennent peut-être et pourraient modifier ce schéma.

Les sphérodactyles de Martinique se prêtent bien à une confrontation entre les données géochronologiques et les phénomènes de différenciation. En effet, ces animaux sont confinés aux milieux boisés dont les arbres sont à l'origine d'une litière importante et secondairement à la végétation d'altitude. Ces sphérodactyles se rencontrent aussi bien dans les litières de forêts sèches où ils cohabitent le plus souvent avec *Gymnophthalmus pleii* et parfois aussi avec l'espèce parthénogénétique *Gymnophthalmus underwoodi* en Martinique (Breuil, 2009). En forêt humide, les sphérodactyles montent au moins jusqu'à 880 m d'altitude où ils habitent dans la litière, mais aussi dans les Broméliacées épiphytes comme sur le morne Jacob ou sur la montagne Pelée (1200 m). De plus, *S. v. cf. pheristus* habite la strate cryptogamique sur la montagne Pelée (plateau des Palmistes).



Les milieux herbacés, de basse altitude, aux arbres rares sont des barrières écologiques à l'extension des sphérodactyles. La répartition des sphérodactyles que l'on observe actuellement correspond à une distribution relictuelle. Les champs de canne à sucre, les bananeraies et les champs d'ananas sont autant de milieux, jadis forestiers, d'où les sphérodactyles ont disparu. Néanmoins, dans les bananeraies, quelques sphérodactyles persistent. Ces lézards s'établissent secondairement à partir des populations périphériques. L'usage intensif des pesticides et les pratiques culturales limitent de manière conséquente leur nombre. L'absence ou la relative rareté des sphérodactyles dans le centre-sud de la Martinique (région de Vauclin-Pitault) est sans doute liée à la très forte dégradation de l'habitat dans cette région (culture, élevage, habitations...). Quelques rares populations de sphérodactyles se maintiennent dans les rares secteurs boisés qui ont échappé à une agriculture et un défrichement pour l'habitat.

Les résultats génétiques de Thorpe et Stenson (2003) et Thorpe *et al.* (2008a, 2010) montrent qu'il y a de plus nombreux échanges de gènes entre lignées isolées depuis longtemps sur les paléo-îles qu'entre populations adjacentes issues de la même paléo-île vivant dans des milieux différents. Ces auteurs insistent sur le point qu'une barrière écologique constitue un mécanisme d'isolement aussi efficace qu'une barrière géographique. Leur travail repose sur la mise en évidence de plusieurs lignées associées aux anciennes îles de la Martinique. Toutefois, si deux lignées sont parfaitement associées à deux paléo-îles (Sainte-Anne, péninsule du Sud-Ouest), les deux autres ne le sont pas. L'histoire géologique qui est proposée ne correspond pas à celle qui a été établie par les géologues du BRGM (Andreieff *et al.*, 1988, 1989 ; Westercamp *et al.*, 1989). Par exemple, à 2 Ma le mont Conil et la montagne Pelée sont représentés alors que le morne Jacob est absent, la connexion entre la Caravelle est Sainte-Anne est achevée depuis au moins 7 Ma, mais elle n'apparaît qu'à 1 Ma sur leur schéma. Le calibrage temporel est fondé sur une horloge moléculaire avec 1,4 % de substitution par million d'année sur un seul gène. L'incertitude, compte tenu de la courte période de temps considérée, rend les datations des séparations discutables. Pour réaliser un tel travail, il faut échantillonner conformément aux sous-espèces reconnues sur des critères phénotypiques, mais aussi sur les populations d'un même taxon habitant différents milieux et sur les différentes paléo-îles reconnues par les géologues. Les taux de divergence obtenus pour d'autres espèces dans d'autres contextes doivent être confrontés à ceux obtenus à partir des âges des îles comme Thorpe *et al.* (2008b) l'ont calculé pour *Sphaerodactylus fantasticus*. Par ailleurs, en cas de divergence entre les données géologiques et les données génétiques, l'hypothèse *ad hoc* qui consiste soit à postuler l'existence d'une île bien avant les dates proposées par les géologues, soit que la différenciation ait eu lieu avant la colonisation est à prendre avec beaucoup de précaution. Cette « géochronologie moléculaire »

ne doit pas masquer les incertitudes des modèles ainsi élaborés et les conclusions auxquelles ils conduisent.

Notre modèle phylogéographique repose sur les hypothèses suivantes :

- ▶ les deux parties les plus anciennes de la Martinique à avoir été exondées sont les péninsules de la Caravelle et de Sainte-Anne (22 Ma) ;

- ▶ des îles comme la montagne du Vauclin sont apparues au cours de la surrection de la chaîne volcanique sous-marine de Vauclin-Pitault (15-10 Ma) ;

- ▶ la péninsule du Sud-Ouest a constitué une ou plusieurs îles indépendantes (phase effusive de Ducos 10 Ma, morne Pavillon) 7 Ma ;

- ▶ la coulée du morne Pavillon coupée par le fossé de Fort-de-France a constitué une île progressivement englobée par la croissance du morne Jacob (5,5 à 2, 2 Ma) qui a formé une île avant de se connecter à la partie sud de l'île ;

- ▶ naissance de l'île du mont Conil au nord du massif Jacob-Carbet il y a quelque 0,5 Ma suivie de sa connexion par la montagne Pelée il y a 0,2 Ma ;

- ▶ une île nouvellement formée devient habitable, pour des lézards, en quelques dizaines d'années et peut être colonisée très rapidement ;

- ▶ la présence des ocelles scapulaires est une synapomorphie définissant le groupe Nord par rapport à son absence qui définit le groupe Sud. Ce caractère n'est pas une convergence liée à une adaptation quelconque au milieu, on le trouve aussi bien chez des sous-espèces vivant à basse altitude que chez des sous-espèces de milieux humides sur la côte atlantique comme sur la côte caraïbe, ou des sous-espèces vivant le long d'un gradient altitudinal important.

Une étude moléculaire serait nécessaire pour comparer le scénario proposé ici avec celui issu des divergences établies sur le niveau de différenciation génétique. Les différences morphologiques entre les sous-espèces du Nord de grande taille et les petites sous-espèces du Sud plaident en faveur de lignées n'échangeant que peu de gènes. La situation complexe dans le Sud (Vauclin, Macabou, Régale) demande des études

complémentaires. Selon Steinberg *et al.* (2008), ces recherches devraient conduire à la reconnaissance de plusieurs espèces dans ce qui est actuellement connu sous le nom de *S. vincenti* qui s'étend au nord à la Dominique et au Sud à Sainte-Lucie, mais surtout Saint-Vincent.

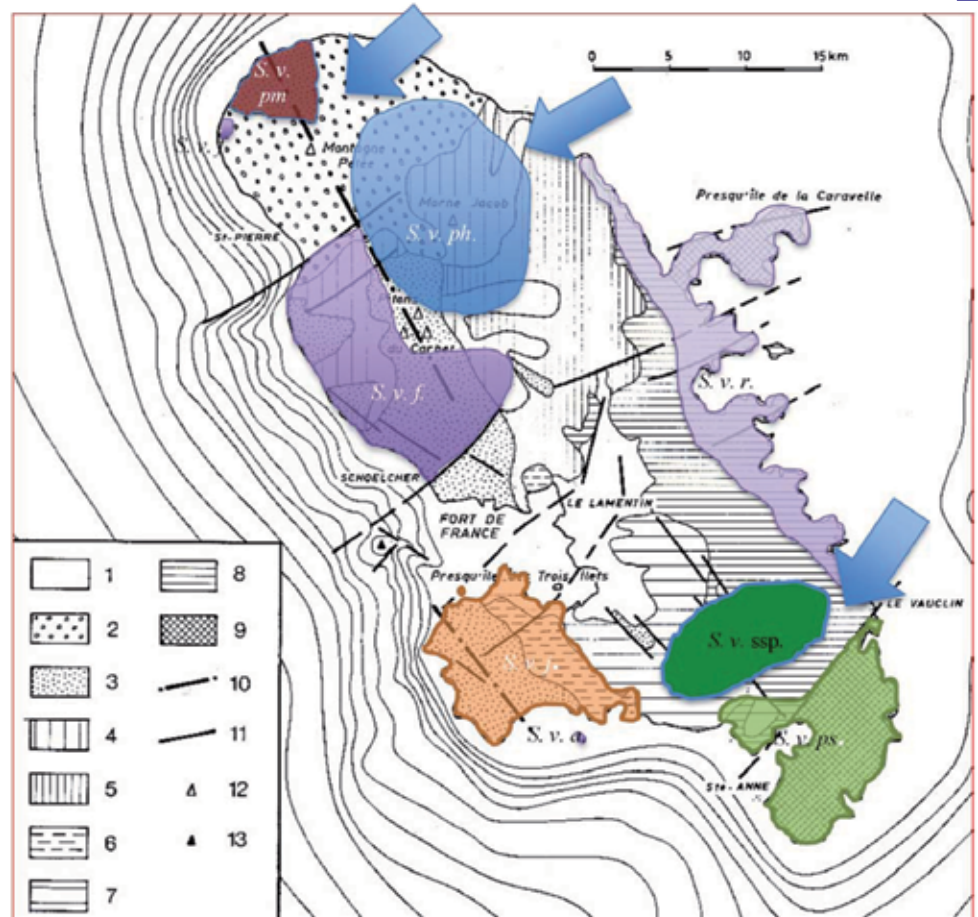


Fig. 9. Grands ensembles volcaniques d'après Andreieff *et al.*, (1988) et Westercamp *et al.* (1989) et répartition des sous-espèce de sphérodactyles.

1. Plaine alluviale quaternaire du Lamentin se prolongeant par le fossé de Fort-de-France. 2. Volcanisme et écoulement pyroclastiques de la Pelée (0,2 Ma). 3. Volcanisme récent Pliocène terminal (2,2 Ma)- Pléistocène (0,3 Ma) (explosif et effusif). 4. Coulées de lave de la seconde phase d'activité aérienne andésitique du morne Jacob. 5. Coulées basiques et hyaloclastiques essentiellement sous-marine. L'ensemble de ces phases correspond au premier cycle volcanique. 6. Volcanisme effusif aérien du morne Pavillon (8,-6,5 Ma) dont une coulée se situe au nord de la dépression de Fort-de-France. 7. Volcanisme effusif en partie aérien de Ducos, Rivière-Pilote et Rivière-Salée, Sainte-Luce (12-9 Ma). 8. Chaîne volcanique sous-marine de Vauclin-Pitault (16-12 Ma) avec des émergences comme celle de la montagne du Vauclin (10 Ma). L'ensemble de ces phases correspond au premier cycle. 9. Complexe volcanique de base (< 24 Ma). 10. Front volcanique pléistocène à l'origine de la moitié ouest de la Martinique. 11. Accidents tectoniques majeurs. 12. Principaux sommets. 13. Volcan sous-marin éteint de Schœlcher.

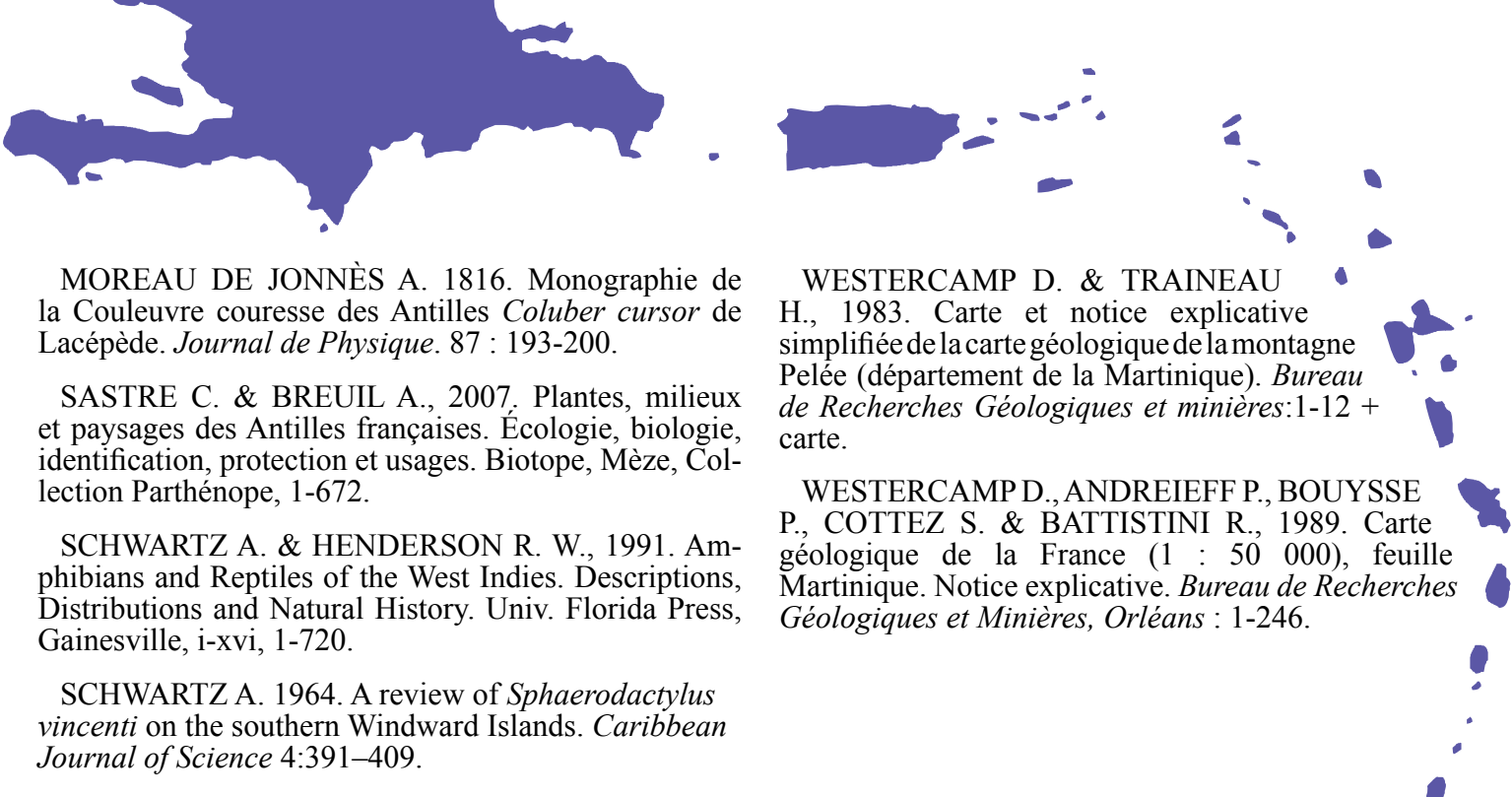
*S. v. pm.*, *Sphaerodactylus vincenti paulmarinae*; *S. v. ph.*, *Sphaerodactylus vincenti pheristus*; *S. v. f.*, *Sphaerodactylus vincenti festus*; *S. v. r.*, *Sphaerodactylus vincenti ronaldi*; *S. v. a.*, *Sphaerodactylus vincenti josephinae*; *S. v. a.*, *Sphaerodactylus vincenti psammius*; *S. v. a.*, *Sphaerodactylus vincenti adamas*; *S. v. ps.*, *Sphaerodactylus vincenti psammius*; *S. v. ssp.*, *Sphaerodactylus vincenti* de la montagne du Vauclin et des zones voisines. Les flèches indiquent des zones de contact avérées entre deux ou trois sous-espèces.



## Références bibliographiques

- ANDREIEFF P., BAUBRON J.-C., & WESTERCAMP D., 1988. Histoire géologique de la Martinique, (Petites Antilles) : biostratigraphie (foraminifères), radiochronologie (potassium-argon), évolution volcano-structurale. *Géologie de la France*. 2/3:39-70.
- ANDREIEFF P., BELLON H. & WESTERCAMP D., 1976. Chronométrie et stratigraphie comparée des édifices volcaniques et formations sédimentaires de la Martinique (Antilles françaises). *Bull. BRGM*. (2), IV, 4:335-346.
- ANDREIEFF P., BOUYASSE P. & WESTERCAMP D., 1989. Géologie de l'arc insulaire des Petites Antilles et évolution géodynamique de l'est Caraïbe. *Documents Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans*. 171:1-385.
- BARDINTZEFF J.-M., 1998. Volcanologie. Dunod, Paris, 1-284.
- BOUYASSE P. & WESTERCAMP D., 1988. Effets de la subduction de rides océaniques sur l'évolution d'un arc insulaire : l'exemple des Petites Antilles. *Géologie de la France*. 2/3:2-38.
- BREUIL M., 1997. L'herpétofaune de la réserve biologique de la Montagne Pelée (Martinique). *Office National des Forêts (Fort-de-France)- Association des Amis du Laboratoire des Reptiles et Amphibiens du Muséum National d'Histoire naturelle*, Paris:1-26.
- BREUIL M., 1999. Atlas des Amphibiens et Reptiles de la Martinique : illustration et cartographie provisoires. *Parc nature régional Martinique, DIREN Martinique, Association des Amis du Laboratoire Amphibiens-Reptiles du MNHN* : 1-21.
- BREUIL M., 2000. Atlas des Amphibiens et Reptiles de la Martinique : illustration et cartographie provisoires. *Parc nature régional Martinique, DIREN Martinique, Association des Amis du Laboratoire Amphibiens-Reptiles du MNHN* : 1-13.
- BREUIL M., 2002a. Histoire naturelle des Amphibiens et des Reptiles terrestres de l'Archipel Guadeloupéen. Guadeloupe, Saint-Martin, Saint-Barthélemy. Patrimoines Naturels, IEGB, SPN, MNHN, 54, 1-339.
- BREUIL M., 2002b. Atlas des Amphibiens et Reptiles de la Martinique : illustration et cartographie provisoires (IIIème partie). *Parc naturel régional Martinique. Association des Amis du Laboratoire Amphibiens-Reptiles du MNHN* : 1-10.
- BREUIL M., 2009. The terrestrial herpetofauna of Martinique: past, present, future. *Applied Herpetology*, vol. 6, 123-149.
- HAAS C., 1991. Evolution and biogeography of West Indian *Sphaerodactylus* (Sauria: Gekkonidae): a molecular approach. *Journal of Zoology*, 225: 525-561.
- HEDGES S.B & HEINICKE M.P. 2007 - Molecular phylogeny and biogeography of West Indian frogs of the genus *Leptodactylus* (Anura, Leptodactylidae). *Mol. Phylog. Evol.*, 44 : 308-314.
- HENDERSON R. W. & POWELL R., 2010. Natural History of West Indian Reptiles and Amphibians. Univ. Press. Florida., Gainesville, i-xxiv + 1-496.
- KING W., 1962. Systematics of the Lesser Antillean Lizards of the Genus *Sphaerodactylus*. *Bull. Florida State Mus.* 7:1-52.
- LABAT J.B. 1714. Voyage du Père Labat, aux isles de l'Amérique contenant : une exacte description de toutes ces isles ; des arbres, plantes, fleurs et fruits qu'elles produisent ; des animaux, oiseaux, reptiles et poissons qu'on y trouve ; des habitants, de leurs moeurs et coutumes, des manufactures et du commerce qu'on y fait etc. La Haye, P. Luson *et al.* (éd. en 2 volumes de l'édition de 1722 en 6 volumes), T. 1 : i-viii + 1 - 168 + 1-360, cartes et figures ; T. 2 : i-iv + 1 - 540, cartes et figures.
- LACROIX A., 1904. La Montagne Pelée et ses éruptions. Masson, Paris, i-xxii + 1-654 + pls I-XXX.
- LAZELL J. D., 1962. The Anoles of the eastern Caribbean (Sauria, Iguanidae) : V. Geographic Differentiation in *Anolis oculatus* on Dominica. *Bull. Mus. Comp. Zool.* 127:466-478, pls. I-II.
- LAZELL J. D., 1964. The Anoles (Sauria, Iguanidae) of the guadeloupéen Archipelago. *Bull. Mus. Comp. Zool.* 131:361-401.
- LAZELL J. D., 1972. The Anoles (Sauria, Iguanidae) of the Lesser Antilles. *Bull. Mus. Comp. Zool.* 143:1-115.
- LECLAIR R. JR., 1978. Water loss and microhabitats in three sympatric species of lizards (Reptilia, Lacertilia) from Martinique, West Indies. *Journal of Herpetology* 12:177-182.
- MALONE, C. & DAVIS, S.K. 2004. Genetic contributions to caribbean iguana conservation. In: Iguanas Biology and Conservation, p. 45-57. Alberts A., Carter R., Hayes W., Martins E., Eds, Iguanas Biology and Conservation. Univ. California. Press.
- MAURY R. C., WESTBROOK G. K., BAKER P. E., BOUYASSE P. & WESTERCAMP, D. 1990. Geology of the Lesser Antilles. In : Geology of North America, vol H., The Caribbean Region. DENG G. & CASE J. E. Eds, 141-166. Geological Society of America, Boulder, Colorado.





MOREAU DE JONNÈS A. 1816. Monographie de la Couleuvre couresse des Antilles *Coluber cursor* de Lacépède. *Journal de Physique*. 87 : 193-200.

SASTRE C. & BREUIL A., 2007. Plantes, milieux et paysages des Antilles françaises. Écologie, biologie, identification, protection et usages. Biotope, Mèze, Collection Parthénope, 1-672.

SCHWARTZ A. & HENDERSON R. W., 1991. Amphibians and Reptiles of the West Indies. Descriptions, Distributions and Natural History. Univ. Florida Press, Gainesville, i-xvi, 1-720.

SCHWARTZ A. 1964. A review of *Sphaerodactylus vincenti* on the southern Windward Islands. *Caribbean Journal of Science* 4:391-409.

STEINBERG D. S., POWELL S. D., POWELL R., PARMERLEE JR J. S. & HENDERSON R. W., 2007. Population Densities, Water-Loss Rates, and Diets of *Sphaerodactylus vincenti* on St. Vincent, West Indies. *Journ. Herpetol.*, 41: 330-336.

STEINBERG D. S., HITE J. L., POWELL R. & HENDERSON R. W., 2008. *Sphaerodactylus vincenti*. CAAR, 853: 1-6.

STENSON A. G. THORPE, R. S. & MALHOTRA A., 2004. Evolutionary differentiation of bimaculatus group anoles based on analysis of mtDNA and microsatellite data. *Mol. Phylo. Evol.*, 32: 1-10.

THOMAS R., 1964. The races of *Sphaerodactylus fantasticus* Duméril & Bibron in the Lesser Antilles. *Carib. J. Sci.* 4:373-390.

THORPE R. S. & STENSON A. G. 2003. Phylogeny, paraphyly and ecological adaptation of the colour and pattern in the *Anolis roquet* complex on Martinique. *Mol. Ecol.* 12, 117-132.

THORPER, S., SURGET-GROBA Y. & JOHANSSON H., 2008a. The relative importance of ecology and geographic isolation for speciation in anoles. *Phil. Trans. R. Soc B.*, 363:3071-3081.

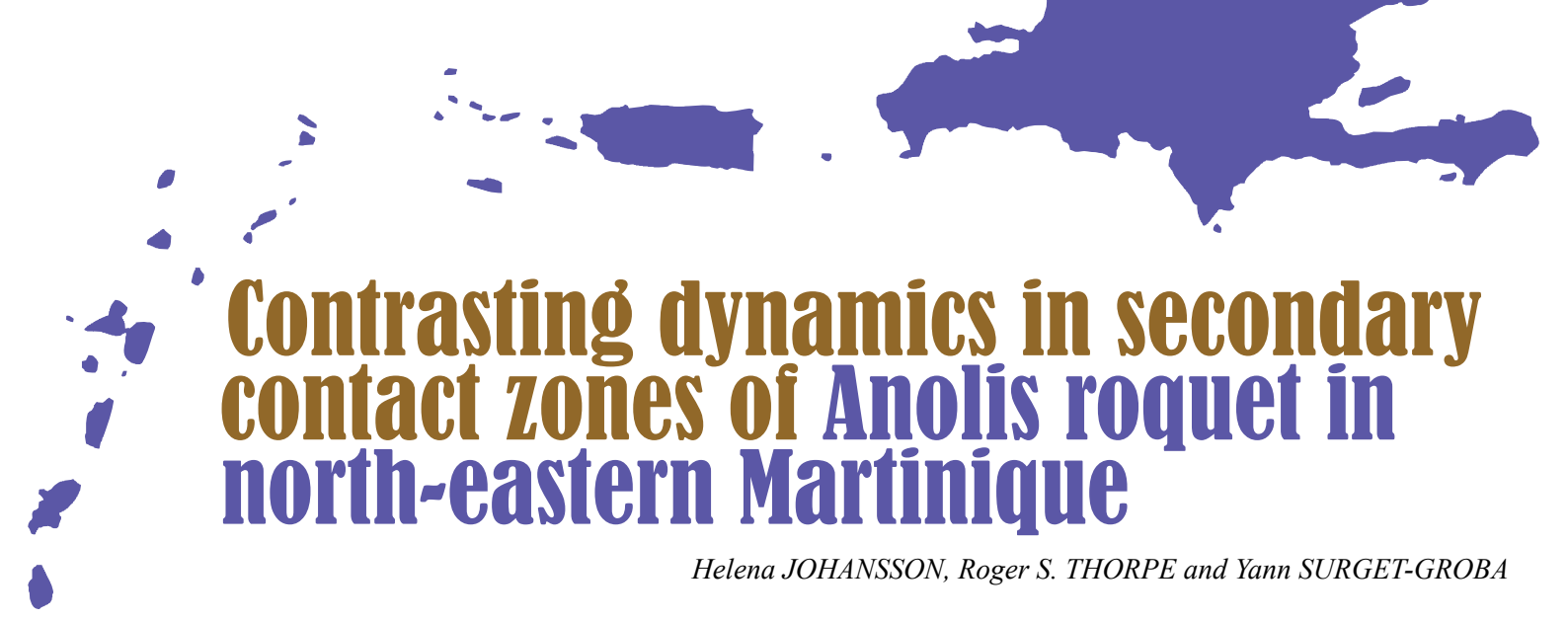
THORPE R. S., JONES A. G., MALHOTRA A. & SURGET-GROBA Y. 2008b. Adaptive radiation in Lesser Antillean lizards: molecular phylogenetics and species recognition in the Lesser Antillean dwarf gecko complex, *Sphaerodactylus fantasticus*. *Mol. Ecol.* 17, 1489-1504.

THORPE R. S., SURGET-GROBA Y. & JOHANSSON H., 2010. Genetics Tests for Ecological Allopatric Speciation in Anoles on an Island Archipelago. *PLoS Genetics*, 6(4): 1-10.

WESTERCAMP D. & TRAINÉAU H., 1983. Carte et notice explicative simplifiée de la carte géologique de la montagne Pelée (département de la Martinique). *Bureau de Recherches Géologiques et minières*:1-12 + carte.

WESTERCAMP D., ANDREIEFF P., BOUYASSE P., COTTEZ S. & BATTISTINI R., 1989. Carte géologique de la France (1 : 50 000), feuille Martinique. Notice explicative. *Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans* : 1-246.





# Contrasting dynamics in secondary contact zones of *Anolis roquet* in north-eastern Martinique

Helena JOHANSSON, Roger S. THORPE and Yann SURGET-GROBA

## Introduction

The fate of divergent geographically isolated populations that attain secondary contact has received considerable theoretical (Endler 1977; Barton 1983; Barton and Hewitt 1985) and empirical attention (Harrison and Rand 1989; Szymura and Barton 1986; Dasmahapatra *et al.* 2002; Brumfield *et al.* 2001; Babik *et al.* 2003; Vines *et al.* 2003; Sequeira *et al.* 2004; Leache and Cole 2007) because of the potential insights that may be gained into the process of speciation (Harrison 1991; Nurnberger *et al.* 1995). At initial secondary contact, genetic and phenotypic characters frequently form steep clines between the two forms. In the absence of selection against hybrids, or with only weak selection, free movement between populations produces flat and discordant character clines (Endler 1977; Barton and Hewitt 1985). On the contrary, a balance between dispersal and strong selection against hybrids can maintain steep clines long after initial secondary contact, and in this case multiple character clines will share centres and width (Barton 1983; Barton and Hewitt 1985; Phillips *et al.* 2004). Moreover, if there is strong selection against hybrids continued divergence is a possibility. Strong selection can effectively impede the spread of selectively neutral or negative alleles, however, positively selected alleles may be able to spread through a hybrid zone (Pialek and Barton 1997; Brumfield *et al.* 2001). The spread of positive alleles is often rapid and may therefore not be detected. Nevertheless, some studies of secondary contact zones have shown evidence of positively selected traits (Parsons *et al.* 1993; Rohwer *et al.* 2001; Brumfield *et al.* 2001; Uy and Stein 2007).

Secondary contact between previously isolated populations may occur during climatic oscillations when populations from different refugia recolonise previously unoccupied habitats (Hewitt 2001), or when vicariant events connect two previously isolated areas. The island of Martinique in the Lesser Antilles is a good example of the latter. Four peripheral precursor islands were joined by the uplifting of a central region some 1-1.5 million years ago, forming the present-day island of Martinique (Andreieff *et al.*

1976; Bouysse 1983; Maury *et al.* 1990; Sigurdsson and Carey 1991; Thorpe *et al.* 2008). The phylogeographic structuring of mtDNA in an endemic species of lizard, *Anolis roquet*, complements geological data, and suggests that precursor islands were colonised by lizards that had evolved in allopatry for a significant period of time (6-8 million years) at the time of the merging (Thorpe and Stenson 2003; Thorpe *et al.* 2008). The phylogeographic pattern in this species remains strong, and currently four major *A. roquet* mtDNA lineages and three major secondary contact zones are recognised on the island (Thorpe and Stenson 2003).

There is pronounced environmental zonation on mountainous Lesser Antillean islands (Beard 1948), with short geographic distances between coastal habitat and rainforest-covered mountains. The Martinique anole, like the anoles on the other mountainous Lesser Antillean islands, shows marked geographic variation in colour pattern and hue, as well as scalation and body dimensions (Lazell 1972; Thorpe and Malhotra 1996; Thorpe and Stenson 2003; Thorpe *et al.* 2004). The geographic variation in quantitative traits in anoles from Martinique, and other similar Lesser Antillean islands, is generally associated with environmental zonation rather than phylogeographic lineage (Malhotra and Thorpe 2000; Thorpe and Stenson 2003). This is interpreted as natural selection for current conditions, and recently it has been suggested that natural selection may be the main force driving differentiation in *A. roquet* (Ogden and Thorpe 2002; Thorpe *et al.* 2008). However, there are exceptions to these general patterns (Thorpe and Stenson 2003; Johansson *et al.* 2008a), and the secondary contact zones between *A. roquet* lineages on Martinique hence provides a natural setting to study how allopatric divergence and natural selection act on different traits.

A trait that may be particularly sensitive to selective forces in some species of *Anolis* lizards is the dewlap hue. Almost all adult male anoles possess a dewlap, which is a specialized thin, flat, often colourful and retractable skin fold that is exclusively used for signalling (Losos and Chu 1998; Nicholson *et al.* 2007). Dewlap hue has also been shown to exhibit considerable interspecific, and in some anoles intraspecific, variation in hue (Thorpe 2002; Thorpe and Stenson 2003; Nicholson *et al.* 2007). One interpretation of this variation is that it is



a result of sensory drive (Leal and Fleishman 2004). The sensory drive hypothesis assumes that natural selection favours effective signals, hence signalling traits may readily diverge in order to increase their effectiveness in local habitat. In particular, sexual selection acting on signalling traits has been invoked to explain signal diversification and speciation in African cichlid fish (Maan *et al.* 2006), and in divergence and speciation of sticklebacks (Boughman 2001). Dewlap hue varies in *A. roquet* (Thorpe and Stenson 2003), and a recent study of montane and xeric coastal areas of Martinique with documented strong and convergent natural selection pressure suggested that dewlap hue variation, similar to quantitative traits variation, is shaped by strong natural selection for habitat type (Thorpe *et al.* 2008).

The central (C) and the northwestern (NW) lineage of *A. roquet* belong to the two most divergent clades (7.9% uncorrected divergence) (Thorpe *et al.* 2008). They come into secondary contact along a geographical boundary that bisects the north of Martinique (*Figure 1*) (Thorpe *et al.* 2008; Johansson *et al.* 2008a). Along this boundary there is considerable bioclimatic change with the habitat changing from more xeric conditions on the coast to montane rainforest via transitional forest. The two transects run perpendicular to this geological boundary; one in the coastal habitat, and one in the transitional forest habitat (*Figure 1*). In a recent study of bioclimatic change, quantitative traits pattern and mtDNA variation along these two transects we showed that different selection regimes are in place in the transitional forest and on the coast. In the transitional forest the habitat either side of the boundary is relatively similar and convergent selection appears strong enough to homogenize variation in quantitative traits, erasing any effects of allopatric lineage (Johansson *et al.* 2008a). This also occurs in the montane rainforest (Ogden and Thorpe 2002; Thorpe *et al.* 2008). However, on the coast there is a slight difference in habitat either side of the lineage boundary, hence the selection regime either side of the boundary appeared to be comparatively more divergent. Coastal populations show marked clinal differences in quantitative traits, that coincide with both geological and lineage boundary. Here, a narrow hybrid zone has formed, which appears to be maintained by a combination of endogenous and exogenous selection, and which further suggests that allopatry may play a role in divergence of *A. roquet* where natural selection pressure permits (Johansson *et al.* 2008a). These results were surprising considering the geographic proximity and shared geological history of the transects (Johansson *et al.* 2008a).

Here we use nine polymorphic microsatellites to infer the extent of nuclear genetic exchange between the lineages that are in secondary contact and consider the role of sexual selection on dewlap hue. We predict that dewlap hue will reflect the more similar natural selection pressure in the transitional forest,

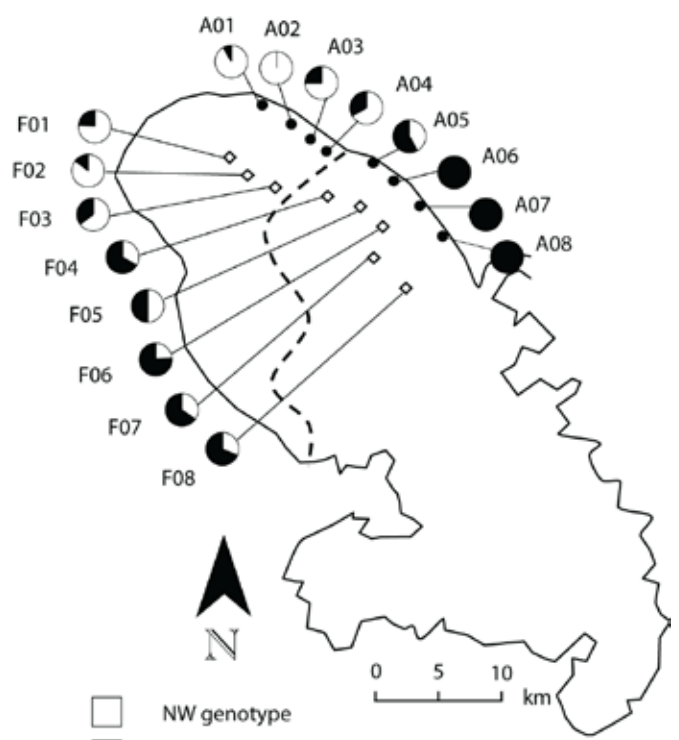
and therefore be similar along the transitional forest transect. However, if dewlap hue is under selection for increased detectability, a relatively more divergent selection regime on the coast may allow for the retention of the genetic signal of past allopatry and/or for positive selection of dewlap hue to shape its variation across the zone.

## Materials and Methods

### Sampling and DNA extraction

Forty-eight lizards were hand caught and tail biopsies collected at 16 localities distributed over two linear transects (one on the coast and one in the transitional forest) that traversed the lineage boundary (*Figure 1*). The tail biopsies were stored in 100% ethanol until DNA extraction. A total of 765 DNA samples were extracted from tail tips using either Qiagen DNEasy Blood and Tissue kit (Qiagen, Germany) following the manufacturers instructions, or the Chelex method outlined by Estoup *et al.* (1996).

**Figure 1:** Map of Martinique, showing the sampling localities on the two transects. The mitochondrial DNA lineage boundary between the northwestern and central lineage is indicated by the dashed line. Pie charts show the Structure nuclear genotype assignment for two putative clusters from the separate analyses of the two transects (see text for details).



## Microsatellite genotyping and analysis

All DNA samples were genotyped at nine microsatellite loci (primer concentrations 1a :

0.05  $\mu$ M for ARO-035, ARO-062, ARO-065 and ARO-HJ2, 0.1  $\mu$ M, for ARO-120 and 0.2  $\mu$ M for ABO-P4A9, AAE-P2F9 and ALU-MS06) (Ogden *et al.* 2002; Gow *et al.* 2006; Johansson *et al.* 2008b) in 5  $\mu$ l multiplex PCR reactions using Qiagen Multiplex PCR kit (Qiagen, U.S.A.). The manufacturers recommendations for multiplex amplification were followed, with the exception of an annealing temperature of 55°C. Amplified PCR products were analysed on an ABI 3130xl genetic analyser with the internal size standard LIZ-600, and the resultant genotypes scored using the software Genemapper v4.0 (Applied Biosystems, U.S.A.).

Microsatellite data were analysed independently for each transect. Exact tests for conformity to Hardy-Weinberg equilibrium (HWE) (Guo and Thompson 1992) and linkage disequilibrium (Slatkin and Excoffier 1996) were performed with the software program Arlequin v3.1. (Schneider *et al.* (2000): <http://lgb.unige.ch/arlequin/>). A Bonferroni correction was applied to control for Type I errors as a result of multiple testing.

We analysed genetic structure with the software Structure v2.1 (Pritchard *et al.* (2000): <http://pritch.bsd.uchicago.edu/structure.html>). Structure is a Bayesian clustering software that uses a genetic inheritance model to minimise HWE and linkage within a number of optimal clusters. Hence, underlying population substructure can be detected without *a priori* definition of the populations. We set number of populations (K) from 1 to N + 1 (where N represented the number of sampled populations), and performed 10 independent runs using the default admixture model with a burn-in of 100,000 followed by 400,000 post burn-in iterations. We used the individual q-values to assign individuals to: i) two putative populations ii) plot the individual q for two putative source populations, to graphically represent the amount of admixture on each transect. The optimal number of clusters was determined from the posterior probabilities generated by Structure and confirmed using the method of Evanno *et al.* (2005), which applies an ad hoc statistic  $\Delta K$ , that is based on the rate of change between successive K-values.

## Phi ( $\Phi$ ) test between geological region and genetic markers

We used microsatellite data and geological precursor island region to calculate phi ( $\Phi$ ), a goodness of fit test. Phi is found by dividing chi-square by n

(the overall sample size) and taking the square root. Chi-square is derived from a two-by-two contingency table of geological origin (north vs. south of the transect) against membership of microsatellite cluster derived from Structure, where K = 2. For transect A sites 1-4 are from the north-west precursor region and sites 5-8 are from the central precursor region, whereas for transect F sites 1-3 are from the NW and sites 4-8 are central in origin (Johansson *et al.* 2008a and references therein). If there is panmixia  $\phi = 0$ , while complete reproductive isolation from allopatric speciation would result in  $\phi = 1$ .

## Spectrophotometrical analyses of dewlap hue

We used spectrophotometrical methods to measure *A. roquet* dewlap hue (Macedonia 2001; Thorpe 2002; Macedonia *et al.* 2003; Leal and Fleishman 2004). A 200  $\mu$ m receptor fibre was held at a 45° angle to the surface of the dewlap and the diffuse reflectance from the surface was recorded as a percentage of a WS-2 white reflectance standard, using an AvaSpec-2048 spectrometer with an AvaLight-Xe xenon pulsed lightsource (Avantes, Netherlands). For each locality, three recordings from each of the anterior and posterior regions of the dewlap were taken from ten adult male lizards. The recordings produce data on hue and intensity that can be extracted using the matrix-algebraic procedure described in Thorpe (2002), a method that aims to extract independent wavelength segments that can be compared across large samples of individuals at numerous localities (Thorpe 2002; Thorpe and Stenson 2003). The protocol by Thorpe *et al.* (2008) was followed. An average of the three readings taken from each dewlap region (anterior and posterior dewlap) was used for analyses. Transects were analysed separately, by inputting the colour segments into a canonical variate analysis (CVA) with locality as grouping variable (Thorpe and Stenson 2003; Thorpe *et al.* 2008) using BMDP. The CV scores were also inputted into one-way ANOVAs with localities contrasted according to precursor island (see above).

## Cline fitting

Clines were fitted to the centroids from the CVAs of dewlap hue, and to microsatellite data. The centroids from the CVAs were rescaled between 0-1 (Brumfield *et al.* 2001; Leache and Cole 2007), and clines fitted as described below. For the microsatellite data we used the individual assignment probabilities (q-values) produced by Structure (for K = 2) to partition individuals into one of the two putative populations with a probability of 0.5 or more. For each locality the number of individuals belonging to either population were summed up, transformed to proportions and scaled from 0-1 (Babik *et al.* 2003; Yannic *et al.* 2008). Clines were fitted to the genotype frequencies (Babik *et al.* 2003; Yannic *et al.* 2008) and to the CV centroids (Leache and Cole 2007)



using the software Analyse v 1.3 (Barton and Baird (1999):<http://www.biology.ed.ac.uk/research/institutes/evolution/software/Mac/Analyse/Version1.3>). Allowing centre and width to vary, we used fixed values for Pmin and Pmax (where Pmin and Pmax denote minimum and maximum character frequencies in the tail end of a cline) and searched for the best fit over 2000 iterations, as indicated by the generated log likelihood value. The support values option in Analyse 1.3 was used to generate support limits within 2 likelihood units, which is equivalent to 95% confidence limits. Significant coincidence and concordance between different clines were determined if centre and width values from one cline could be found within 95% confidence limits (two units of likelihood) of the other cline and vice versa (Dasmahapatra *et al.* 2002).

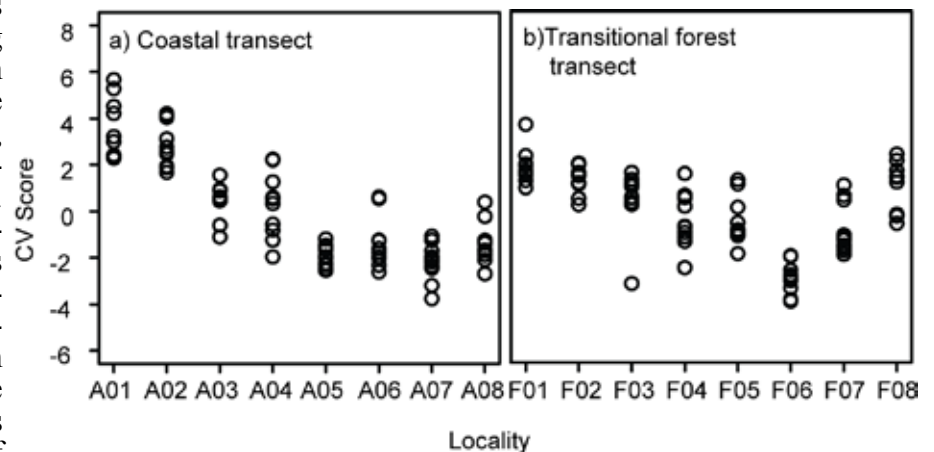
## Results

### Coastal Transect

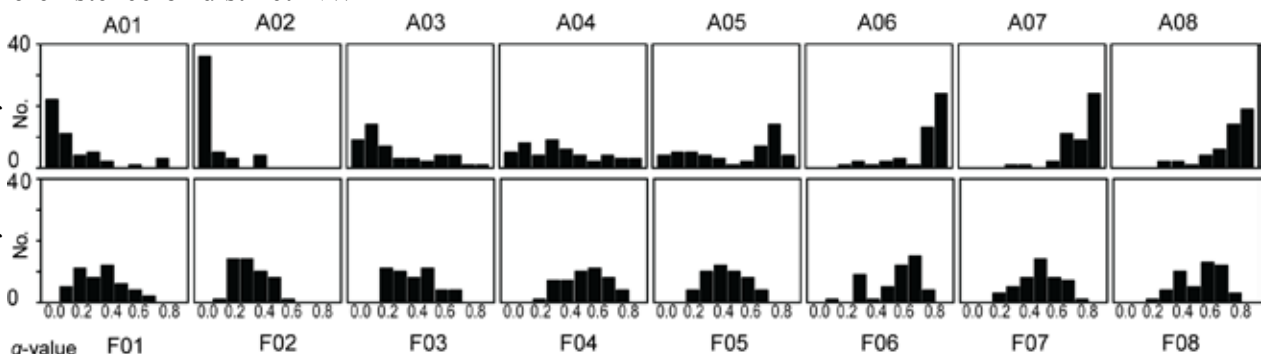
There were no departures from HWE after Bonferroni correction. All loci were in linkage equilibrium except for ABO-P4A9 and AEX-P1H11 in population A08. The best likelihood value from the Structure analysis was obtained for  $K = 2$ , similarly, Evanno *et al.* (2005)'s ad-hoc test for the correct number of subpopulations supported  $K \leq 2$ . The genotype partitioning for  $K = 2$  showed that most individuals in localities A01-A03 were classified into one cluster with a probability of 0.5 or more, and that all individuals in localities A06-A08 were classified into a second cluster. Locality A04 and A05 represented the changeover between assignment of individuals predominantly into either of the two populations (Figure 1). The q-values from the Structure analysis revealed that there was a high proportion of mixed genotypes across the transect, particularly in the central localities (A03-A05), however the high occurrence of parental genotypes ( $q < 0.1$  and  $q > 0.9$ , Pritchard *et al.* (2000)) at either end of the transect suggested the existence of distinct NW and Central genotypes (Figure 2). The corresponding cline of the microsatellite data took on a sigmoid shape with a width of 6704 m and a centre at 6767 m from the transect start (Figure 3a, Table 1). The phi on the coastal

transect was 0.68, suggesting restricted genetic exchange between previously allopatric lineages.

The canonical variate scores for dewlap hue showed a cline across the transect, where there was considerable total change across the transect, amounting to over five pooled within-group standard deviations (Figure 4a). Although there was some overlap of scores along the transect, the contrast ANOVA of the CV scores (A01-A04 vs A05-A08) was highly significant with a high F-value ( $F 47.0 P < 0.001$ ). Qualitatively, anterior dewlaps in the northern extreme of the transect had a more focal reflection at medium wavelengths (500-590nm), whereas anterior dewlaps at the southern extreme of the transect relatively reflected longer wavelengths ( $>600\text{nm}$ ). Posterior dewlaps at the southern extreme had greater reflection of short and medium wavelengths (340-530nm) than in the north (Figure 5a). The cline in dewlap hue took on a sigmoid shape with a width of 6112 m and a centre at 4721 m from the transect start (Figure 3a, Table 1). The centres of the dewlap hue and nDNA clines did not coincide, the dewlap hue being centred 2046 m closer to the transect start than the nDNA cline, and the widths between the two clines did not concur, the microsatellite cline being 592 m wider than the dewlap hue.



**Figure 4.** Canonical variate scores for the dewlap hue. a) Coastal transect: there is a clinal pattern in the data. b) Transitional forest transect: no directional pattern is discernible, and scores overlap along the transect.

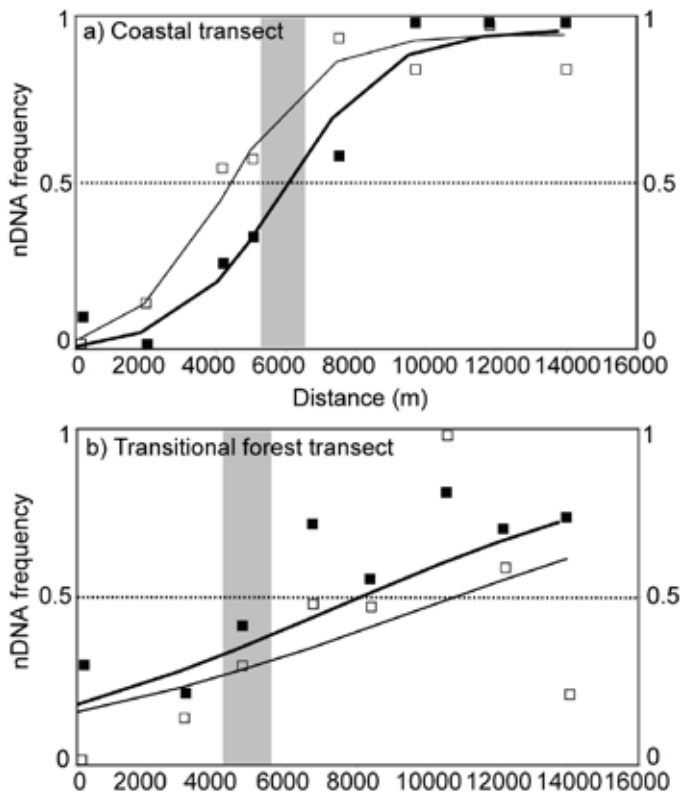


**Figure 2.** q-values from the Structure analysis, for  $K = 2$ . The top row represents the coastal transect and the bottom row represent the transitional forest transect. The Bayesian assignment shows that there are predominantly parental genotypes ( $q < 0.1$  or  $q > 0.9$  Pritchard *et al.* 2000) at each end of the coastal transect and mixed ancestry in the centre. In contrast, there are no parental genotypes at any locality in the transitional forest transect.



## Transitional forest transect

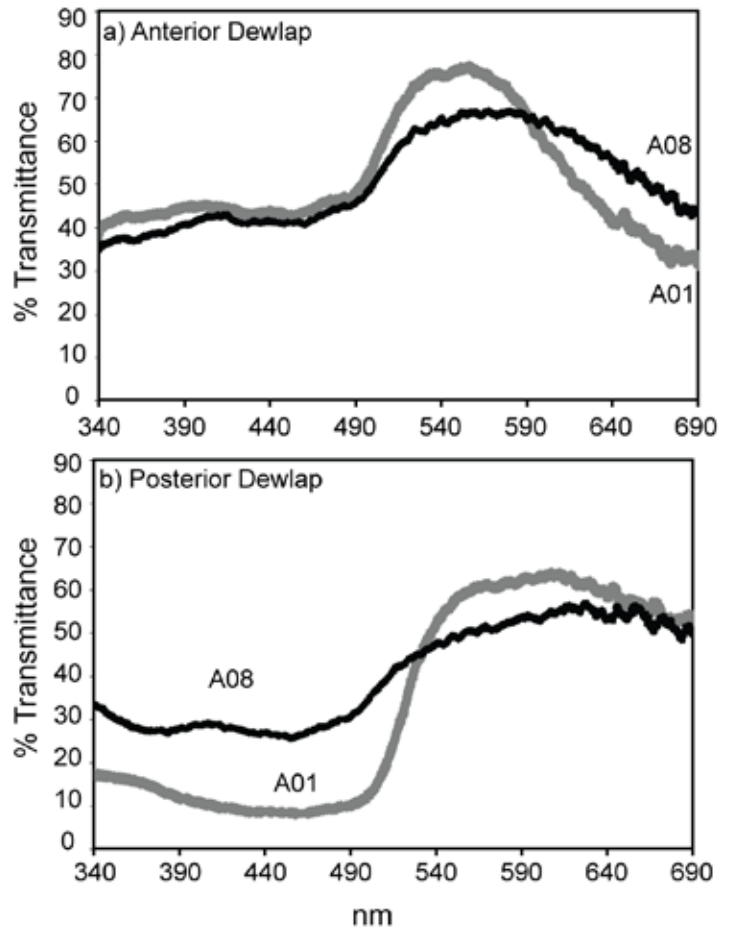
There were no departures from HWE after Bonferroni correction. All loci were in linkage equilibrium, except for AAE-P2F9 and ARO-HJ2 in population F07. The Structure genotype assignment (probability > 0.5) for  $K = 2$  suggested that there was very little substructure in this sample (Figure 1). The  $q$ -values revealed that there were no genotypes that were classified as parental, hence all individuals had mixed ancestry (Figure 2). The best likelihood value was obtained for  $K = 1$ , similarly Evanno *et al.* (2005)'s ad-hoc test for the correct number of subpopulations supported  $K \leq 2$ . The corresponding nDNA cline was flat and wide, with a width of 23835 m, and a centre at 8030 m from the start of the transect (Figure 3b, Table 1). Assuming  $K = 2$  for comparative purposes, phi on the transitional forest transect was 0.40, hence there was greater genetic exchange on the transitional forest transect than on the coast.



**Figure 3.** Nuclear DNA and dewlap colour clines for both transects. Closed squares and thick line = nDNA, open squares and thin line = dewlap. Cline centres (frequency = 0.5) can be found where the clines intersect the central dotted line. a) Coastal transect: both clines are sigmoid, but do not share centres and widths. The nDNA cline centre coincides with the geological boundary (indicated by the grey shading), whereas the dewlap cline is displaced approximately 2 km north of the nDNA centre. b) Transitional forest transect: both clines are flat, and do not share centres or widths. Neither cline centre coincides with the geological boundary (indicated by the grey shading).

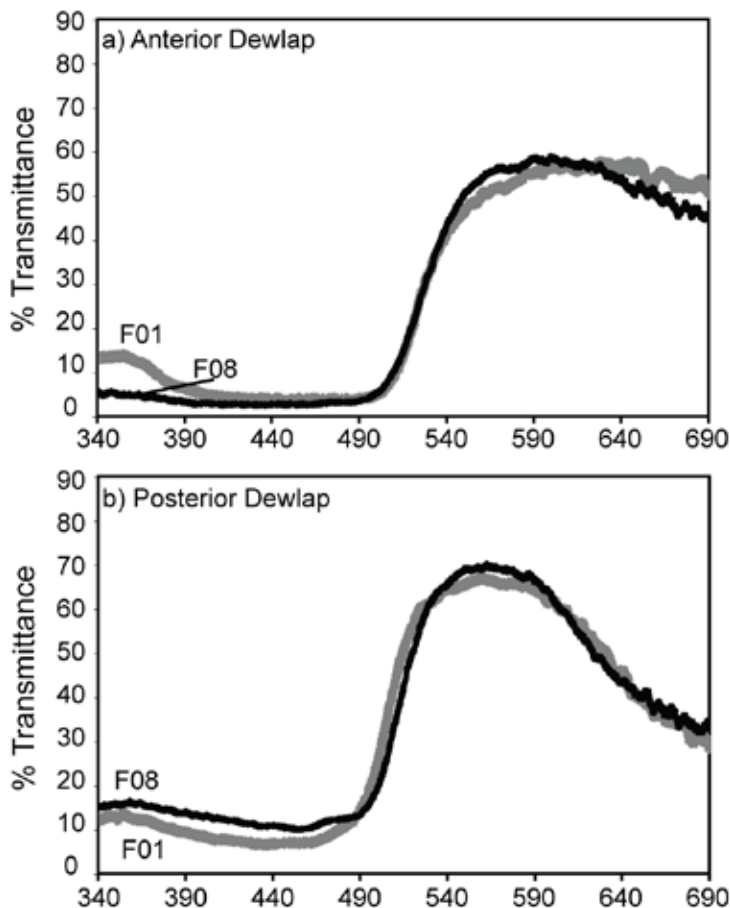
**Table 1.** Cline widths and centre positions (metres from transect starts) are given for both transects, with best log likelihood for the estimations. Support limits are in parenthesis.

|                                     | Width                  | Centre                 | Log likelihood |
|-------------------------------------|------------------------|------------------------|----------------|
| <b>Coastal transect</b>             |                        |                        |                |
| nDNA                                | 6704<br>(5659-8174)    | 6767<br>(6227-7314)    | -13.47         |
| Dewlap hue                          | 6112<br>(5606-6672)    | 4721<br>(4603-4845)    | -1.01          |
| <b>Transitional forest transect</b> |                        |                        |                |
| nDNA                                | 23835<br>(18231-31564) | 8030<br>(6744-9363)    | -10.57         |
| Dewlap hue                          | 28354<br>(27504-29161) | 10841<br>(10688-10990) | -20.02         |



**Figure 5.** Dewlap hue on the coastal transect. a) the trace from a typical anterior dewlap from locality A01 peak at medium wavelengths compared to the trace of the typical dewlap from locality A08 which transmit relatively longer wavelengths. b) the trace from a typical posterior dewlap from locality A01 reflect more medium and long wavelengths compared to the shorter wavelengths that are reflected by posterior dewlaps from locality A08.

There was no strong pattern in the dewlap hue data in the transitional forest transect (Figure 4b). Locality scores overlapped extensively and the change between extreme ends of the transect amounted to less than one pooled within-group standard deviation. The contrast ANOVA of the CV scores (F01-F03 vs. F04-F08) was significant, but produced a considerably lower F-value (22.38) than that on the coastal transect. A low CV score predominately indicated low wavelength reflectance in the anterior dewlap (Figure 6). The cline from this data was wide and flat with a width of 28354 and a centre 10841 m from the start of the transect (Figure 3b, Table 1). Microsatellite and dewlap hue clines did not coincide, the microsatellite cline centre being located 2811 m to the north, and widths did not concur, the dewlap hue being 4519 m wider (Figure 3b, Table 1).



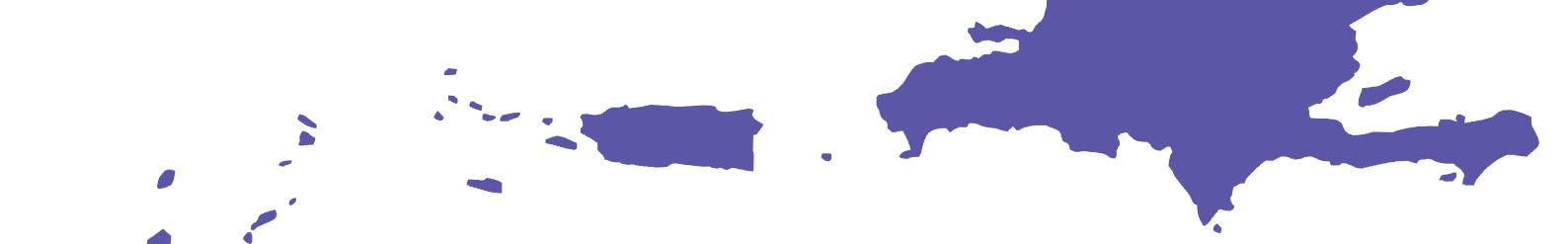
**Figure 6.** Dewlap hue on the transitional forest transect. a) the traces from typical anterior dewlaps are similar at each end of the transect, with slightly more UV at locality F01. b) the typical traces from posterior dewlaps are indistinguishable between the two extreme localities (F01 and F08).

## Discussion

When geographically isolated populations come into secondary contact, they can either already be reproductively isolated, continue to evolve reproductive isolation, form stable hybrid zones or simply fuse (Harrison 1991). In this study, the transitional forest transect appears to be an example of a fusing hybrid zone; we found that neither nuclear genetic data, nor dewlap hue demonstrated strong evidence of past allopatry and selection against hybrids on this particular transect. In addition to the nDNA and dewlap hue, clines have previously been fitted to mtDNA and quantitative traits (Johansson *et al.* 2008a). Of these four characters only one (mtDNA) forms a sigmoid cline along the transitional forest transect, and none of the cline centres coincide, nor do their widths concur (Johansson *et al.* 2008a). The persistence of the mtDNA cline may be attributed partly to female philopatry (Johansson *et al.* 2008c), and partly to the small effective population size of the marker that allows for a stronger geographical structure to be maintained (Funk and Omland 2003). The results here are hence consistent with a previous study by Johansson *et al.* (2008a) of the same transitional forest transect, that suggested that convergent natural selection has largely eradicated the effects of allopatric divergence, leading effectively to neutral diffusion of genes between the previously isolated populations. This also occurs where these lineages meet in the rainforest, and contributes to the evidence for the important role of natural selection in shaping geographical variation and population divergence in Lesser Antillean anoles (Ogden and Thorpe 2002; Thorpe *et al.* 2008).

In contrast, nuclear genetic data support the existence of restricted genetic exchange on the coast, indicating that this may be a stable hybrid zone, or one where reproductive isolation may have an opportunity to evolve (Harrison 1991). The assignment analysis shows that there are distinct NW and C nDNA parental genotypes at either end of the transect with extensive hybridisation in the central localities. Furthermore, the nDNA cline centre coincided with the geological boundary, and therefore with the mtDNA and quantitative trait clines (mtDNA centre: 6715, 95% confidence 6344-7155, QT centre 6450, 95% confidence 6193-6767), however the nDNA cline was wider (mtDNA width: 3016, 95% confidence limit 2549-3587, QT width 2990, 95% confidence 2057-4044) (Johansson *et al.* 2008a). Coincidence of multiple character clines suggest selection against hybrids, and this part of the contact zone fits the description of a tension zone that is maintained by a balance of selection and dispersal (Barton and Hewitt 1985). Furthermore, the patterns are consistent with an allopatric model of divergence; three of the clines coincide with a





geological boundary (Johansson *et al.* 2008a).

Moreover, on the coastal transect the dewlap hue cline takes on a sigmoid shape, suggesting that this cline, similar to the QT cline (Johansson *et al.* 2008a), is maintained by selection. Furthermore, the CVA and ANOVA shows that there is considerable difference in dewlap hue between the north and south of the transect. The width and shape of the cline is similar to that of nDNA, however, the centre of the dewlap hue cline is displaced a significant distance north of the other cline centres. Non-coincident clines have been reported in a number of hybrid zones, and are classified into two categories by their spatial pattern.

The first category, staggered clines, is typified by a series of individual character clines that are spaced approximately one cline width apart from each other (Jaarola *et al.* 1997). This type of pattern has mainly been observed between mtDNA and/or chromosomes in shrews or mice, and has been attributed to zonal raiation and heterozygote disadvantage (Searle 1991; Searle *et al.* 1993; Harrison 1991). In the second category, clines are non-coincident due to asymmetrical introgression. In this case the cline centre of one or a few characters is displaced far outside a main cluster of clines, as occurs in this study. Hybrid zone movement, due to environmental change (Dasmahapatra *et al.* 2002) or into areas of low population densities (Barton and Hewitt 1985), neutral introgression and founder events (Butlin and Neems 1994), genetic dominance of a trait (Brumfield *et al.* 2001; Rohwer *et al.* 2001), or selective advantage (Brumfield *et al.* 2001; Rohwer *et al.* 2001) have been invoked to explain observed patterns of discordant clines due to asymmetrical introgression.

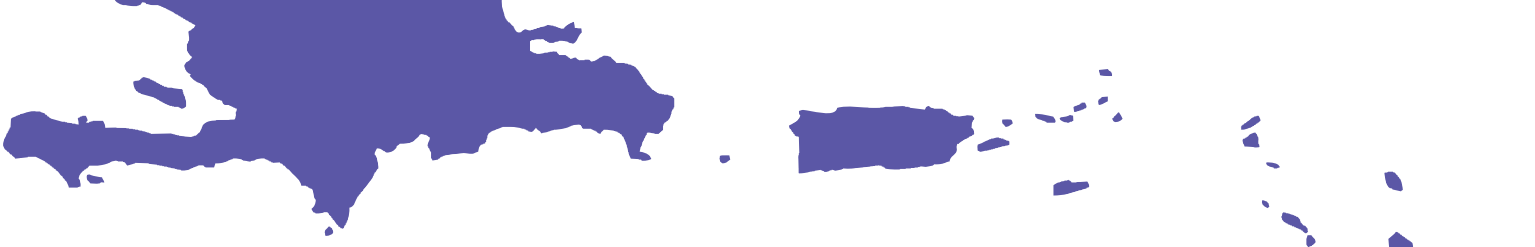
Of these possibilities, it seems unlikely that this hybrid zone has moved substantially, considering the close association between three of the four clines and a particular geological boundary. This same geological boundary is also associated with mtDNA pattern in the transitional forest transect (Johansson *et al.* 2008a), and in the montane rainforest (Ogden and Thorpe 2002; Thorpe *et al.* 2008). However, hybrid zone movement can never be fully excluded if long term historical data of distribution is absent, as it is here. Neutral drift (Butlin and Neems 1994), including founder effects (Gyllensten and Wilson 1987; Barton 1983) may produce non-coincident clines. However, the substantial cline shift (13.3% of transect length) and the high selection pressure at the centre of the cline (indicated by the slope) suggest that the cline shift most likely have a different cause.

We propose that selective advantage of dewlap hue may have caused the cline shift. The dewlap is a signalling organ, and the effectiveness of its signal appears to be dependent on the light conditions of the habitat. For example, a recent study of *Anolis cristatellus* found an

association between dewlap intensity and specific habitat light conditions; from this study a role for sensory drive in anolis lizards was suggested (Leal and Fleishman 2004). Moreover, a behavioural study examined the impact of the contrast between the background and the dewlap on inter-sexual responses in *A. carolinensis* (Sigmund 1983). This study suggested that in those conditions where the dewlap contrasts sharply against the background (e.g. red dewlap against a green background) a stronger response was elicited in females (Sigmund 1983). We suggest that males from the south, or hybrids with southern dewlap traits, may have relatively high mating success in the southern localities and along the transect to where the centre of the dewlap cline is located. Positively selected alleles may spread rapidly through hybrid zones, but can be impeded if local habitat is such that the alleles are rendered neutral or negatively selected (Brumfield *et al.* 2001). The existence of a bioclimatic gradient and habitat change from southern xeric to northern mesic littoral woodland along the coastal transect (Johansson *et al.* 2008a) may create such a barrier. Selective advantage has rarely been observed in hybrid zones, however it has been shown to occur with the collared manakins, *Manacus vitulinus* and *M. candei* (Brumfield *et al.* 2001; Rohwer *et al.* 2001). Secondary sexual plumage traits associated with *M. vitulinus* are found deep within the geographical area occupied by *M. candei* populations, and *M. candei* males carrying these plumage traits (but which have otherwise an *M. candei* phenotype) are thought to gain mating advantage through frequency-dependent selection (Stein and Uy 2006a, b; Uy and Stein 2007). Although the dewlap hue has been invoked numerous times as a potential sexual selection cue for females anoles, evidence for female choice in anoles remains equivocal (Tokarz 1995 and references therein). Moreover, dominance of southern dewlap traits may result in the same pattern of asymmetric introgression, which can be investigated with crossing trials.

This study shows contrasting dynamics between closely related populations of *A. roquet* coming into secondary contact in different habitats. In the transitional forest the nuclear genetic and dewlap hue data confirmed that there is relatively free movement of genes between populations. In contrast, nuclear genetic data suggested that stronger partial reproductive barriers exist on the coast, and that these barriers may be permeable for signalling traits. Different secondary contact dynamics in different areas of the same zone of secondary contact have been observed in other organisms, e.g. the *Bombina* *bombina* and *B. variegata* hybrid zone in Romania is mosaic (Vines *et al.* 2003), whereas in Poland, Croatia and Ukraine there are narrow clines with extensive pure populations on either side of the zone of contact (Szymura and Barton 1986, 1991; MacCallum *et al.* 1998). In this study, the difference between patterns is very pronounced considering the short distances that separate the two transects. Natural selection for habitat is most likely responsible for the contrasting patterns





and dynamics between the transects. The contact zone studied here travels through montane rainforest, to the coastal habitat, via transitional forest. On the coast the habitat differs either side of the contact zone, in the transitional forest there is comparatively less difference (Johansson *et al.* 2008a), and where the lineages meet in the rainforest the habitat is very similar (Ogden and Thorpe 2002; Thorpe *et al.* 2008).

The different patterns on the transect are most likely contingent on strong and similar selection regimes either side of the secondary contact in the transitional forest, and relatively weaker selection and dissimilar selection regimes either side of the zone of secondary contact on the coast (Johansson *et al.* 2008a). These results strongly suggest that whether or not allopatric divergence plays a significant role in divergence and speciation of Lesser Antillean anoles is contingent on the impact of differential natural selection.

## Acknowledgements

The authors wish to thank the DIREN (France) for permissions to carry out this work on Martinique. This work was funded by BBSRC grant BB/C500544/1 to RST, EC award MEIF-CT-2005-009981 to YSG & RST, and NERC studentship NER/S/A/2004/12449 to HJ (supervised by RST). Jennifer L. Gow and Owen F. Rowe assisted in the field.

## References

ANDREIEFF P, BELLON H, WESTERCAMP, D (1976) Chronométrie and stratigraphie comparée des édifices volcaniques et formations sédimentaires de la Martinique (Antilles Françaises): p 345-356 In: 7th Conf. Géol. Caraïbes, Saint-François, Guadeloupe.

BABIK W, SZYMURA M, RAFINSKI J (2003) Nuclear markers, mitochondrial DNA and male secondary sexual traits variation in a newt hybrid zone, *Triturus vulgaris* x *T. montandoni*. *Molecular Ecology*, 12, 1913-1930.

BARTON NH (1983) Multilocus clines. *Evolution*, 37, 454-471.

BARTON NH, Baird SJE (1999) Analyse: Software for analysis of geographic variation and hybrid zones. Tech. rep, University of Edinburgh.

BARTON NH, HEWITT GM (1985) Analysis of hybrid zones. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 16, 113-148.

BEARD JS (1948) The natural vegetation of the Windward and Leeward islands. Clarendon, Oxford.

BOUGHMAN JW (2001) Divergent sexual selection enhances reproductive isolation in sticklebacks. *Nature*, 411, 944-948.

BOUYASSE P (1983) The Lesser Antilles island arc: structure and geodynamic evolution. Vol. 78A of Initial reports. DSDP. U.S. Government Printing Office, Washington.

BRUMFIELD RT, JERNIGAN RW, MACDONALD DB, BRAUN MJ (2001). Evolutionary implications of divergent clines in an avian (*Manacus: aves*) hybrid zone. *Evolution*, 55, 2070-2087.

BUTLIN RK, NEEMS RM (1994) Hybrid zones and sexual selection. *Science*, 265, 122.

DASMAHAPATRA KK, BLUM MJ, AIELLO A, HACKWELL S, DAVIES N, BERMINGHAM E (2002) Inferences from a rapidly moving hybrid zone. *Evolution*, 56, 741-753.

ENDLER JA (1977) Geographic variation, speciation, and clines. Princeton University Press, Princeton, U.S.A.

ESTOUPA, LAGARDIER CR, PERROTE, CHOURROUT D (1996). Rapid one-tube extraction for reliable PCR detection of fish polymorphic markers and transgenes. *Molecular Marine Biotechnology*, 20, 295-298.

EVANNO G, REGNAUT S, GOUDET J (2005) Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study. *Molecular Ecology*, 14, 2611-2620.

FUNK DJ, OMLAND KE (2003) Species-level paraphyly and polyphyly: frequency, causes, and consequences, with insight from animal DNA. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 34, 397-423.

GOW JL, JOHANSSON H, SURGET-GROBA Y, THORPE RS (2006) Ten polymorphic tetranucleotide microsatellite markers isolated from the *Anolis roquet* series of Caribbean lizards. *Molecular Ecology Notes* 6, 873-876.

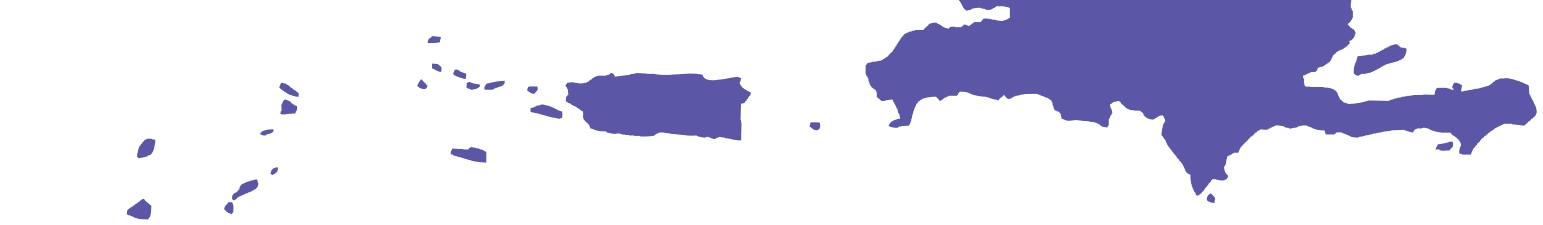
GUO S, THOMPSON E (1992) Performing the exact test of Hardy-Weinberg proportion for multiple alleles. *Biometrics*, 48, 361-372.

GYLLENSTEN U, WILSON AC (1987) Interspecific mitochondrial DNA transfer and the colonisation of Scandinavia by mice. *Genetic Research*, 49, 25-29.

HARRISON RG (1991) Molecular changes at speciation. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 22, 281-308.

HARRISON RG, Rand DM (1989) Mosaic hybrid zones and the nature of species boundaries. Sinauer Associates.





HEWITT GM (2001) Speciation, hybrid zones and phylogeography - or seeing genes in space and time. *Molecular Ecology*, 10, 537-549.

JAAROLA M, TEGELSTROM H, FREDGA K (1997) A contact zone with noncoincident clines for sex-specific markers in the field vole *Microtus agrestis*. *Evolution* 51, 241-249.

JOHANSSON H, SURGET-GROBA Y, THORPE RS (2008a) The roles of allopatric divergence and natural selection in quantitative trait variation across a secondary contact zone in the lizard *Anolis roquet*. *Molecular Ecology*, 17, 5146-5156.

JOHANSSON H, SURGET-GROBA Y, THORPE RS (2008b) Development of microsatellite markers in the St Lucia anole, *Anolis luciae*. *Molecular Ecology Resources*, 8, 1408-1410.

JOHANSSON H, SURGET-GROBA Y, THORPE RS (2008c) Microsatellite data show evidence for male-biased dispersal in the Caribbean lizard *Anolis roquet*. *Molecular Ecology*, 17, 4425-4432.

LAZELL JD (1972) The anoles (Sauria: Iguanidae) of the Lesser Antilles. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, 131, 359-401.

LEACHE AD, COLE CJ (2007) Hybridization between multiple fence lizard lineages in an ecotone: locally discordant variation in mitochondrial DNA, chromosomes and morphology. *Molecular Ecology*, 16, 1035-1054.

LEAL M, FLEISHMAN LJ (2004) Differences in visual signal design and detectability between allopatric populations of *Anolis* lizards. *The American Naturalist*, 163, 26-39.

LOSOS JB, CHU L-R (1998) Examination of factors potentially affecting dewlap size in Caribbean anoles. *Copeia*, 1998, 430-438.

MAAN ME, HOFKER K, VAN ALPHEN J, SEEHAUSEN O (2006) Sensory drive in cichlid speciation. *The American Naturalist*, 167, 947-954.

MACCALLUM CJ, NURNBERGER B, BARTON NH, SZYMURA JM (1998) Habitat preference in the *Bombina* hybrid zone in Croatia. *Evolution*, 52, 227-239.

MACEDONIA JA (2001) Habitat light colour variation, and ultraviolet reflectance in the Grand Cayman anole, *Anolis conspersus*. *Biological Journal of the Linnean Society*, 73, 299-320.

MACEDONIA JA, ECHTERNACHT AC, WALGUARNERY JW (2003) Color variation, habitat light and background contrast in *Anolis carolinensis* along a geographical transect in Florida. *Journal of Herpetology*, 37, 467-478.

MALHOTRA A, THORPE RS (2000) The dynamics of natural selection and vicariance in the Dominican anole: patterns of within island molecular and morphological divergence. *Evolution*, 54, 245-258.

MAURY RC, WESTBROOK GK, BAKER PE, BOUYASSE P, WESTERCAMP D (1990) Geology of the Lesser Antilles. In: *The Geology of North America, Vol. H. The Caribbean Region* (Eds Dengo J, Case JE) pp.141-166. The Geological Society of America, Boulder Colorado.

NICHOLSON KE, HARMON LJ, LOSOS JB (2007) Evolution of *Anolis* lizard dewlap diversity. *Public Library of Science: Biology*, 3, 1-12.

NURNBERGER B, BARTON NH, MACCALLUM CJ, GILCHRIST J, APPLEBY M (1995) Natural selection on quantitative traits in the *Bombina* hybrid zone. *Evolution*, 49, 1224-1238.

OGDEN R, THORPE RS (2002) Molecular evidence for ecological speciation in tropical habitats. *Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A.*, 99, 13612-13615.

OGDEN R, GRIFFITHS TJ, THORPE RS (2002) Eight microsatellite loci in the Caribbean lizard, *Anolis roquet*. *Conservation genetics*, 3, 345-346.

PARSONS TJ, OLSON SL, BRAUN MJ (1993) Unidirectional spread of secondary sexual plumage traits across an avian hybrid zone. *Science*, 260, 1643-1646.

PHILLIPS B, BAIRD SJE, MORITZ C (2004) When vicars meet: a narrow contact zone between morphologically cryptic lineages of the rainforest skink *Carlia rubrigularis*. *Evolution*, 58, 1536-1528.

PIALEK J, BARTON NH (1997) The spread of an advantageous allele across a barrier: the effects of random drift and selection against heterozygotes. *Genetics*, 145, 495-504.

PRITCHARD JK, STEPHENS M, DONNELLY P (2000). Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics*, 155, 945-959.





ROHWER S, BERMINGHAM E, WOOD C (2001) Plumage and mitochondrial DNA haplotype variation across a moving hybrid zone. *Evolution*, 55, 405-422.

SCHNEIDER S, ROESSLI D, EXCOFFIER L (2000) Arlequin: A software for population genetic data analysis. University of Geneva.

SEARLE JB (1991) A hybrid zone comprising staggered chromosomal clines in house mice *Mus musculus domesticus*. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 246, 47-52.

SEARLE JB, NAVARRO YN, GANEM G (1993) Further studies of a staggered hybrid zone in *Mus musculus domesticus* (the house mouse). *Heredity*, 71, 523-531.

SEQUEIRA F, ALEXANDRINO J, ROCHA S, ARNTZEN JW, FERRAND N (2004) Genetic exchange across a hybrid zone within the Iberian golden-striped salamander *Chioglossa lusitanica*. *Molecular Ecology*, 14, 245-254.

SIGMUND WR (1983) Female preference for *Anolis carolinensis* male as a function of dewlap colour and background coloration. *Journal of Herpetology*, 17, 137-143.

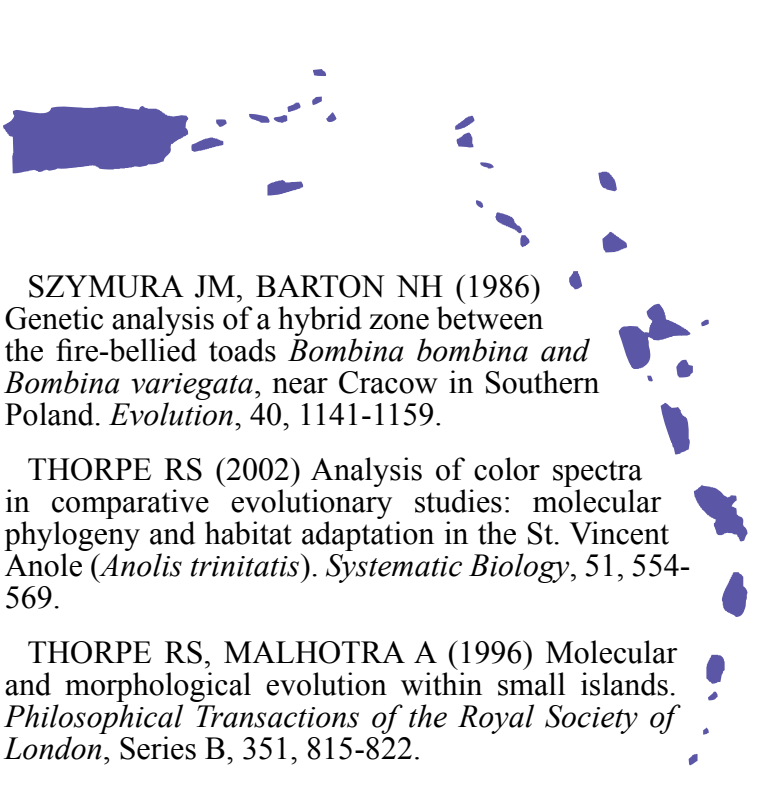
SIGURDSSON H, CAREY SN (1991) Caribbean volcanoes: a field guide. In Geological Association of Canada, Society for Economic Geologists, Joint Annual Meeting. Vol. Field trip B1 Toronto.

SLATKIN M, EXCOFFIER L (1996) Testing for linkage disequilibrium in genotype data using the EM algorithm. *Heredity*, 76, 349-358.

STEIN AC, Uy JAC (2006a) Plumage brightness predicts male mating success in the lekking golden-collared manakin. *Behavioural Ecology*, 14, 41-47.

STEIN AC, Uy JAC (2006b) Unidirectional introgression of a sexually selected trait across an avian hybrid zone: a role for sexual selection? *Evolution*, 60, 1476-1485.

SZYMURA JM, BARTON NH (1991) The genetic structure of the hybrid zone between the fire-bellied toads *Bombina bombina* and *Bombina variegata*: comparisons between transects and between loci. *Evolution*, 45, 237-261.



SZYMURA JM, BARTON NH (1986) Genetic analysis of a hybrid zone between the fire-bellied toads *Bombina bombina* and *Bombina variegata*, near Cracow in Southern Poland. *Evolution*, 40, 1141-1159.

THORPE RS (2002) Analysis of color spectra in comparative evolutionary studies: molecular phylogeny and habitat adaptation in the St. Vincent Anole (*Anolis trinitatis*). *Systematic Biology*, 51, 554-569.

THORPE RS, MALHOTRA A (1996) Molecular and morphological evolution within small islands. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B*, 351, 815-822.

THORPE RS, MALHOTRAA, STENSON AG, REARDON J (2004) Adaptation and speciation in Lesser Antillean anoles. Cambridge University Press.

THORPE RS, STENSON AG (2003) Phylogeny, paraphyly and ecological adaptation of the colour and pattern in the *Anolis roquet* complex on Martinique. *Molecular Ecology*, 12, 117-132.

THORPE RS, SURGET-GROBA Y, JOHANSSON H (2008) The relative importance of geographic isolation for speciation in anoles. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 363, 3017-1081.

TOKARZ RR (1995) Mate choice in lizards: A review. *Herpetological Monographs*, 9, 17-40.

Uy JAC, STEIN AC (2007) Variable visual habitats may influence the spread of colourful plumage across an avian hybrid zone. *Journal of Evolutionary Biology*, 20, 1847-1858.

VINES TH, KOHLER SC, THIEL M, SANDS TS, MACCALLUM CJ, BARTON NH, NURNBERGER B (2003) The maintenance of reproductive isolation in a mosaic hybrid zone between the fire-bellied toads *Bombina bombina* and *Bombina variegata*. *Evolution*, 57, 1876-1888.

YANNIC G, BASSET P, HAUSSER J (2008) A hybrid zone with coincident clines for autosomal and sex-specific markers in the *Sorex araneus* group. *Journal of Evolutionary Biology*, 21, 658-667.





*Yohan BONTÉ  
(Concours photo DIREN Biodiversité)*

# Mammifères et oiseaux



*Manicou - DEAL Martinique*



# Biological invasion assessment: The case of House Sparrow in West Indies

Philippe CLERGEAU, Anthony LEVESQUE

The House Sparrow *Passer domesticus* which is originated from the Palearctic zone, is now probably the most cosmopolitan invasive bird species through the world. It is considered as a pest in several parts of its actual range, for agriculture but also for biodiversity conservation (hybridizing, competition or displacement of native species)(Summers-Smith 1988, Williamson 1996). It was first introduced into the USA in 1850. It rapidly invaded a large part of North America including southern Canada and most of Mexico (Sibley 2000). Today, it is also present in South America, presumably introduced directly from the Old World (Ridgely and Greenfield 2001), from western Colombia to Chile and from eastern Brazil to Paraguay and Argentina (AOU 1998). Recently it has also been expanding its range rapidly in Central America (Fleischer 1982).

In the West Indies, the House Sparrow first appeared in Cuba in 1865 and next in Jamaica in 1903 and on Grand Bahama and New Providence Islands in the Bahamas shortly thereafter. More recently it appeared for the first time on Hispaniola (1976), Puerto Rico (1978) and on St. Thomas in the Virgin Islands in the early 1950's (Raffaele *et al.* 1998; see also the bibliographical summary in Wiley 2000). So, in 1990's, it can be more or less common in the majority of Greater Antilles Islands but it was considered not established on the Lesser Antilles. Some observations in 1999 and 2000 of several House Sparrows in two islands of Lesser Antilles, Saint Martin and Guadeloupe, can suggest that propagation within Lesser Antilles was begun. The Regional Direction of Environment, official authorities of French West Indies, wants to choose rapidly the management to apply at this bird invasion, especially in the new European Biodiversity lawn context.

## Methods

Our main goal in this study was to evaluate the risk of natural propagation and the possibility to eradicate some populations to protect Lesser Antilles to the invasion by the House Sparrow. To look at relationships between new colonies and distance from more installed populations, we focussed on the location of the different colonies of reproduction and/or the number of House Sparrows between islands and within islands. We used

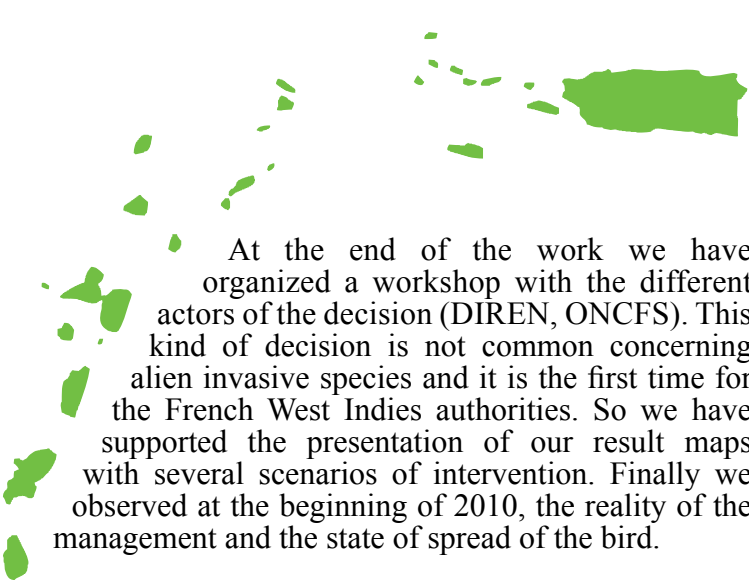
a multi-scale approach to construct different maps for help the decision making. At a large Regional scale, we assessed the level of distribution of the House Sparrow in West Indies and the distance of islands from the species source. At a Island scale, we assessed the number of reproductive colonies in islands recently invaded. At a local scale, we assessed the number of bird within the colony and the main behaviours like the more used roosting and feeding sites.

To assess the distribution of the House Sparrow at the Regional scale, firstly, we reviewed studies on West Indies birds, using especially the synthesis of Wiley (2000). Secondly, we contacted ornithologist associations of the different countries of West Indies to obtain recent state of the House Sparrow distribution. The result was traduced in one simple map, with the House Sparrow propagation in West Indies, and with the quality of recent observations (only one individual or several individuals with nests).

At Island scale, we focussed on Guadeloupe where reproduction was previously noted. We assessed the propagation of the bird within this island using census in a grid system. We divided island into squares of 5x5 km (55 squares). In each square, we selected three points of favorable habitat (village, town suburb, chicken farm, etc.) and at each point we performed 10-minute point counts for House Sparrows. In 11 squares in northern Guadeloupe, the more favorable sector for House Sparrow, we increased the number of observation points to one point per kilometer. A total of 249 point counts were conducted. We also sent a message asking for locations of the sparrows to the whole human population of Guadeloupe in April 2002 using daily newspapers.

At Local scale, we focussed on the colonies recorded by grid census or by human contact following the press call. We tried to estimate the number of House Sparrows, the number of nests, the main site of roosting and its characteristics, if a principal feeding site existed and if there were other small colonies just around the main colony. To obtain these elements we worked (2 observers) at least 6 hours during diurnal activities and 3 hours during evening activities at each colony.





At the end of the work we have organized a workshop with the different actors of the decision (DIREN, ONCFS). This kind of decision is not common concerning alien invasive species and it is the first time for the French West Indies authorities. So we have supported the presentation of our result maps with several scenarios of intervention. Finally we observed at the beginning of 2010, the reality of the management and the state of spread of the bird.


## Results and discussion

### Biological data

At Regional scale, we have corroborated the distribution of the House Sparrow through the Greater Antilles. At the extreme east, Raffaele *et al.* (1998) noted it on Virgin and St Thomas islands but not on Anegada island. We can draw the approximate limit of the House Sparrow distribution in 1990's. The first publications of House Sparrow in Lesser Antilles were from Levesque (1999, 2001) who observed some bird families on Saint Martin and Guadeloupe. Our requests to ornithologists permitted to add the establishment (several nests) on Sainte Croix (1999-2002; Neville Trimm and Floyd Hayes, pers. com.). Only one observation without reproduction was reported on Barbuda (1989; John Mussington, pers. comm.), Barbados (1997; Martin Frost, pers. com.), Sainte Lucia (1999; Allan Keith, pers. com.), and Saba (2001; Martha Walsh-Mc Gehee, pers. com.). House Sparrow was never checked on the other islands of Lesser Antilles. Sainte Croix is near the distribution area that we have previously defined: minor than 100 km from Puerto Rico or Virgin Island. Guadeloupe is located respectively at more than 400 km from these islands.

At Island scale, results of 10 min-census were 2 points on Guadeloupe (1 and 7 birds at Campêche village). Responses to our newspaper requests call gave one point on Guadeloupe (at Sainte Anne village). They were controlled and added to construct the map of House Sparrow presence. The participation of birdwatchers but also of people to a rapid work appears clearly as an important point of methodology.

At local scale, we have tried to determinate the number of birds and nests. On Guadeloupe, about 20 House Sparrows were observed at Sainte Anne, but we have not found nests (The time of 6 hours appeared *a posteriori* to short to find all the nests); a breeding colony at Sainte Anne was not confirmed. At Campêche, we found 12 nests with breeding birds. The roost, with majority of young, and the feeding places were located within the village. We estimated on this site at least 40 individuals. So about 80 to 100 birds



could be the size of the House Sparrow population on Guadeloupe; we can estimate that House Sparrows just begin its installation on this island.

### Source of invaders

The origin of House Sparrows present on Lesser Antilles is today impossible to give without a complete genetic analysis of birds from all surrounding regions. Indeed several means of 'transportation' of propagule were known and could involved several origin locations. The introduction could be link to

-(1) natural propagation between close islands, but House Sparrow is not a good flight bird and our islands is very distant from Greater Antilles where this bird is now settled.

-(2) to voluntary introduction by Human, but this bird is not a very nice bird. However some people had tell their choice to introduce this bird on Saint Martin! (Jim Stevenson, pers. comm.). In this case the birds can come from any place.

-(3) to hurricane action that could move some birds from island to another. Although apparition of House Sparrows were first noted just after hurricane Hugo at Sainte Croix (Floyd Hayes, pers. comm.), this process seemed doubtful for Guadeloupe that is located largely in south of colonised islands.

-(4) to transportation by boat between islands or between USA and West Indies. Both cereal and tourist boats can permit the feeding during several days and, so, the link from species sources. House Sparrows are easily able to travel with the help of feeders on ship cruising. This appeared as a main origin of introduction for this bird.

### Steps of decision-making

The previous biological-data assessment was conducted by experts at island, French West Indies and Lesser Antilles scales. These different scales corresponded at different levels of ecological organisation and expert competence. The same sharing between several levels is needed in collective decision-making for other actors, affected populations, territorial authorities and executive organisations. However in the case of precautionary process, affected population not existed. For the House Sparrow problem, collective decision-making was conducted at French West Indies level with DIREN ('Direction Régionale de l'Environnement') as territorial authority and ONCFS ('Office Nationale de la Chasse et de la Faune sauvage') as authority and executive organisation. It is clear that an efficacy and sustainability of management involve a supplementary level, at Lesser Antilles or West Indies scale, for territorial authorities and executive organisations. During a workshop, first results were presented by experts to DIREN and ONCFS' actors in three steps:

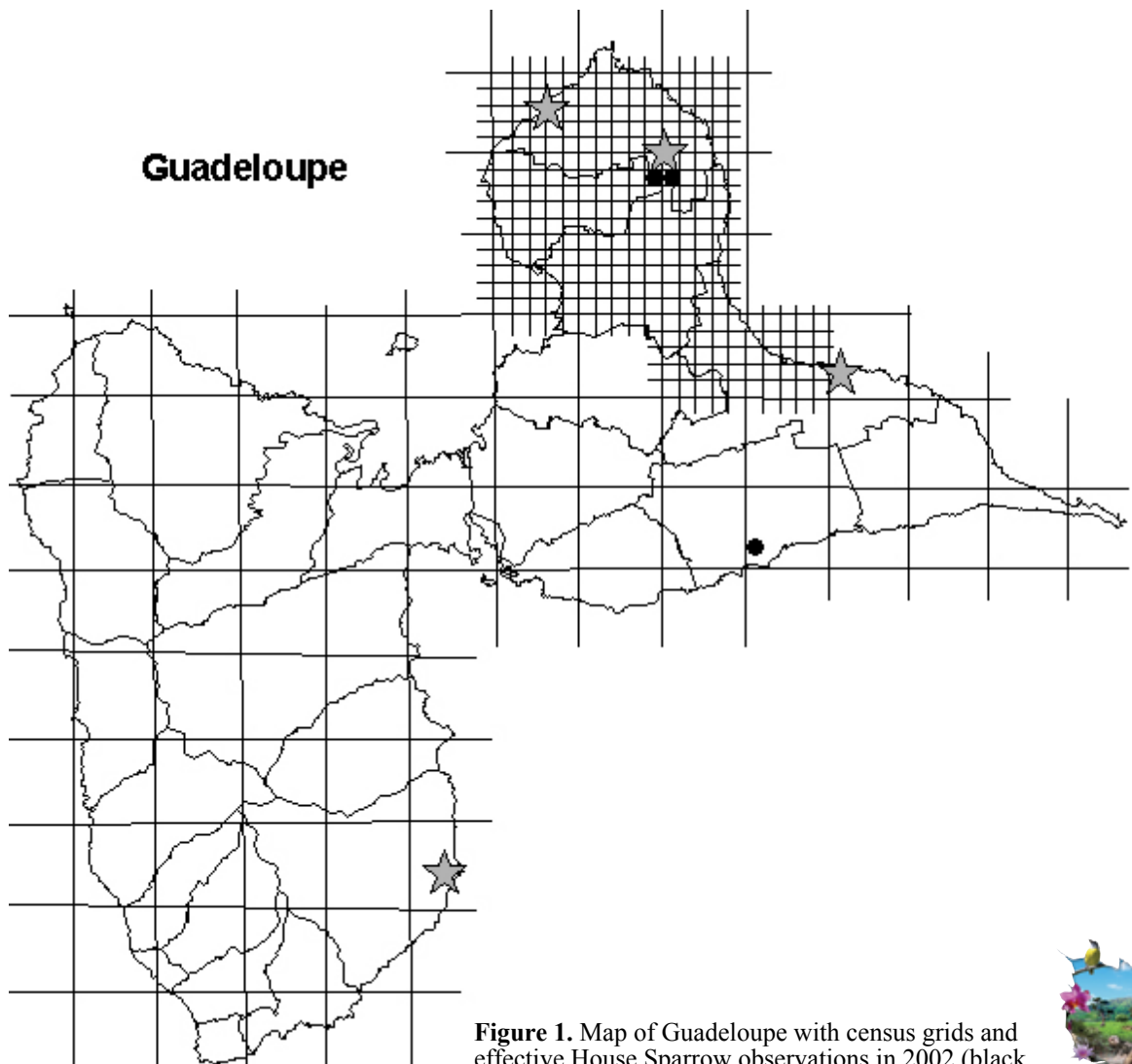


1. Presentation of the House Sparrow species and potential risks. We have explained the main patterns of the biology of the House Sparrows (reproductive rate, habitat, diet, etc.) and its capacity to become a successful colonizer in many temperate, tropical and subtropical habitats where it has been deliberately or accidentally introduced. We have underlined its impacts on production (crop, fruit, flower, etc.), on food given to cattle, on urban environment (harmful effect), and on other species (competition for cavity and food). Although only some papers referred to competition with small woodpeckers, swallows or small granivorous birds, this last point appeared very important for DIREN that want to follow IUCN guidelines (2000) in prevention of biodiversity loss.

2. Presentation of House Sparrow range in West Indies. Even if biological data can be considered not complete for the bird distribution, we have presented maps to explain both the state of the propagation of the bird through the West Indies, and the possible role of Guadeloupe if this island became a source of House Sparrows for other Lesser Antilles islands.

3. Suggestion of possible management strategies: (i) no action on House Sparrow populations, data on effective damage being not available; (ii) rapid eradication of birds to suppress all future problems; (iii) some population reductions to limit the invasion. To help the decision we have presented the different tools to catch and kill the birds (traps, nets, rifles...) and the difficulty to suppress directly House Sparrow nests (very high locations on houses or electrical poles). Whatever the choice may be, we have also underlined the necessity to put into place surveillance of House Sparrow dispersion.

The result of the collective negotiation was first to construct a network of House Sparrow surveillance through the French West Indies (conducted both by gamekeepers of ONCFS and birdwatcher associations) and, second, to eradicate this bird on Guadeloupe where it was not really spreaded (no more than 2 colonies, with less than 100 birds). Immediately some 'reduction tools' were tested on the Guadeloupe colony and the use of air rifle was selected (17 House Sparrows killed during 5 hours).



**Figure 1.** Map of Guadeloupe with census grids and effective House Sparrow observations in 2002 (black point) and in 2010 (grey star).





## Conclusions

House Sparrow seems to continue its propagation through West Indies. However this spread was not a wave from one island to another, but large jumps probably involving human transports. The installation of House Sparrow in West Indies islands seems to be more a source of damage than a source of advantage. So, following a precautionary principle, both in biodiversity conservation and human activity preservation, a decision-making has to support the choice of eradication, or no, of this alien bird. This decision-making was based on collective negotiation, as in very numerous cases, there are not consensus. To become this process more effective, we recommend an efficient tool applied to ecological assessment, map of risk, actor system and information program: the multiple scale methodology.

Result of this study and previous similar works on other introduced birds (Clergeau 1995, Clergeau *et al.* 2002) suggest that the multiple scale methodology is effectively an interesting tool for the wildlife diagnostic and the wildlife management. For example, West Indies were an obvious regional level of ecological organization of House Sparrow distribution. Actors have also to be considered at this same level. In our collective decision, territorial authority and executive organization at regional level were lacking, whereas sustainability of French West Indies decisions is depending of more large territory relationships.

In the same way, information programs have to be implanted in maximum of islands to avoid new introductions by city dwellers and tourists. Communications with shipping companies and tourism operators were the base of precautionary program in West Indies.

In 2010, we can observe that no management of this bird has been conducted and that our suggestions have not followed by the administration. The House Sparrow has been observed in 2004-2006 in several points such as La Désirade or Petite-Terre where this bird not seems to be settled. However colonies of House Sparrow are now noted in new sites in Anse-Bertrand, Le Moule and Capesterre Belle-Eau.



## Literature cited

AOU. 1998. The A. O. U. Check-List of North American Birds. Seventh edition. Published by The American Ornithologists' Union, Washington, D.C.

CLERGEAU, P. 1995. Importance of multiple scale analysis for understanding distribution and for management of an agricultural bird pest. *Landscape and Urban Planning* 31:281-289.

CLERGEAU, P. 1997. Oiseaux à risques en ville et en campagne, vers une gestion intégrée des populations. INRA ed., Paris.

CLERGEAU, P., and I. Mandon-Dalger (2001). Fast colonization of introduced bird: the case of *Pycnonotus jocosus* on Mascarene Islands. *Biotropica* 33:542-546.

CLERGEAU, P., I. Mandon-Dalger, and S. Georger. 2002. Mise en place d'une gestion intégrée d'un oiseau ravageur des cultures à la Réunion. *Ingénieries* 30:71-80.

CONOVER, M.R. 1997. Wildlife management by metropolitan residents in the United States: practices, perceptions costs, and values. *Wildl. Soc. Bull.* 25:306-311.

FEARE, C. J. 1991. Control of bird pest populations. pages 463-478 In C. M. Perrins, J. D. Lebreton, and G. J. M. Hirons ed. Bird population studies, relevance to conservation and management. Oxford University Press, Oxford.

FLEISCHER, R.C. 1982. Clutch size in Costa Rican House Sparrows. *J. Field Ornithol.* 53:3.

GODARD, O. 1997. Le principe de précaution. INRA – Maison des Sciences de l'Homme ed., Paris.

IUCN 2000. IUCN guidelines for the prevention of biodiversity loss due to biological invasion. IUCN, Gland, Switzerland.

JOHNSON, R. F., and K. L. GARRET. 1994. Population trends of introduced birds in western north America. pages 221-231 In J. R. Jehl, and N. K. Johnson ed. A century of avifaunal change in western North America, Studies in Avian Biology 15, C.O.S. publ., CA.

LEVESQUE, A. 1999. Oiseaux : observations remarquables en 1999. *Le Toto bois* 6:6.

LEVESQUE, A. 2001. Kronik Ornitho. *Le Toto-Bois* 9:4.







LEVESQUE, A., and P. Clergeau. (soumis). First colonization of the Lesser Antilles by the House Sparrow *Passer domesticus*. *El Pitirre*

MACK, R.N., D. Simberloff, W.M. Lonsdale, H. Evans, M. Clout, and F. Bazzaz. 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences and control. *Issues in Ecology* n° 5.

O'RIORDAN, T., and J. CAMERON . 1994. Interpreting the precautionary principle. Earthscan ed., London.

RAFFAELE, H., J. WILEY, O. GARRINO, A. KEITH, and J. RAFFAELE. 1998. A guide to the birds of the West Indies. C. Helm ed., A & C Black, London.

REITER, K.D., M.W. BRUNST, and R.H.SCHMIDT. 1999. Public attitudes toward wildlife damage management and policy. *Wildlife Society Bulletin* 27:746-758.

RIDGELY, R.S., and P.J. GREENFIELD. 2001. The bird of Ecuador. Cornell Univ. Press, New York.

SIBLEY, D.A. 2000. The Sibley Guide to Birds. Alfred A. Knopf ed., New York.

SOULE, M.E. 1990. The onslaught of alien species and other challenges in the coming decades. *Conserv. Biol.* 4:233-239.

SUMMERS-SMITH J.D. 1988. The Sparrows. Poyser, Calton.

WILEY, J.W. 2000. A bibliography of ornithology in the West Indies. *Proceedings of the Western Foundation of vertebrate Zoology* 7:1-187, California.

WILLIAMSON, M. 1996. Biological invasions. Chapman and Hall, London.





# Evidence that eradicating black rats has boosted the recovery of rare reptiles and seabirds on Antiguan islands

Jennifer C. DALTRY, Karron J. JAMES, Andrea OTTO, Toby N. ROSS

## Introduction

### Survey area

The Lesser Antillean nation of Antigua and Barbuda is an archipelago of more than 50 islands, most of which are smaller than 10 hectares and situated less than three kilometres off the Northeast and East coast of Antigua. These coralline islands represent a number of globally threatened ecosystems, including Leeward Islands Dry Forests, Leeward Islands Xeric Shrub and Lesser Antilles Mangroves (nomenclature follows [http://www.worldwildlife.org/wildworld/profiles/terrestrial\\_nt.html](http://www.worldwildlife.org/wildworld/profiles/terrestrial_nt.html)). Together, the offshore islands are internationally recognised as an Important Bird Area (Prosper *et al.*, 2009), Alliance for Zero Extinction site, and a CEPF Key Biodiversity Area (Wege *et al.* 2010) due to their important populations of endemic and globally threatened species.

More than one hundred species of birds have been recorded on Antigua's offshore islands, including breeding populations of West Indian whistling duck (*Dendrocygna arborea*, globally Vulnerable), white-crowned pigeon (*Patagioenas leucocephala*, globally Near-threatened), Caribbean brown pelican (*Pelecanus occidentalis occidentalis*, regionally Endangered), West Indian red-billed tropic bird (*Phaethon aethereus mesonauta*, regionally Vulnerable), and Least Tern (*Sterna antillarum*, regionally Vulnerable) (IUCN, 2010; Schreiber & Lee, 2000, for regional status assessments).

The biodiversity of the offshore islands also includes all of Antigua's endemic reptiles, including the Antiguan racer (*Alsophis antiguae*, Critically Endangered, now entirely restricted to the offshore islands), Antiguan ground lizard (*Ameiva griswoldi*, qualifying as Endangered), Antiguan spotted anole (*Anolis leachi*), and Antiguan dwarf gecko (*Sphaerodactylus elegantulus*). The islands' beaches provide a regionally important nesting area for hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*, Critically Endangered), green turtles (*Chelonia mydas*, Endangered) and leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*, Critically

Endangered). Known plants include a unique gold race of *Talinum cf. fruticosum*, endemic to the offshore islands, and lignum vitae (*Guaiacum officinale*, Endangered). There have been limited studies of the invertebrates, but an estimated 80% of non-flying insects are endemic to Antigua and Barbuda (Prof. Michael Ivie, Montana State University, pers. comm.). A rapid snail survey discovered a number of species on the offshore islands that were rare or absent from the main island of Antigua (Dr Paul Craze, University of Sussex, pers. comm.; Craze, 2002). The islands have no native terrestrial mammals and while bats may forage around the islands, no roosts have been confirmed here.

The offshore islands have suffered less from the deforestation and development that have eliminated many species on mainland Antigua. However, all but the smallest islets have been colonised by alien black or ship rats (*Rattus rattus*). Black rats are believed to have been accidentally transported to Antigua on European ships several centuries ago (Daltry, 2007).

### Eradication of rats from selected islands

Efforts to eradicate black rats from some of the offshore islands began in 1995, when only 50 Antiguan racers remained, more than half of which had wounds consistent with rat bites (Daltry, 2006a). The racers, which had historically been distributed throughout Antiguan archipelago, survived only on Great Bird Island (8.4 hectares). The lead author and colleagues from Antigua, Europe and the USA formed the Antiguan Racer Conservation Project to save the lizard-eating snake from extinction.

Having identified the black rats as a threat to the snakes, the project team eradicated the rodents from Great Bird Island and the neighbouring Galley Islands at the end of 1995. To facilitate the re-introduction of Antiguan racers (ARCP, 1999), a further eight islands were cleared of rats in 1998 (Rabbit, Redhead, Lobster, Little Lobster, Codrington), 1999 (Maiden), 2001 (Green) and 2006 (York). In all 11 cases, the rats were removed using brodifacoum briquettes (Talon™ or Klerat™), distributed by hand at regular intervals across



the islands. Of the 11 islands, all but two (Maiden and Codrington) have been kept free of rats with permanent bait stations and regular monitoring. The methods for eradicating rats and the use of bait stations are described in more detail by Varnham *et al.* (1998) and Varnham (2005).

Both the removal of rats, and the present study, were conducted under the auspices of the Antiguan Racer Conservation Project, also called the Offshore Islands Conservation Programme (OICP). The programme's goal is to conserve the offshore island ecosystems of Antigua and Barbuda. The OICP is co-managed by the Environmental Awareness Group (which serves as the programmatic headquarters and employs the OICP Project Coordinator), Black Hills State University, Durrell Wildlife Conservation Trust, Fauna & Flora International, Government of Antigua & Barbuda, and Island Resources Foundation. For more information, see <http://www.eco-index.org/search/results.cfm?ProjectID=1418>

Within a few years of the rat removal programme commencing, OICP field workers and members of the public began reporting conspicuous changes in the ecology of the islands that had been cleared of rats. This paper will examine some of the evidence for these changes, using (1) a comparative study of the seabirds

and whistling ducks on offshore islands where rats are present versus those without rats, and (2) an analysis of historical data to detect changes over time in seabirds, whistling ducks, white-crowned pigeons, and snakes on restored islands. The aim of this preliminary analysis is to shed more light on the impacts that rats have on Lesser Antillean island biodiversity.

## Methods

### Comparative study of seabirds and whistling ducks on islands with rats and without rats

A rapid assessment of the seabirds nesting on the offshore islands was conducted by biologists Toby Ross and Susan Tallarico between 9 and 29 June 2010, timed to coincide with the summer breeding season for terns, noddies, and other seabirds. Twenty-four islands were selected – almost all of the uninhabited islands off the Northeast and East coast of Antigua – including islands with and without rats (Table 1). The island land areas were measured by Matthew Morton (Durrell Wildlife Conservation Trust) using ArcView™.

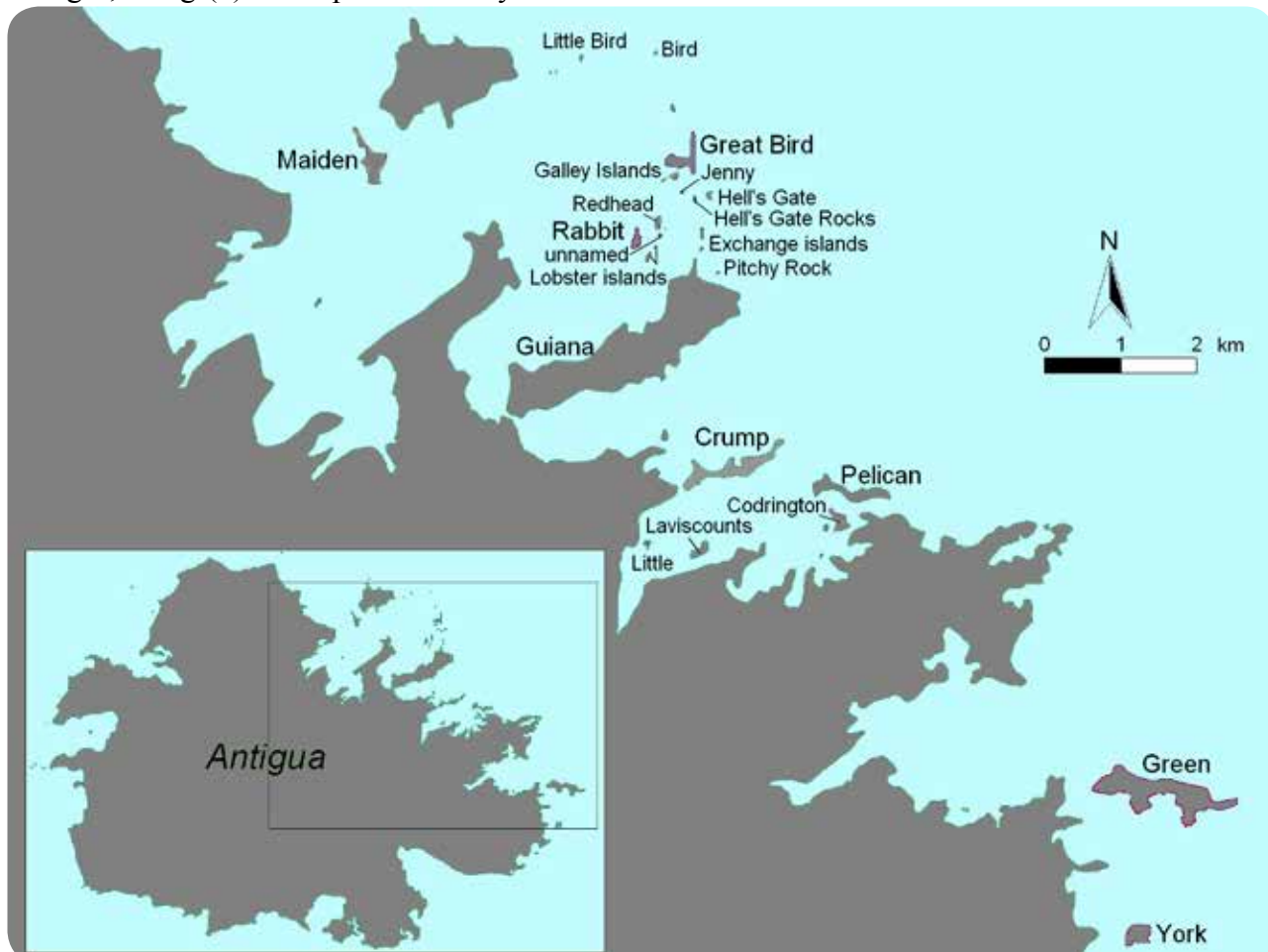
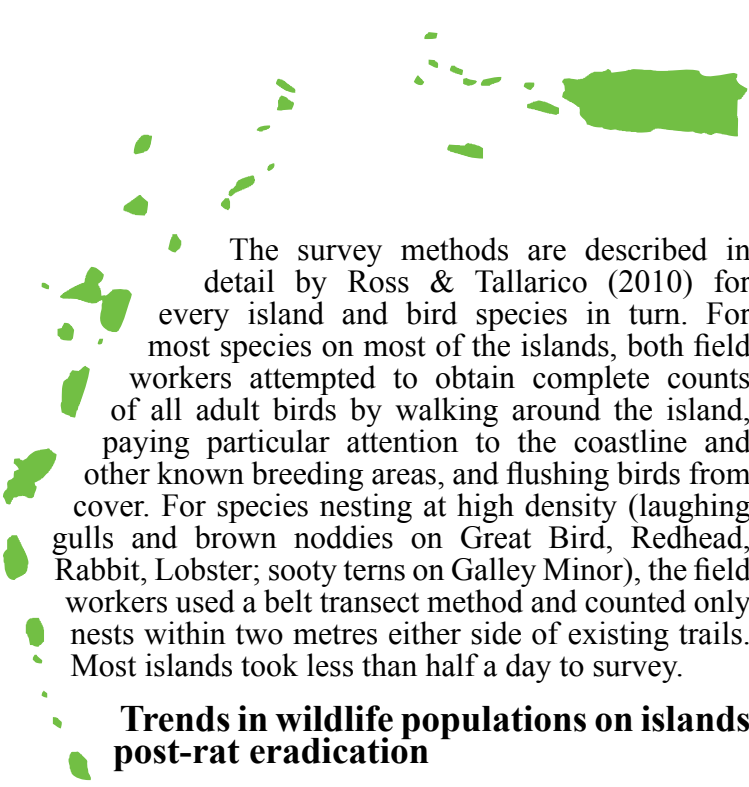


Figure 1. Map of the study area





The survey methods are described in detail by Ross & Tallarico (2010) for every island and bird species in turn. For most species on most of the islands, both field workers attempted to obtain complete counts of all adult birds by walking around the island, paying particular attention to the coastline and other known breeding areas, and flushing birds from cover. For species nesting at high density (laughing gulls and brown noddies on Great Bird, Redhead, Rabbit, Lobster; sooty terns on Galley Minor), the field workers used a belt transect method and counted only nests within two metres either side of existing trails. Most islands took less than half a day to survey.

### Trends in wildlife populations on islands post-rat eradication

This component of the study focused exclusively on islands in Group B (i.e. islands that had been populated by black rats until OICP eradicated them) and considers the two main taxonomic groups for which data are available over ten years or more: birds and snakes. While some data exist for the offshore island snails (Craze, 2002), plants (Varnham, unpub. data) and lizards (e.g. Smith & Baum, 2000; Smith *et al.*, 2001; Smith & Colbert, 2002), these do not cover a sufficient time span to detect trends.

#### Birds

Contemporary and historical data on birds were collated by the authors from three main sources:

(i) The rapid survey of seabirds and West Indian whistling ducks conducted by Ross & Tallarico (2010) on all Group B islands in June 2010 (see previous section);

(ii) Multiple systematic surveys of seabirds conducted by Victor Joseph and co-workers on five islands (Great Bird, Green, Rabbit, Redhead, Lobster) between May and September, from 2004 and 2009. Every island was visited up to five times per year to obtain complete population counts or, for densely packed colonies, transect-based samples (see Sylvester & Joseph, 2004, and Joseph *et al.*, 2006, for further explanation of methods);

(iii) Opportunistic counts of West Indian whistling ducks, white-crowned pigeons and seabirds by other OICP field biologists (including Jenny Daltry, Andrea Otto and Junior Prosper) during hundreds of visits to the Group B islands between 1995 and 2010.

The highest confirmed counts for breeding species on every island every year were compiled on an Excel spreadsheet. Species for which data were available for fewer than four years on any given island were excluded from further analysis. For species for which both complete island counts and transect-

based samples were obtained, we used only the complete counts.

#### Snakes

The total number of Antiguan racer snakes on Great Bird Island was calculated almost every year between 1995 (shortly before the rats were eradicated) and 2010 by OICP researchers using a standardized mark-recapture method. Population sizes, with error margins, were calculated using Begon's weighted mean method (Begon, 1979). The census methods are described in detail by Daltry (2006b) and Daltry *et al.* (2003), and counts published for the period 1995-2007 (Daltry, 2007).

Antiguan racers were reintroduced to Rabbit (1999), Green (2002) and York (2008) after eradicating the black rats. Here, population sizes have been estimated annually using Vortex software (Morton, in prep.), corroborated by rapid surveys to assess relative abundance (number seen per unit time spent searching).

Since 1995, every racer captured by OICP personnel during surveys on Great Bird, Rabbit, Green and York has been measured, examined for signs of injury, and individually marked with a passive integrated transponder tag (AVID™). The OICP maintains a comprehensive database of all the snake tag numbers, biometrics and capture records. No Antiguan racers are known to occur on any of the other islands.

### Results

#### Comparative study of seabirds and whistling ducks on islands with rats and without rats

Rapid surveys were conducted on 24 islands, listed in Table 1. They were divided into three categories: A: islands that have never been confirmed to have black rats ( $n = 9$ ); B: islands that were cleared of black rats by the OICP and are currently rat-free ( $n = 9$ ); and C: islands that currently have black rats present ( $n = 6$ ). Eight species of seabirds were observed, together with West Indian whistling ducks. Table 1 shows the number of bird breeding pairs recorded on each island surveyed.

The most striking finding was that zero seabirds or whistling ducks were detected on any of the islands that currently have rats, despite Group C containing the greatest diversity of island sizes and being widely spread throughout the survey area. Conversely, seabirds and/or whistling ducks were observed on all nine islands in Group B and all but three of the (very small) islets in Group A. The variation between the total number of breeding pairs recorded on islands in Groups A, B and C is statistically significant (one-way ANOVA:  $df = 2$ ,  $F = 3.62$ ,  $p = <0.045$ ).

Within the rat-free Groups A and B, the distribution of different species was uneven. Brown boobies were recorded only on Great Bird, for example, while the majority of brown pelicans were on Rabbit. The islands with the greatest numbers of birds were Great Bird, Rabbit and Lobster, all in Group B. Relative to

their size, islands that were cleared of rats most recently, Green and York, had the fewest birds (equivalent to 0.1 and 1.9 pairs of seabirds per hectare, respectively).

**Table 1.** Seabirds and whistling ducks recorded on offshore islands off the Northeast and East coast of Antigua in June 2010.

For Group B islands, years in square brackets denote when black rats were eradicated. The bird counts show number of breeding pairs. Code names were provided by the Institute for Bird Populations ([www.birdpop.org](http://www.birdpop.org)): RBTR – red-billed tropic bird; LAGU – laughing gull; BRPE – brown pelican; BRNO – brown noddy; BRBO – brown booby; BRTE – bridled tern; SOTE – sooty tern; ROTE – royal tern; WIWD – West Indian whistling duck.

| Island   | Area (ha)  | Bird species |            |           |            |           |           |            |          |          |
|--|------------|--------------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|------------|----------|----------|
|  |            | RBTR         | LAGU       | BRPE      | BRNO       | BRBO      | BRTE      | SOTE       | ROTE     | WIWD     |
| <b>A – ISLANDS NEVER RECORDED TO HAVE RATS</b>     |            |              |            |           |            |           |           |            |          |          |
| Bird   | 0.58       | BRPE         | 0          | 0         | 0          | 0         | 0         | 0          | 0        | 0        |
| Exchange Major                                     | 0.49       | BRNO         | 0          | 0         | 2          | 0         | 1         | 0          | 1        | 1        |
| Exchange Minor                                     | 0.19       | BRBO         | 0          | 0         | 0          | 0         | 2         | 10         | 5        | 0        |
| Jenny  | 0.07       | BRTE         | 1          | 0         | 8          | 0         | 3         | 0          | 0        | 0        |
| Hells Gate   | 0.36       | SOTE         | 9          | 0         | 28         | 0         | 3         | 0          | 0        | 0        |
| Hells Gate Rocks                                   | <0.1       | ROTE         | 0          | 0         | 0          | 0         | 0         | 0          | 0        | 0        |
| Little Bird  | 0.15       | WIWD         | 8          | 0         | 15         | 0         | 15        | 0          | 0        | 0        |
| Pitchy Rock  | <0.1       | 0            | 0          | 0         | 0          | 0         | 1         | 0          | 2        | 0        |
| Unnamed  | <0.1       | 0            | 0          | 0         | 0          | 0         | 0         | 0          | 0        | 0        |
| Sub-total A  | <2.14      | 0            | 18         | 0         | 53         | 0         | 25        | 10         | 8        | 1        |
| <b>B – ISLANDS FROM WHICH RATS WERE ERADICATED</b> |            |              |            |           |            |           |           |            |          |          |
| Galley Major [1995]                                | 0.59       | 3            | 27         | 0         | 24         | 0         | 5         | 0          | 0        | 0        |
| Galley Minor [1995]                                | 0.17       | 0            | 0          | 0         | 0          | 0         | 1         | 5          | 0        | 0        |
| Great Bird [1995]                                  | 8.40       | 2            | 56         | 0         | 3          | 37        | 0         | 180        | 0        | 1        |
| Green [2001]                                       | 45.19      | 4            | 0          | 0         | 0          | 0         | 0         | 0          | 0        | 0        |
| Little Lobster [1998]                              | 0.06       | 0            | 6          | 0         | 0          | 0         | 0         | 0          | 0        | 0        |
| Lobster [1998]                                     | 0.40       | 0            | 68         | 0         | 0          | 0         | 1         | 0          | 0        | 0        |
| Rabbit [1998]                                      | 2.14       | 0            | 73         | 20        | 37         | 0         | 0         | 6          | 0        | 3        |
| Redhead [1998]                                     | 0.91       | 0            | 41         | 6         | 14         | 0         | 0         | 0          | 0        | 0        |
| York [2006]  | 6.99       | 1            | 0          | 1         | 0          | 0         | 11        | 0          | 0        | 0        |
| Sub-total B  | 64.85      | 10           | 271        | 27        | 78         | 37        | 18        | 191        | 0        | 4        |
| <b>C – ISLANDS WHICH CURRENTLY HAVE RATS</b>       |            |              |            |           |            |           |           |            |          |          |
| Codrington   | 4.48       | 0            | 0          | 0         | 0          | 0         | 0         | 0          | 0        | 0        |
| Crump  | 20.58      | 0            | 0          | 0         | 0          | 0         | 0         | 0          | 0        | 0        |
| Guiana   | 184.00     | 0            | 0          | 0         | 0          | 0         | 0         | 0          | 0        | 0        |
| Laviscounts  | 3.66       | 0            | 0          | 0         | 0          | 0         | 0         | 0          | 0        | 0        |
| Maiden   | 8.33       | 0            | 0          | 0         | 0          | 0         | 0         | 0          | 0        | 0        |
| Pelican  | 13.36      | 0            | 0          | 0         | 0          | 0         | 0         | 0          | 0        | 0        |
| Sub-total C  | 234.41     | 0            | 0          | 0         | 0          | 0         | 0         | 0          | 0        | 0        |
| <b>GRAND TOTAL</b>                                 | <b>301</b> | <b>10</b>    | <b>289</b> | <b>27</b> | <b>131</b> | <b>37</b> | <b>43</b> | <b>201</b> | <b>8</b> | <b>5</b> |





## Trends in wildlife populations on islands post-rat eradication

### Birds

Table 2 shows the species for which we have at least four years of comparable data from the same species on the same islands. There are many gaps in the database (indicated with “-”) and our counts are likely to have underestimated the actual numbers of birds that have bred on these islands. Despite this, most of the figures point towards a substantial rise in many of the bird species during the past 10 to 15 years, with striking changes for some of the best-documented species. For example, red-billed tropic birds increased by more than four-fold on Great Bird Island and the Galley Islands between 1995 (shortly before rats were eradicated) and 2009; brown pelicans increased by more than 10-fold on Rabbit and Redhead islands between 1999 (rats were eradicated in 1998) and 2009; and white-crowned pigeons increased by at least 16-fold on Great Bird Island between 1999 and 2010. The species for which there was least evidence of an increase is the West Indian whistling duck, a shy bird that typically nests in wooded areas and is therefore easily overlooked.

For some sea birds, zero individuals or pairs were recorded on the target islands during the 1990s. This is in spite of OICP staff, volunteers, consultants and students - many of them keen birders - spending several months every year working on the islands to study the snakes, host public field trips and control rats. While some species might have been present but overlooked, especially if their numbers were low, we cannot exclude the possibility of these birds colonising the islands after the rats were eradicated. For example, the brown booby is a large and distinctive species that had not been recorded on the Antigua Bank before 2005, but has a large nesting population on Redonda, only 56 km from Antigua.



**Table 2.** Number of breeding pairs of birds recorded on Great Bird, Galley Major and Galley Minor islands.

Rats were eradicated in 1995. Column headings indicate years from 1995 to 2010. Figures show complete or near-complete island counts only (transect samples are not shown). No surveys were carried out during or before 1994. Years for which no comparable data are available are indicated with ‘-’.

| Species                    | Year |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Comments |      |      |      |      |      |                    |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|------|------|------|------|------|--------------------|
|                            | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |          | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010               |
| Red-billed tropic bird     | 5    | -    | 6    | 12   | 16   | 15   | 20   | -    | 16   | -    | -        | -    | -    | 21   | 23   | -    | Winter counts only |
| Laughing gull              | -    | -    | -    | -    | 0    | -    | 40   | -    | -    | 75   | -        | -    | -    | 200  | -    | >160 | Summer counts only |
| Brown noddy                | -    | -    | -    | 0    | 0    | -    | 0    | -    | -    | 0    | -        | 0    | -    | 9    | -    | 17   | Summer counts only |
| Brown booby                | -    | -    | -    | 0    | 0    | -    | 0    | -    | -    | 0    | 5        | 11   | 18   | >4   | -    | 37   | Summer counts only |
| Bridled tern               | -    | -    | -    | -    | 0    | -    | 50   | -    | -    | >5   | -        | 78   | 180  | -    | -    | >150 | Summer counts only |
| Sooty tern                 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 100  | -    | -    | >10  | -        | 430  | >400 | -    | -    | 500  | Summer counts only |
| White-crowned pigeon       | -    | -    | -    | -    | 5    | -    | 20   | -    | -    | 28   | -        | 89   | 273  | >100 | -    | >82  | Summer counts only |
| West Indian whistling duck | -    | -    | -    | 2    | 3    | 2    | 2    | -    | 1    | -    | -        | 4    | 2    | 4    | -    | 3    | Summer counts only |





**Table 3.** Number of breeding pairs of birds recorded on Rabbit, Redhead and Lobster islands, 1999-2009.

Rats were eradicated from these islands in 1998. Figures show complete or near-complete island counts only (transect samples are not shown). No surveys were carried out during or before 1997. Gaps in data are indicated with '-':.

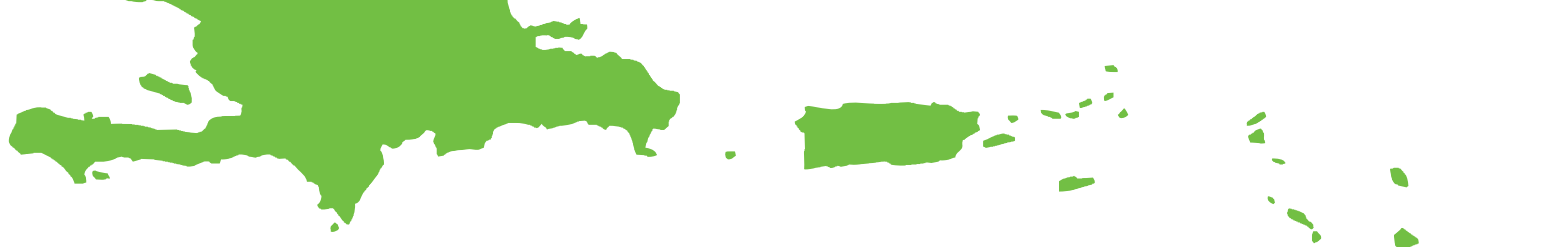
| Species                    | Year |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Comments |      |                    |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|------|--------------------|
|                            | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |          | 2009 |                    |
| Laughing gull              | -    | 18   | -    | >10  | 30   | -    | -    | -    | 335  | 425  | 549  | -        | -    | Winter counts only |
| Brown pelican              | 2    | 4    | -    | 5    | -    | -    | -    | 41   | 56   | 61   | -    | -        | >49  | Summer counts only |
| Brown noddy                | -    | 5    | -    | 8    | -    | -    | -    | 198  | 255  | 321  | -    | -        | -    | Summer counts only |
| Brown booby                | -    | 0    | -    | 0    | -    | -    | -    | 7    | -    | 0    | -    | -        | 0    | Summer counts only |
| Bridled tern               | -    | 0    | -    | 0    | -    | -    | -    | 36   | 39   | 40   | -    | -        | -    | Summer counts only |
| Sooty tern                 | -    | 0    | -    | 0    | -    | -    | >8   | 131  | 329  | 510  | -    | -        | -    | Summer counts only |
| White-crowned pigeon       | -    | 0    | -    | -    | -    | -    | -    | 126  | 190  | 211  | -    | -        | -    | Summer counts only |
| West Indian whistling duck | -    | 3    | -    | 0    | -    | -    | 6    | -    | 1    | -    | -    | -        | 3    | Summer counts only |

**Table 4.** Number of breeding pairs of birds recorded on Green Island (rats eradicated 2001)

Rats were eradicated from this island in 2001 and no surveys were conducted in 2000 or earlier. Gaps in data are indicated with '-':.

| Species                    | Year |      |      |      |      |      |      |      |      |   | Comments |                    |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|----------|--------------------|
|                            | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |   |          |                    |
| Red-billed tropic bird     | 11   | 5    | -    | -    | -    | -    | 23   | 23   | >40  | - | -        | Winter counts only |
| Roseate tern               | 0    | -    | 10   | -    | -    | 9    | 13   | 13   | -    | - | -        | Summer counts only |
| West Indian whistling duck | 3    | -    | -    | -    | -    | 6    | 1    | 1    | 2    | - | -        | Summer counts only |

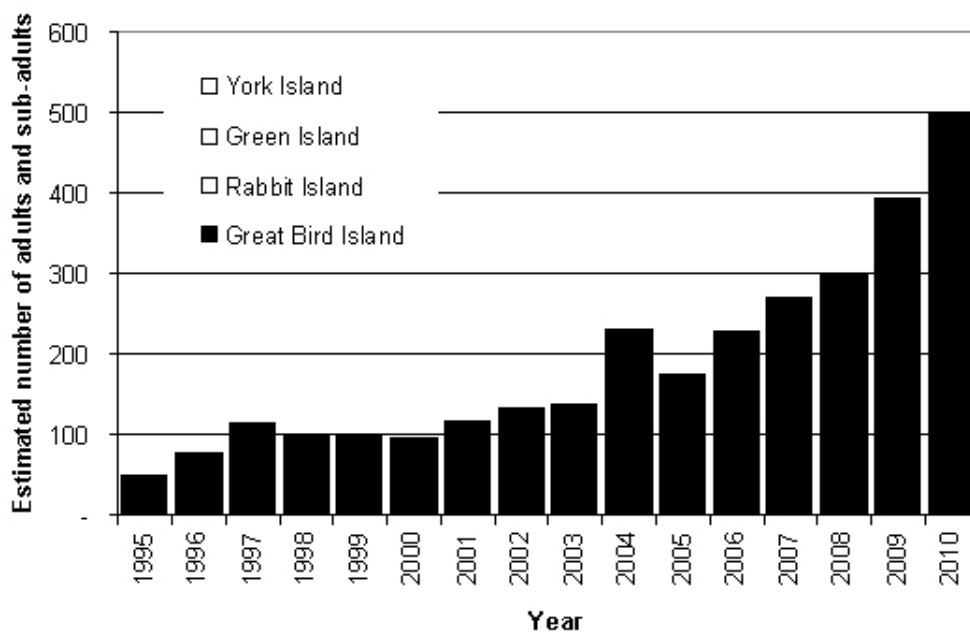




## Snakes

Figure 2 shows changes in the number of Antiguan racers from 1995 to 2010. These figures include a census conducted on Great Bird Island in 1995 shortly before rats were eradicated, which found only  $50 \pm 7$  individuals remained. While the number of racers has fluctuated on Great Bird, this population has never returned to its pre-rat eradication low point. In 2010, the island population reached a record high of  $161 \pm 39$ . This rise is in spite of the fact that 70 racers were removed from Great Bird between 1999 and 2010 to re-establish the species on Rabbit, Green and York islands. All three re-introductions have been successful in the absence of rats, and the estimated total population on all four rat-free islands exceeded 500 adults and subadults in 2010.

**Figure 2.** Changes in the populations of Antiguan racers on the offshore islands  
The census in 1995 was conducted before the rat eradication programme began.



The body condition and survival rates of the Antiguan racers has also improved significantly since 1995. The maximum recorded snout-vent length of Antiguan racers captured on Great Bird Island has increased steadily from 71.1 cm in 1995 (Daltry & Day, 1996) to 105.5 cm in 2010 (pers. obs.), a clear sign that some snakes are attaining a greater age. One female tagged as a young adult in 1997 was recaptured in 2010, proving she had reached at least 15 years of age. Conversely, all of the individuals observed before rats were eradicated were small and none were inferred to have been more than four or five years of age. During the same period, the percentage of captured individuals with the ends of their tails missing (an indicator of predation pressure) fell from 42% in 1995 ( $n = 43$ , Daltry, 2006a) to 3.6% in 2010 ( $n = 83$ ). Snakes cannot regenerate their tails, but the wound heals to form a rounded end. The majority of

such wounds observed in the population after 1995 were in older individuals, fully healed and probably originated when rats were present.

## Discussion

This preliminary assessment of wildlife data gathered by OICP over 15 years has yielded strong circumstantial evidence that the presence of black rats has a highly negative impact on native birds and snakes. Not only do rat-free islands support significantly more birds and Antiguan racers than islands with rats, but the numbers of snakes and most bird species increase after rats are removed. While this study focused chiefly on seabirds and Antiguan racers, for which

we have quantitative population data, OICP personnel and other regular visitors to the offshore islands have perceived that a variety of land birds, lizards and butterflies have also become more abundant on islands cleared of rats.

### Other factors affecting spatial and temporal variation in wildlife populations

Are there any other factors that could account for the patterns observed? In spite of their close proximity, the offshore islands of Antigua are naturally diverse in terms of size, topography and species composition, and there are many variables acting on the seabirds and other wildlife. For example, several islands receive large numbers of human visitors, who could potentially

have a highly detrimental effect upon nesting seabirds and other wildlife. However, the most popular island, Great Bird (which has seen visitor numbers rise from 17,000 in the mid 1990s to over 40,000 in 2010), has also shown some of the best improvements in bird and racer population sizes during the study period.

In addition to controlling rats, the OICP has taken a number of actions to conserve the offshore islands. The translocation of racers from Great Bird to Rabbit, Green and York islands to reintroduce the species, for example, has clearly been a key factor in enabling the total racer population to increase (Daltry *et al.*, 2010). This programme also has a long history of education and awareness activities to encourage more responsible behaviour among the islands' many



users (e.g. McCauley 1999a,b). Thanks to this work, and to other environmental education initiatives in Antigua, more people have become sensitised to the importance of the offshore islands, and cases of deliberate abuses of wildlife (e.g., taking seabird eggs, killing snakes, cutting trees) have become scarce. Improvements in public awareness could have facilitated the recovery of wildlife on the Group B islands, but cannot explain why the rat-infested islands persist in having low biodiversity, especially as most of those are rarely visited by people.

Climate is another possible cause of temporal variation in wildlife populations. A number of hurricanes have taken place during the survey period, for example, including Hurricanes Luis (1995), Georges (1998), Jose (1999), and Earl (2010), which could have affected wildlife numbers. The population of Antiguan racers dropped by 20% during Hurricane Georges, for example, probably due to the lower parts of Great Bird Island being inundated by storm surges (Cooper *et al.*, 1998). Climatic factors can hardly account for the lack of birds on the (rat-infested) Group C islands, however, which experience exactly the same weather conditions as Groups A and B (*Table 1*).

Potentially the most important complicating variable in this study is the presence of other alien invasive species on the offshore islands that could affect birds and snakes directly or indirectly. For example, York Island had feral goats (*Capra hircus*) until 2009, Guiana Island still has feral sheep (*Ovis aries*), fallow deer (*Dama dama*) and small Asian mongooses (*Herpestes javanicus*), while Codrington Island had feral llamas (*Lama glama*) until 1996 and is close enough to the main of Antigua for mongooses to swim across. Small Asian mongooses have been implicated in the decline of many species of birds (Hays & Conant, 2007) and West Indian colubrid snakes (Henderson & Sajdak, 1986), but have colonised only three of the offshore islands. Therefore, while mongooses and other alien species undoubtedly present a threat to native biodiversity, their distribution cannot account fully for the patterns we have observed.

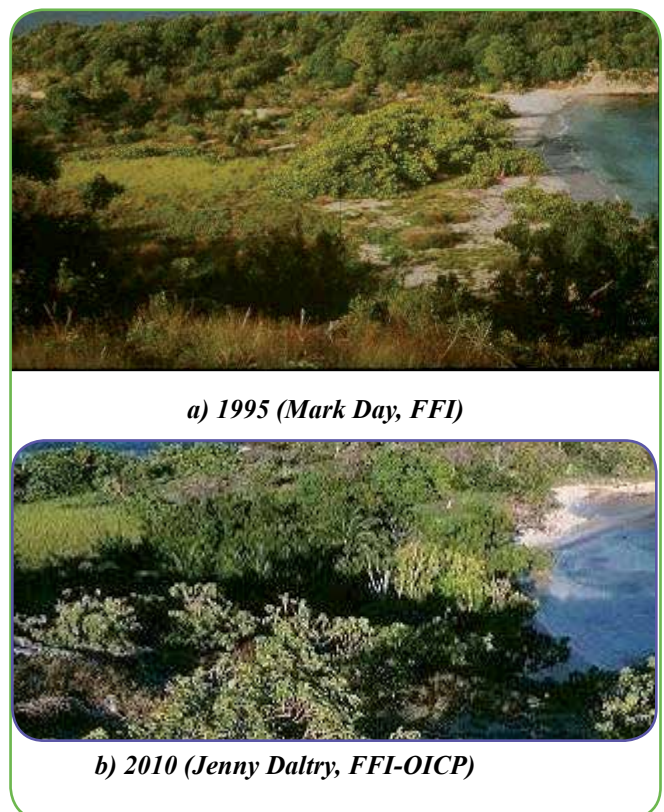
## How black rats affect native birds and reptiles


While we cannot wholly dismiss the influence of other variables above, our inference that black rats have a severe impact on native birds and reptiles is not surprising. Black rats have been strongly implicated in the decline and even extinction of a wide range of native species around the world, especially on islands (Townsend *et al.*, 2006; Varnham, 2010, and references therein). High densities of rats can exert various forms of pressure on birds and reptiles, including preying on eggs, young and even adults, depleting the native animals' food supply, and reducing the quality of their habitat.

On Antiguan islands with black rats, OICP staff and volunteers have observed eggs of birds and marine turtles that have been gnawed into, including entire clutches of West Indian whistling duck eggs (J. Daltry, pers. obs.). Before rats were eradicated from Great Bird Island, approximately half of the Antiguan racer population exhibited injuries consistent with rodent bites, and none had attained old age. (Whether the rats were motivated by hunger or fear to attack the snakes is unknown. Studies of the racers' diet found no evidence of the snakes eating the rats: Daltry & Day, 1996). The presence of a high density of black rats could also suppress the racer's prey base, both by feeding on lizard eggs and young, and preying on the invertebrates that support the lizard populations. Paul Craze (2002 and pers. comm.), for example, observed that the Antiguan islands cleared of rats supported a greater diversity and density of snails than islands with rats present.

Although we lack quantitative data on the flora of the offshore islands, photographs of the offshore islands provide evidence of a significant increase in plant biomass after rats are eradicated. One of the most striking examples of this is Great Bird, the first Antiguan island to be cleared of rats. Figures 3a and 3b show there has been a marked decrease in the amount of exposed sand and an increase in trees and large bushes.

**Figure 3.** Fixed point photographs of Great Bird Island before rats were eradicated in 1995 (a) and 15 years later (b).





Similar effects have been observed on vegetation on other islands following the removal of rats that feed on seeds, shoots and roots (e.g. Varnham, 2010, and references therein). Such gross changes to the habitat could affect native wildlife populations, positively or negatively. White-crowned pigeons, for example, favour taller shrubs and trees for nesting (pers. obs.).

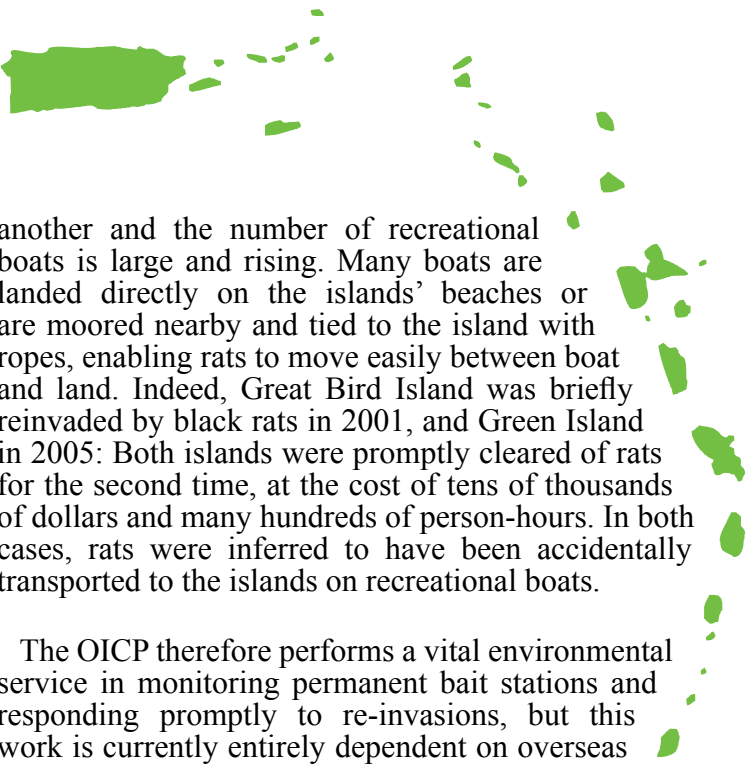
It is tempting to assume that by removing rats, the subsequent increases in bird populations can be attributed to increased fledgling survival alone. The true picture is probably more complicated than this, because rat-free islands can draw in birds from adjoining areas (Prof. Michael Brooke, Cambridge University, pers. comm.). In support of this hypothesis, Tables 2-4 show zero breeding pairs of certain species when records began (e.g. white crowned pigeon, laughing gull and brown booby on Great Bird Island), which indicates these species colonised the islands after rats were removed. Such immigration could account in part for both the rising numbers of birds seen on rat-free islands (Group B) and the lack of birds on islands that still have rats (Group C).

## Next steps in Antigua

One of the obvious design weaknesses in the present study is that we have few data on the abundance of native animals and plants on the Group B islands before rats were eradicated. Most of our island data sets begin the same year that rats were removed. Furthermore, we failed to ensure a wide range of species were monitored. Our bird records during the 1990s were somewhat ad-hoc, because most of the islands appeared to be largely devoid of birdlife. It did not occur to OICP members that this might change dramatically after rats were removed!

One lesson we must draw from this is that before restoring any more islands, a more comprehensive monitoring programme should be established and data collected at regular intervals, before and after rats are removed. The monitoring protocols should address a variety of taxa, including reptiles, land birds, seabirds, invertebrates, and plants, using whole island counts (for large species) or random stratified sampling with quadrats, transects and/or point counts. Ideally, the same monitoring system should be applied to rat-infested islands nearby, to serve as controls. This approach would allow for a more robust and holistic analysis of the impacts of rats on the offshore island ecosystems, and the changes that take place after rats are removed.

Despite its shortcomings, the present study confirms that removing black rats is highly beneficial to Antigua's native biodiversity. To maintain robust populations of birds and racers, it is imperative to keep the offshore islands rat-free. The risk of re-invasion is worryingly high because the islands are in close proximity to one



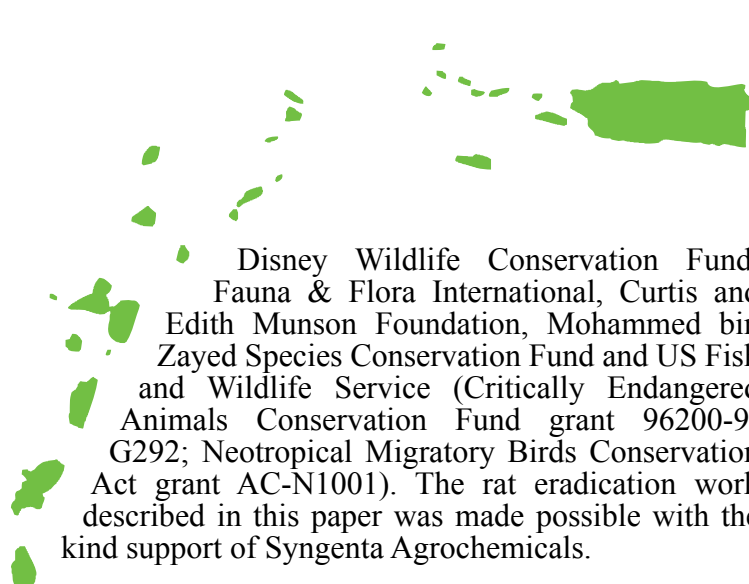
another and the number of recreational boats is large and rising. Many boats are landed directly on the islands' beaches or are moored nearby and tied to the island with ropes, enabling rats to move easily between boat and land. Indeed, Great Bird Island was briefly reinvaded by black rats in 2001, and Green Island in 2005: Both islands were promptly cleared of rats for the second time, at the cost of tens of thousands of dollars and many hundreds of person-hours. In both cases, rats were inferred to have been accidentally transported to the islands on recreational boats.

The OICP therefore performs a vital environmental service in monitoring permanent bait stations and responding promptly to re-invasions, but this work is currently entirely dependent on overseas funding, which cannot be guaranteed to continue. It is hoped that funding to sustain this service could be recouped from the tourism industry that takes paying visitors to enjoy the restored islands, either through voluntary donations or passing on a small charge (e.g. 50 cents) to each customer. The recent establishment of the North East Marine Management Area, a 3,100-hectare multiple-use marine protected area that encompasses all of the islands in this study, could provide the framework for establishing entry fees and ensure that a portion of the revenue is invested in controlling alien invasive species.

## Acknowledgements

The Antiguan Racer Conservation Project forms part of the Offshore Islands Conservation Programme, co-managed by the Forestry Unit (Ministry of Agriculture, Lands, Housing and Environment), Environmental Awareness Group, Durrell Wildlife Conservation Trust, Island Resources Foundation, Fauna & Flora International and Black Hills State University. The authors thank everyone who have contributed their valuable time to planning, implementing and monitoring the conservation of the offshore islands over many years, including Donald Anthonyson, Mike Appleton, Steve Ashton, Quentin Bloxam, Kevin Buley, Mykl Clovis, Dr Brian Cooper, Gillian Cooper, Mark Day, Kim Derrick, Kelvin Drew, Calvin Fenton, Joanne Ford, the Fuller family, Carole-Faye George, Collie Gardner, Richard Gibson, Algernon Grant, Harmony Hall, John Hartley, McRonnie Henry, Philmore James, Victor Joseph, Florita Kentish, Ato Lewis, Kevel Lindsay, Trisha Lovell, Cortright Marshall, Carole McCauley, Lucia Mings, the Mill Reef Club, Matthew Morton, Dr Reg Murphy, Aldrick and Ruth Nicholas, Lia Nicholson, Sean Peters, Polly Phillipot, Kohylah Piper, Junior Prosper, Dr Brian Smith, Tahambay Smith, Ingrid Sylvester, Susan Tallarico, Adriel Thibou, Everette Williams, Karen Varnham and Richard Young. Fieldwork and the preparation of this manuscript were supported by





Disney Wildlife Conservation Fund, Fauna & Flora International, Curtis and Edith Munson Foundation, Mohammed bin Zayed Species Conservation Fund and US Fish and Wildlife Service (Critically Endangered Animals Conservation Fund grant 96200-9-G292; Neotropical Migratory Birds Conservation Act grant AC-N1001). The rat eradication work described in this paper was made possible with the kind support of Syngenta Agrochemicals.

## References

ARCP - Antigua Racer Conservation Project (1999) *Re-introduction of the Antigua Racer (Alsophis antiguae)*. Proposal to the IUCN/SSC Re-introduction Specialist Group from the Antigua Racer Conservation Project, Fauna & Flora International, Cambridge, UK.

BEGON, M. (1979) *Investigating Animal Abundance*. Edward Arnold, London.

COOPER, G., DERRICK, F., DERRICK, K., MCCAULEY, C., LINDSAY, K. & COOPER, B. (1998) *Post-Hurricane Georges Assessment*. Report to the Antigua Racer Conservation Project, Environmental Awareness Group, St Johns, Antigua.


CRAZE, P. (2002) Antigua land snails benefit from snake conservation. *Tentacle (Newsletter of the IUCN/SSC Mollusc Specialist Group)*, 10, 15-16.

DALTRY J.C. (2006a) Control of the black rat *Rattus rattus* control for the conservation of the Antigua racer snake *Alsophis antiguae* on Great Bird Island, Antigua. *Conservation Evidence* (2006), 3, 28-29.

DALTRY J.C. (2006b) The effect of black rat *Rattus rattus* control on the population of the Antigua racer snake *Alsophis antiguae* on Great Bird Island, Antigua. *Conservation Evidence* (2006), 3, 30-32.

DALTRY, J.C. (2007) An introduction to the herpetofauna of Antigua, Barbuda and Redonda, with some conservation recommendations. *Journal of Applied Herpetology*, 4, 97-130.

DALTRY, J.C. & DAY, M.L. (1996) *The Status, Distribution and Natural History of the Antigua Racer (Alsophis antiguae): Findings of the First Field Study*. Antigua Racer Conservation Project Report No. 1., Fauna & Flora International, Cambridge, UK.



DALTRY, J.C., BLOXAM, Q., COOPER, G., DAY, M.L., HARTLEY, J., HENRY, M., LINDSAY, K. & SMITH, B.E. (2001) Five years of conserving the 'world's rarest snake', the Antigua racer *Alsophis antiguae*. *Oryx*, 35, 119-127.

DALTRY, J.C., MORTON, M., SMITH, B.E., & SYLVESTER, I. (2003) 2003 *Antigua Racer Census and Reintroduction*. Antigua Racer Conservation Project, St John's, Antigua & Barbuda.

HAYS, W.S.T. & CONANT, S. (2007) Biology and impacts of Pacific island invasive species 1: a worldwide review of effects of the small Indian mongoose, *Herpestes javanicus* (Carnivora: Herpestidae) *Pacific Science*, 61, 3-16.

HENDERSON, R.W. & SAJDAK, R.A. (1986) West Indian racers: a disappearing act or a second chance? *Lore* 36, 13-18.

IUCN (2010) *IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.3*. <<http://www.iucnredlist.org>>. Downloaded on 02 September 2010.

JOSEPH, V., PROSPER, J. & OTTO, A. (2006) *Report on Seabird Surveys 2006: North Sound Islands, Green Island and Redonda of Antigua West Indies*. Antigua Racer Conservation Project, Environmental Awareness Group, St John's, Antigua.

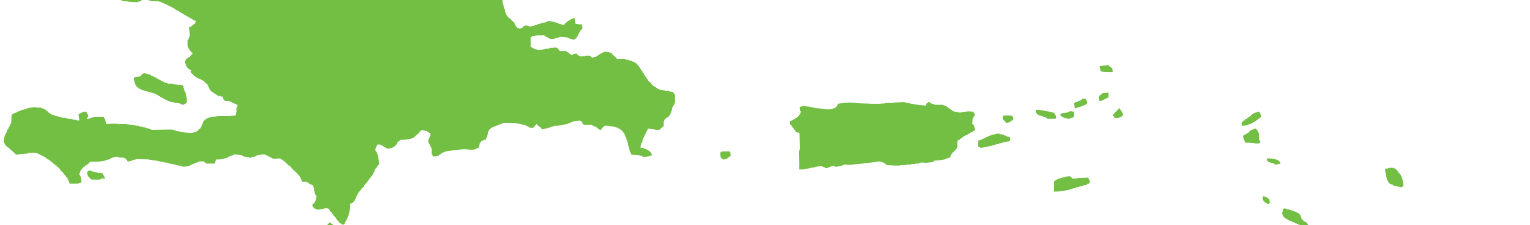
MCCAULEY, C. (1999a) *Environmental Education Status Report*. Antigua Racer Conservation Project, Report No. 6. Environmental Awareness Group, St John's, Antigua.

MCCAULEY, C. (1999b) *Report on Offshore Island Workshop for Tour Operators*. Antigua Racer Conservation Project, Environmental Awareness Group, St John's, Antigua.

PROSPER, J., JOSEPH, V., OTTO, A. & PROSPER, S. (2009) Antigua and Barbuda. In (D.C. Wege and V. Anadon-Irizarry, eds) *Important Bird Areas in the Caribbean: Key Sites for Conservation*, pp. 35-46. BirdLife International, Cambridge, UK.

ROSS, T. & TALLARICO, S. (2010) *Antigua Offshore Island Seabird Surveys*. Report to the Offshore Islands Conservation Programme, Environmental Awareness Group, St John's, Antigua.





SCHREIBER, E.A. & LEE, D.S. (eds) (2000) *Status and Conservation of West Indian Seabirds*. Society of Caribbean Ornithology Special Publication 1, Ruston, Louisiana, USA.

SMITH, B.E. & BAUM, R.E. (2000) *Surveys of the Lizards *Anolis wattsi* and *Ameiva griswoldi* on Antigua Offshore Islands I. Summer 1999*. Antigua Racer Conservation Project. Report No. 5, Black Hills State University, Spearfish, USA.

SMITH, B.E. & COLBERT, P.L. (2002) *Surveys of the Lizard *Anolis wattsi* on Antigua Offshore Islands III: Summer 2001*. Antigua Racer Conservation Project Report No. 7. Black Hills State University, Spearfish, USA.

SMITH, B.E., BAUM, R.E., MASSIE, J.L., & DAVIS, O. (2001) *Surveys of the Lizards *Anolis wattsi* and *Ameiva griswoldi* on Antigua Offshore Islands*. Antigua Racer Conservation Project Report No. 6, St John's, Antigua.

SYLVESTER, I. & JOSEPH, V. (2004) *Seabird Colony Status Report for Antigua, Barbuda and Selected Offshore Islands of Antigua, West Indies*. Offshore Islands Conservation Programme, Environmental Awareness Group, St John's, Antigua.

TOWNS, D.R., ATKINSON, I.A.E. & DAUGHERTY, C.H. (2006). Have the harmful effects of introduced rats on islands been exaggerated? *Biological Invasions*, 8, 863-891.

VARNHAM, K.J. (2005) Rats and the Antigua racer snake. *Biological Sciences Review*, 18, 7-10.

VARNHAM, K. (2010) *Invasive Rats on Tropical Islands: Their History, Ecology, Impacts and Eradication*. RSPB Research Report No. 41. Royal Society for the Protection of Birds, Sandy, Bedfordshire, UK.

VARNHAM, K., ROSS, T., DALTRY, J., DAY, M., COOPER, G. & LINDSAY, K. (1998) Recovery of the Antigua racer. *Aliens (Journal of the IUCN/SSC Invasive Species Specialist Group)*, 8, 21.

WEGE, D.C., RYAN, D., VARTY, N., ANADÓN-IRIZARRY, V. & PÉREZ-LEROUX, A. (2010) *Ecosystem Profile: The Caribbean Islands Biodiversity Hotspot*. Critical Ecosystems Partnership Fund, Conservation International, Washington DC, USA.



# Etat de la connaissance naturaliste relative au Moqueur gorge blanche à la Martinique

Alexis Georges TAYALAY

La Réserve Naturelle de la Caravelle a été créée par l'arrêté interministériel du 2 mars 1976. Elle occupe l'extrémité orientale de la presqu'île du même nom, qui se situe à peu près au milieu de la côte est de la Martinique, sur le territoire de la commune de Trinité. Ce prolongement s'étend sur une longueur d'environ dix kilomètres et une largeur de un kilomètre. La réserve naturelle couvre une superficie de 388 ha, avec un relief varié de mornes, de ravins, de côtes découpées en baies, anses et falaises, exposées à l'hydrodynamisme marin. L'occupation de la presqu'île remonte à la colonisation française, avec le défrichement de l'est de l'île par les Français, vers 1658.

A la fin du XVIIIe siècle, la Presqu'île de la Caravelle n'a pas échappé au déboisement en vue de la culture de la canne, l'exploitation du bois, ou l'élevage. Cependant, ces dégradations n'ont pas été irréversibles. La déprise agricole a permis la reconstitution progressive des milieux naturels, caractérisés par une végétation très diversifiée : mangrove, forêt d'arrière plage, fourrés, forêt sèche, etc. Une dynamique de reconquête ligneuse naturelle a contribué à la fermeture des paysages, d'où l'évolution progressive des différentes formations végétales vers des stades forestiers. On assista à une progression des espèces d'oiseaux forestiers, au détriment d'espèces des milieux ouverts.

Il est important de rappeler comment la configuration globale de l'habitat influe sur la communauté des oiseaux nicheurs. Dans la réserve naturelle, gérée par le Parc naturel régional, des inventaires ont été réalisés, afin d'estimer les effectifs des peuplements d'oiseaux. La richesse aviaire est composée essentiellement de passereaux communs, hormis les pélagiques, Ardéidés, limicoles, etc. Toutefois, les enjeux concernent particulièrement le Moqueur Gorge blanche (*Ramphocinclus brachyurus*) et l'Oriole de Martinique (*Icterus Bonana*), deux de nos espèces endémiques. Inscrites dans la liste rouge des espèces menacées selon l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), ces espèces sont devenues une priorité en matière de conservation de la diversité biologique avienne mondiale.

Des espèces endémiques à la Martinique, le Moqueur gorge blanche, de la famille des Mimidés, est celui dont l'aire de répartition, connue à ce jour, est la plus restreinte. Nous sommes par ailleurs particulièrement attentifs à l'éthologie du Merle à lunettes (*Turdus nudigenis*), compétiteur probable pour le Moqueur Gorge blanche, dans un processus de compétition interspécifique. Le Moqueur gorge blanche est présent dans les systèmes forestiers de la presqu'île de la Caravelle et particulièrement dans sa partie sud (AOMA, 1998). C'est une espèce extrêmement spécialisée qui est inféodée à un biotope particulier.

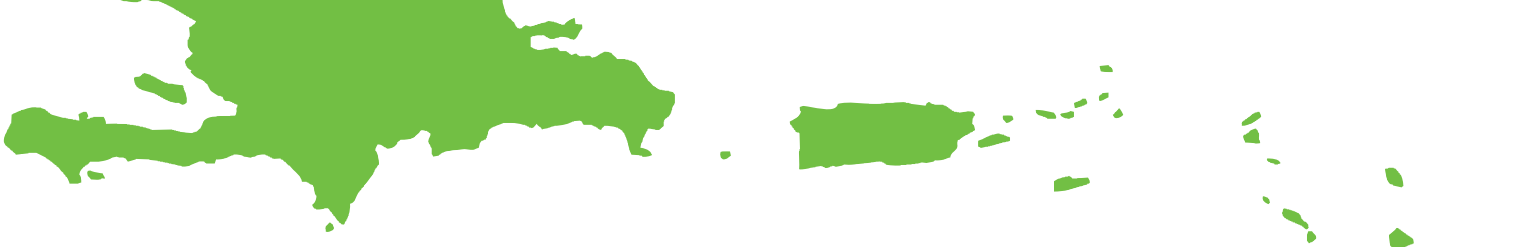
Devant les problématiques environnementales actuelles et l'objectif de conservation de la biodiversité, une étude sur l'extension éventuelle de la réserve naturelle de la Caravelle est proposée à partir d'échantillonnages basés sur des méthodes connues d'inventaires de la faune. La plupart des passereaux de la réserve sont des espèces ubiquistes. Le Moqueur gorge blanche est une espèce plutôt spécialiste. Aujourd'hui, les connaissances écologiques de ce Mimidé montrent que ses exigences sont extrêmement liées à un habitat particulier, celui des formations sylvatiques.

## Contexte écologique

Le Moqueur gorge blanche est une sous-espèce endémique de la Martinique (*R. b. brachyurus*) et de Sainte Lucie (*R. b. saintaeluciae*). Elle est principalement inféodée en Martinique aux zones dégradées du sud de la presqu'île de la Caravelle, entre la base de loisirs de Spoutourne et la réserve naturelle, et se nourrit d'invertébrés et de graines qu'elle trouve en remuant la litière avec son bec. Sa présence a été autrefois signalée dans d'autres régions de la Martinique telles que Trois-Ilets, Saint Pierre et les environs de Fort de France. Le défrichement, les rats et les mangoustes seraient à l'origine de son déclin. On la considérait comme disparue avant que le R.P. Pinchon ne la redécouvre dans les années 50 à la Caravelle. Sa population était alors estimée à 40 couples dans la réserve.

A l'initiative du Parc Naturel Régional, gestionnaire de la réserve naturelle, divers suivis ornithologiques ont été mis en place. Ainsi, des inventaires ont été réalisés





par E. Benito-Espinal et P. Haucastel ainsi que des séances de baguage. Au total, 245 oiseaux appartenant à 18 espèces différentes ont été bagués par ces deux spécialistes entre 1987 et 1990. Un suivi ornithologique a été mis en place en 1994 (AEVA). Il a été prolongé en 1995 et 1996. Il comprend un inventaire de l'avifaune, un comptage par indice kilométrique d'abondance, des séances de capture, de baguage et de biométrie ainsi que des études plus approfondies sur le Moqueur à gorge blanche, l'Oriole de la Martinique, le Coulicou masqué. Les travaux ont aussi porté sur une étude de faisabilité d'un programme de piégeage de la mangouste en vue de protéger la population de gorge blanche (AEVA, 1996) et sur la présence de la Gorge blanche dans la presque île de la Caravelle, hors de la réserve (AOMA, 1998). Un nouveau protocole de suivi du Moqueur à gorge blanche a été soumis au PNRM par l'AOMA en 2005. Deux paramètres sont généralement retenus, d'une part, les strates de nidification et de déplacement, d'autre part la strate alimentaire.

## Habitat et éthologie

### *Stratégies, strates de nidification et de déplacement*

Les formations sylvatiques sont des structures arborées, dont l'architecture varie en fonction de la topographie. Celles situées dans les bassins alluviaux du versant sud sont les plus significatives en termes d'habitat type de *Ramphocinclus b. brachyurus*. Dans cette zone, les sols sont plus épais et reçoivent plus d'eau dans l'année. On y trouve une forêt plus riche en espèces de milieu moyennement humide, qui se sont développées aux dépens de la forêt sèche à lépineux (*Zanthoxylum caribaeum* et *Zanthoxylum monophyllum*). L'oiseau se retrouve plus fréquemment dans les fonds de vallées à ravines sablonneuses. Il peut plus occasionnellement se rencontrer dans les forêts sèches des collines, contiguës aux zones de ravines. Les zones de ravinements, où des observations sont plus fréquentes sont protégées des vents dominants (est/nord-est) et aboutissent à l'intérieur de la Baie du Trésor.

Les systèmes forestiers où se rencontre le Moqueur à gorge blanche sont dominés par des Merisiers (*Myrcia citrifolia*) pour certains, et par des Bois-chique (*Ardisia obovata*) pour d'autres. L'habitat correspond aux caractéristiques bioclimatiques d'une forêt mésoxérophile, marquée par une anthropisation très ancienne. Il s'agit de forêts secondaires. Les formations sylvatiques, caractéristiques des biotopes du Moqueur gorge blanche sont situées sur des versants à pente faible en fonds de ravines sèches à faux plateaux, plus ou moins larges avec une accumulation de matériaux fins amorçant la transition vers la mangrove. Lors des travaux d'inventaire floristique de la réserve naturelle en 1994, Michel Vennetier les localisa en arrière mangrove, caractérisée par des sols alluviaux avec des espèces pionnières de versants.

Les nids de Moqueur sont généralement observés dans les fourches les plus hautes d'arbrisseaux de faible diamètre, à morphotype ligneux, tels que les merisiers (*Myrcia citrifolia*, *Eugenia cordata*), ou le Petit coco (*Randia aculaeta*). Ces arbustes dont le diamètre varie entre 1 et 7,5 centimètres de diamètre et d'une hauteur de 1 à 4 mètres, caractérisent l'habitat type de l'oiseau. Ce dernier se déplace, en général, entre les strates herbacée et arbustive pour ses activités les plus significatives (ressource alimentaire, élevage des jeunes, nidification, stratégies anti-prédatrices).

La période de reproduction connue se situerait entre avril et août, voire même septembre. Le nid est généralement construit entre deux et quatre mètres du sol. En forme de coupe, il est constitué de branchettes, de feuilles mortes ou quelques fois, de morceaux d'écorce de gommier rouge. L'intérieur est méthodiquement tapissé de radicelles, et peut contenir jusqu'à deux œufs. Les oisillons peuvent aisément s'y blottir. La couvée est généralement très sécurisée par l'assistance significative des parents ou autres congénères (Temple, 2005). Cette assistance se poursuit pendant le nourrissage, l'apprentissage, jusqu'à la dispersion.

Les nids sont généralement distants de 10 à 30 mètres, voire moins dans certains cas, selon la structure topographique et arbustive du site. Les inventaires nous ont permis de codifier l'état des nids, afin de mieux comprendre les mécanismes d'utilisation de l'espace par l'espèce, et par les couples. Ainsi, plusieurs nids peuvent appartenir à un même couple. La codification devrait contribuer à déterminer des périodes de naissance supposées, pour des nids moins récents, avec un succès reproducteur supposé. Les supports sont en règle générale, des arbustes à morphotype ligneux, de faible diamètre, avec un houppier isolé l'enchevêtrement des branches favorisant l'accès des rats au nid. Par ailleurs la flexibilité des troncs à faible diamètre permet une réaction anti-prédatrice vigilante, en cas d'accession par la tige.

Durant la nidification, l'agressivité des parents, s'est révélée lors de captures, surtout chez les individus présentant une plaque incubatrice. Dans ces conditions, ils sont relâchés sans mesure biométrique. Selon certains auteurs, ils vont même jusqu'à briser des œufs et à abandonner les nids lorsqu'ils sont repérés (Benito-Espinal *et al.*, 2003). Plus encore, afin de maximiser les chances de renouvellement et donc de survie des populations, l'effet *fitness* favorise la sélection d'individus capables de se reproduire quasiment toute l'année et ce dans des conditions de développement rapide des jeunes. Nous pouvons même pousser l'analyse en imaginant que le fait de ne pondre que deux œufs est un compromis intéressant, autorisant probablement un élevage et



un accompagnement plus importants des jeunes tout en limitant l'impact d'une éventuelle forme de prédation sur les nids.

Les jeunes quittent le nid très rapidement et les phases d'apprentissage se déroulent essentiellement au sol. Leur aspect d'homochromes, leur permet alors de se confondre avec le substrat et de développer une stratégie anti-prédatrice, consistant à s'immobiliser et à se blottir pour prévenir une éventuelle attaque. En effet, durant cette période, la coloration des jeunes se confond avec celle du substrat : ils y sont dès lors difficiles à repérer. Les parents continuent d'en assurer le nourrissage et l'apprentissage.

D'autres observations complémentaires laissent à penser une apparente mobilité des sites de nidification. Ces sites sont occupés par des adultes cantonnés et stables. Les jeunes issus de ces couples s'éloignent probablement des lieux de naissance pour coloniser de nouveaux territoires dans des zones périphériques. Dans le suivi réalisé entre 1995 et 1996, il a été observé que la grande majorité des reprises d'oiseaux a été faite sur le même site que celui de la première capture. Cela confirme la grande sédentarité de l'espèce (8 sur 11 repris au même point ou à moins de 200 m du lieu de première capture), mais laissent aussi entrevoir que des échanges sont possibles entre deux versants, voire entre groupes d'individus géographiquement isolés. Il est dès lors possible d'affirmer que la stratégie de survie de cette espèce est particulièrement adaptée à une exploitation optimale des ressources que lui offre son habitat.

#### *La strate alimentaire et la faune litiériste*

L'exploitation des milieux par l'espèce est étroitement liée à la structure de l'habitat, la pente et la structure de la litière. Nos observations montrent que le Moqueur gorge blanche est absent des milieux broussailleux et des zones arbustives ou arborées dépourvues de litière dense. Hormis les espaces des bassins alluviaux, certains sites que nous avons prospectés, mettent en évidence l'absence de l'oiseau, malgré une typologie forestière favorable. C'est le cas en présence de litière en agrégats, sur un relief en pente. Les sols en partie squelettiques sont un exemple significatif. Il est d'ailleurs utile de rappeler que ceux de la presqu'île proviennent le plus souvent d'une roche mère volcanique ou volcano-sédimentaire. Toutefois, les données topographiques ne sont pas toujours des facteurs limitants. Les paramètres favorables demeurent : la typologie de l'habitat et la densité de la litière.

L'occupation de ces sites par les populations de Moqueur gorge blanche est étroitement corrélée à la densité de la faune litiériste (Temple, 2005), favorisée par l'humidité importante associée à la bonne

qualité du sol. La litière est caractérisée par des débris végétaux. Les feuilles en constituent la fraction la plus importante et la plus constante. Cette litière se compose de fourmis, de termites, de Collemboles, d'escargots, d'iules, de forficules, de grillons, de vers de terre, de blattes et d'élatéridés. Les litières forestières varient en abondance, au cours de l'année et suivant les types de forêt. Elles peuvent être persistantes ou disparaître rapidement, selon la qualité des feuilles. La structure de la litière est par ailleurs liée aux facteurs abiotiques.

Les indices ponctuels d'abondance (IPA) révèlent la présence de Moqueur gorge blanche sur l'ensemble des espaces boisés de la réserve naturelle. Cette distribution sous-tend d'ores et déjà que l'espèce sait mettre à profit les diverses ressources que lui propose ce milieu. Les deux principaux paramètres comportementaux déterminants pour la survie de l'oiseau sont le gagnage et la nidification. Durant leur activité de gagnage, les Moqueurs gorge blanche explorent la litière afin d'y débusquer la faune litiériste dont ils se nourrissent. La préhension de nourriture apparaît aussi importante en début de matinée, qu'en fin de journée, avant le coucher du soleil. Bien que les individus ne se montrent pas particulièrement farouches et craintifs, ils restent aux aguets. Ainsi, en cas de dérangement, ils ont tendance à observer le potentiel danger avant toute réaction. Ils reprennent leur activité ou s'envolent, selon l'imminence ou non du danger.

### **Les milieux défavorables**

L'architecture des formations à bois couchés, des savanes herbacées, des fourrés, et des zones érodées ne garantit pas au Moqueur les conditions nécessaires à ses exigences écologiques. La bonne visibilité et la facilité de déplacement sont des qualités favorisant chez lui, le développement de stratégies anti-prédatrices efficaces.

Les formations à bois couchés : elles sont principalement composées de Poiriers (*Tabebuia heterophylla*) et de Raisiniers bord de mer (*Coccoloba uvifera*), et se situent sur les parties exposées au vent de la réserve. Elles sont remarquables par leur port en drapeau incliné et leurs arbres au tronc tortueux.

Les savanes herbacées sont des milieux totalement ouverts où se développent divers types d'herbes. Elles se répartissent de manière éparse sur l'ensemble de la zone : on les observe aussi bien à l'intérieur des terres que sur le littoral.

Les fourrés sont des formations arbustives denses très fermées dans lesquelles les déplacements sont beaucoup plus contraignants. Ils se développent en haut des versants où les sols sont peu profonds. Le milieu fréquenté par l'espèce doit permettre une bonne visibilité en prévention d'une éventuelle prédation et surtout pendant la nidification.





## Méthodologie

La méthode retenue repose sur des itinéraires échantillons ou lignes-transsects comportant des points d'observations, dénommés dans le contexte, « point d'écoute » (*figure 1*). Le choix d'échantillonnages fréquentiels progressifs (EFP) a permis de noter les espèces contactées, qu'en absence/présence et non en abondance relative, contrairement à la méthode des IPA. Chaque station a donc fait l'objet d'un seul passage. Seize (16) points d'écoute ont été géolocalisés à l'extérieur de la réserve naturelle, et disposés sur le site étudié, de manière à éviter les superpositions de surfaces échantillonnées, pendant les observations. La zone d'étude s'étend de la limite de la réserve, aux limites ouest et nord de la ZNIEFF « Morne Régale, Pointe Batterie, Pointe Brunel ». A chaque station, et durant 20 minutes, toutes les espèces contactées ont été notées, quelle que soit la distance de détection.

Bien qu'apparemment simple à mettre en œuvre, cette méthode nécessite une très bonne expérience dans la « détectabilité », l'identification des espèces, ainsi qu'une connaissance de l'habitat et de l'éthologie des oiseaux. Les suivis ont été réalisés quatre fois durant les premières heures du jour, par conditions météorologiques favorables, sur une période allant d'avril à juillet 2010. Les dénombrements d'oiseaux ont été réalisés par identification au chant, ou autres manifestations vocales et par observation directe, puis relevés sur une fiche de terrain. Les nids ont été recensés sur les points d'écoute et entre ces derniers. La technique de la repasse n'a pas été utilisée, afin d'éviter de perturber les individus nicheurs, pendant les inventaires qui se sont déroulés durant la période de reproduction.

## Résultats

Dix huit espèces ont été inventoriées, dont quinze ubiquistes, une spécialiste (le Moqueur à gorge blanche) et deux non classées. L'aire de répartition de ces dernières est moins étendue que celle des espèces ubiquistes. Ainsi, la Tourterelle à queue carrée peut vivre dans différents milieux, mais a une préférence très nette pour les zones sèches, notamment la forêt xérophytique et la forêt sèche côtière (Rivera-Milan, 1997), et les jardins, ainsi que les zones périurbaines. On la rencontre également dans les mangroves et les forêts secondaires (Wiley, 1991). Les densités diminuent au fur et à mesure qu'augmentent l'altitude et le couvert forestier (Raffaele *et al.*, 1998 ; Wiley, 1991 ; Zamore, 1981).

Trois codes ont été retenus : 0 = absence ; 1 = présence ; 2 = fréquent. Trois classes ont également été retenues pour la richesse spécifique. Ainsi, la plus élevée pour les stations : 1-2-3 et 4 se situe entre 11 et 15 espèces ; la classe intermédiaire pour les stations : 4-7-9-12-13-14, entre 5 et 8 espèces ; la moins élevée pour les stations : 6-8-10-11-15-16, entre 3 et 4 espèces. Six espèces sont présentes sur 7 à 12 stations : *Coereba flaveola* (10) ; *Dendroica petechia* (8) ; *Loxigila noctis* (12) ; *Quiscalus lugubris* (7) ; *R. b. brachyurus* (9) ; *Saltator albicollis* (7) ; *Tyrannus dominicensis* (8). *Loxigila noctis* est le plus commun et présent sur douze stations, particulièrement sur quatre d'entre elles. C'est également le cas de *Coereba flaveola*, très commun à la Martinique, observé sur dix stations. De ces espèces, le Moqueur à gorge blanche est significativement présent sur 8 des 9 stations où il a été recensé. La période d'échantillonnage située en phase de reproduction peut expliquer le nombre élevé de contacts, et la fréquence d'observations. Pendant la reproduction qui englobe la formation de couples, la nidification et l'élevage des jeunes, les individus sont très actifs, particulièrement pendant cette dernière phase. Les formations sylvaques des stations concernées correspondent donc aux exigences écologiques de l'espèce. Des nids de Moqueur à gorge blanche ont également été identifiés entre certains points d'écoute.

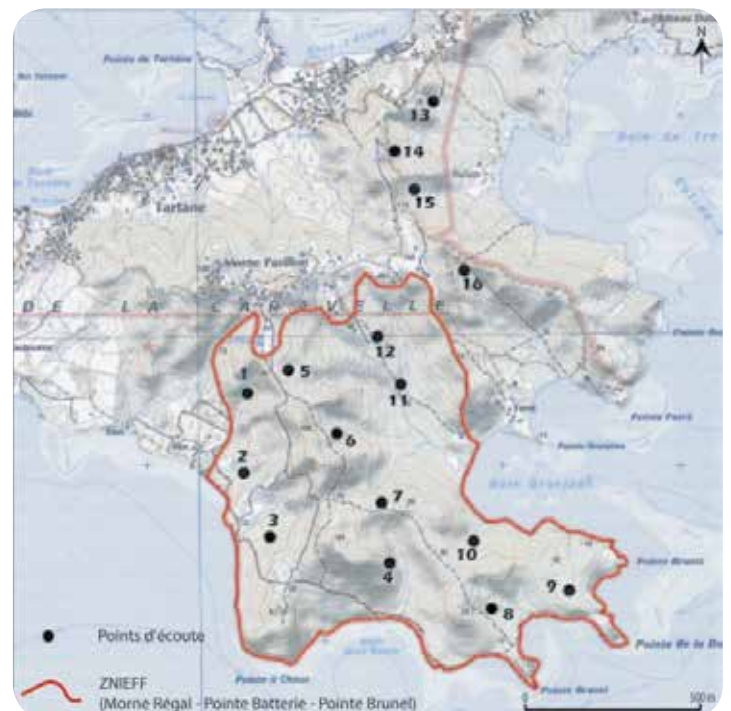


Figure 1. Localisation des points d'écoute



**Tableau 1.** Liste des oiseaux inventoriés sur la zone d'étude

|                             | Code                     | Nom scientifique           | Nom vernaculaire         | Statut juridique    | Statut biologique |
|-----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------|-------------------|
| <b>Espèces Ubiquistes</b>   | COCMIN                   | <i>Coccyzus minor</i>      | Coulicou masqué          | Protégé             | Nicheur           |
|                             | COEFLA                   | <i>Coereba flaveola</i>    | Sucrier à Poitrine jaune | Protégé             | Nicheur           |
|                             | COLPAS                   | <i>Columbina passerina</i> | Colombe à queue noire    | Chassable           | Nicheur           |
|                             | DENPET                   | <i>Dendroica petechia</i>  | Paruline jaune           | Protégé             | Nicheur           |
|                             | ELAMAR                   | <i>Elaenia martinica</i>   | Siffleur blanc           | Protégé             | Nicheur           |
|                             | ICTBON                   | <i>Icterus bonana</i>      | Oriole de Martinique     | Protégé (en danger) | Endémique         |
|                             | LOXNOC                   | <i>Loxigila noctis</i>     | Sporophile à face noire  | Protégé             | Nicheur           |
|                             | MIMGIL                   | <i>Mimus gilvus</i>        | Moqueur des savanes      | Protégé             | Nicheur           |
|                             | QUILUG                   | <i>Quiscalus lugubris</i>  | Quicale merle            | Protégé             | Nicheur           |
|                             | SALALB                   | <i>Saltator albicollis</i> | Saltator gros bec        | Protégé             | Nicheur           |
|                             | TIABIC                   | <i>Tiaris bicolor</i>      | Sporophile rouge gorge   | Protégé             | Nicheur           |
|                             | TURNUD                   | <i>Turdus nudigenis</i>    | Merle à lunettes         | Protégé             | Nicheur           |
| TYRDOM                      | <i>Tyrannus dominic.</i> | Tyran gris                 | Protégé                  | Nicheur             |                   |
| VIRALT                      | <i>Vireo altilocus</i>   | Viréo à moustaches         | Protégé                  | Nicheur             |                   |
| MARFUS                      | <i>Margarops fuscus</i>  | Moqueur grivotte           | Chassable                | Nicheur             |                   |
| <b>Espèces spécialistes</b> | RAMBRA                   | <i>Ramphocinclus b. b.</i> | Moqueur à gorge blanche  | Protégé (en danger) | Endémique         |

L'absence ou la basse fréquence d'observations, pour ce qui concerne les autres espèces est généralement liée au type d'habitat ou à la disponibilité temporelle de la ressource alimentaire. Ainsi, le Merle à lunettes (*Turdus nudigenis*), n'est présent que sur cinq points d'observations. Cependant, le nombre de contacts peut être en augmentation, selon la production de graines. Cet espèce est plutôt opportuniste et se manifeste quelque fois par groupe de trois ou quatre, selon la répartition spatiale ponctuelle de la ressource. Elle est particulièrement observée dans la réserve naturelle de la Caravelle, pendant la fructification des cortèges de Bois rouge (*Coccoloba swartzii*), dont elle apprécie les graines. Le Carouge de Martinique (*Icterus bonana*), n'a été observé que sur trois stations (1-3-et 13). Cet oiseau endémique est présent sur toute la Presqu'île de la Caravelle, malgré son statut d'espèce en danger. Seule une étude sur l'état des populations actuelles peut permettre de mieux appréhender la dynamique de leur population à la Martinique. Compte tenu de son statut et l'absence de données récentes, le Carouge doit bénéficier d'un renforcement urgent des mesures de protection dont il bénéficie actuellement.



Tableau 2. Avifaune : Tableau général des inventaires (avril à juillet 2010)

| Espèces                    | Point 1            | Point 2 | Point 3 | Point 4 | Point 5 | Point 6 | Point 7            | Point 8 | Point 9 | Point 10 | Point 11 | Point 12 | Point 13                      | Point 14 | Point 15 | Point 16 |    |
|----------------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------------|---------|---------|----------|----------|----------|-------------------------------|----------|----------|----------|----|
| Année 2010                 | 17/04              | 17/04   | 17/04   | 17/04   | 01/05   | 01/05   | 01/05              | 01/05   | 22/05   | 22/05    | 22/05    | 22/05    | 24/07                         | 24/07    | 24/07    | 24/07    |    |
| Heure                      | 6.00               | 6.50    | 7.45    | 8.40    | 6.02    | 6.55    | 7.55               | 8.00    | 5.55    | 6.50     | 7.45     | 8.35     | 6.00                          | 6.50     | 7.35     | 8.20     |    |
| <i>Coccyzus minor</i>      | +                  |         |         |         |         |         | +                  |         |         |          |          |          | +                             |          |          |          | +  |
| <i>Coereba flaveola</i>    | ++                 | +       | +       | +       | ++      |         | +                  | +       | ++      | +        |          |          |                               |          |          |          |    |
| <i>Columbina passerina</i> |                    | +       |         | +       | +       |         | +                  |         |         |          |          |          | +                             | ++       |          |          |    |
| <i>Dendroica petechia</i>  | ++                 | +       | +       |         |         |         |                    | ++      | +       | +        |          |          |                               | +        |          |          |    |
| <i>Elaenia martinica</i>   |                    | +       | +       |         |         |         |                    |         |         |          |          | +        |                               | +        |          |          |    |
| <i>Geotrygon montana</i>   | +                  |         |         |         |         | +       |                    |         |         |          |          |          |                               |          |          |          |    |
| <i>Icterus bonana</i>      | +                  |         | +       |         |         |         |                    |         |         |          |          |          | +                             |          |          |          |    |
| <i>Loxigila noctis</i>     | ++                 | ++      | +       | +       | ++      | +       | +                  | +       | +       |          |          | +        |                               | ++       |          |          |    |
| <i>Margarops fuscus</i>    | +                  |         | +       |         | +       |         |                    |         |         |          |          |          |                               | +        |          |          |    |
| <i>Mimus gilvus</i>        | +                  | +       |         |         |         |         |                    |         |         |          |          |          |                               |          | +        |          |    |
| <i>Quiscalus lugubris</i>  | +                  | +       | +       |         |         |         |                    |         | +       | +        | ++       |          |                               |          |          |          |    |
| <i>R. b. brachyurus</i>    | ++                 | ++      | ++      |         | ++      | ++      |                    |         | +       |          | ++       | +        |                               | ++       |          |          | ++ |
| <i>Saltator albicollis</i> | +                  | +       | +       | +       | +       |         | +                  |         |         |          |          | +        | +                             |          | +        |          | +  |
| <i>Tiaris bicolor</i>      |                    | +       | +       |         |         |         |                    |         |         |          |          |          | +                             | +        |          |          |    |
| <i>Turdus nudigenis</i>    | ++                 | +       | +       |         | +       |         |                    |         |         |          |          | +        |                               |          |          |          |    |
| <i>Tyrannus dominic.</i>   | ++                 | +       | +       | +       | +       |         |                    | +       | +       |          |          |          |                               |          |          |          |    |
| <i>Vireo altilocus</i>     | +                  | +       |         |         | +       |         | +                  |         |         |          |          |          | +                             |          |          |          |    |
| <i>Zenaida aurita</i>      | +                  | +       | +       |         | +       |         | +                  |         |         |          |          | +        | +                             |          |          |          |    |
| <i>Herpestes javanicus</i> |                    | +       |         | +       | +       |         | +                  |         |         |          | +        |          |                               |          |          |          |    |
| Total                      | 15                 | 15      | 13      | 6       | 11      | 3       | 8                  | 4       | 5       | 3        | 3        | 6        | 7                             | 7        | 4        |          | 3  |
|                            | En blanc : Absence |         |         |         |         |         | En gris : Présence |         |         |          |          |          | En vert : présence (fréquent) |          |          |          |    |



**Tableau 3.** Présence/absence par nombre de stations

Légende : 0 = absence ; 1 = présence ; 2 = fréquent

| Espèces                    | Présence/absence |   |   |
|----------------------------|------------------|---|---|
|                            | 0                | 1 | 2 |
| <i>Coccyzus minor</i>      | 12               | 4 | 0 |
| <i>Coereba flaveola</i>    | 6                | 7 | 3 |
| <i>Columbina passerina</i> | 10               | 5 | 1 |
| <i>Dendroica petechia</i>  | 8                | 6 | 2 |
| <i>Elaenia martinica</i>   | 10               | 6 | 0 |
| <i>Geotrygon montana</i>   | 13               | 3 | 0 |
| <i>Icterus bonana</i>      | 13               | 3 | 0 |
| <i>Loxigila noctis</i>     | 4                | 8 | 4 |
| <i>Margarops fuscus</i>    | 11               | 5 | 0 |
| <i>Mimus gilvus</i>        | 12               | 4 | 0 |
| <i>Quiscalus lugubris</i>  | 9                | 6 | 1 |
| <i>R. b. brachyurus</i>    | 7                | 1 | 8 |
| <i>Saltator albicollis</i> | 9                | 7 | 0 |
| <i>Tiaris bicolor</i>      | 11               | 5 | 0 |
| <i>Turdus nudigenis</i>    | 11               | 4 | 1 |
| <i>Tyrannus dominic.</i>   | 8                | 7 | 1 |
| <i>Vireo altilocus</i>     | 12               | 0 | 4 |
| <i>Zenaida aurita</i>      | 10               | 6 | 0 |
| <i>Herpestes javanicus</i> | 11               | 5 | 0 |

Des nids ont été recensés entre les stations d'écoute, confirmant des indices de présence de certaines espèces. Deux paramètres ont été pris en compte : les nids identifiés (quelque soit l'état, l'âge), et les nids indéterminés. Certains ont été identifiés par leur structure, d'autres par relation avec son occupant. C'est le cas pour *Saltator albicollis*, et *Turdus nudigenis*. Soixante (60) nids ont été inventoriés, dont dix huit (18) indéterminés. Ces derniers sont caractérisés par des brindilles désorganisées, dépourvues de racelles, et informes. Les quantités les plus élevées de nids se situent sur les circuits [1-2] [2-3] [3-4] [5-6] [6-7] et [13-14]. Elles représentent 52 nids dont 11 indéterminés. Les circuits : [7-8] [9-10] [11-12] [14-15] [15-16] regroupent les quantités les moins élevées. Le Sucrier falle jaune et le Moqueur gorge blanche sont les espèces les mieux représentées (respectivement 19 et 18 nids). Dix huit (18) nids sont indéterminés, les autres espèces représentant en totalité 8 nids.

**Tableau 4.** Nids recensés entre les stations (Indice de présence)

| Espèces                    | Point 1-2 | Point 2-3 | Point 3-4 | Point 5-6 | Point 6-7 | Point 7-8 | Point 9-10 | Point 11-12 | Point 13-14 | Point 14-15 | Point 15-16 | Total     |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|
| Année 2010                 | 17/04     | 17/04     | 17/04     | 01/05     | 01/05     | 01/05     | 22/05      | 22/05       | 24/07       | 24/07       | 24/07       |           |
| <i>R. b. brachyurus</i>    | 4         | 2         | 2         | 3         | 2         | 1         | 0          | 1           | 2           | 0           | 1           | 18        |
| <i>Coereba flaveola</i>    | 5         | 3         | 3         | 2         | 3         | 0         | 0          | 2           | 1           | 0           | 0           | 19        |
| <i>Dendroica petechia</i>  | 0         | 0         | 0         | 1         | 0         | 0         | 0          | 0           | 0           | 0           | 0           | 1         |
| <i>Loxigila noctis</i>     | 0         | 0         | 0         | 0         | 1         | 0         | 0          | 0           | 0           | 1           | 0           | 2         |
| <i>Saltator albicollis</i> | 0         | 0         | 0         | 1         | 0         | 0         | 0          | 0           | 0           | 0           | 0           | 1         |
| <i>Turdus nudigenis</i>    | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0          | 0           | 0           | 0           | 0           | 0         |
| <i>Zenaida aurita</i>      | 2         | 1         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0          | 0           | 1           | 0           | 0           | 4         |
| Indéterminé                | 2         | 1         | 3         | 2         | 2         | 1         | 1          | 1           | 3           | 1           | 1           | 18        |
| <b>Total</b>               | <b>13</b> | <b>7</b>  | <b>8</b>  | <b>9</b>  | <b>8</b>  | <b>2</b>  | <b>1</b>   | <b>4</b>    | <b>7</b>    | <b>2</b>    | <b>2</b>    | <b>63</b> |





## Discussion : la fragmentation des habitats et l'avifaune

Les conséquences écologiques de la fragmentation des habitats sur la biodiversité ont fait l'objet d'études diverses. La fragmentation d'un habitat peut être définie comme un processus durant lequel un vaste habitat continu, est transformé au cours du temps, en plusieurs petits fragments d'habitats, isolés les uns des autres par une matrice différente de l'originale (Wilcove *et al.* 1986). Que ce soit sur des études à court terme ou à long terme et sur différents groupes biologiques, dont les oiseaux, six hypothèses majeures ont été testées pour comprendre les incidences écologiques de la fragmentation des habitats (Debinski et Holt 2000) : la richesse spécifique décroît avec la superficie des habitats fragmentés ; l'abondance relative ou la densité décroît avec la superficie des habitats fragmentés ; les interactions interspécifiques entre espèces sont modifiées par la fragmentation des habitats ; les effets de lisières influencent directement la qualité des habitats fragmentés ; la présence de corridors influence les déplacements des individus entre habitats fragmentés ; une forte connectivité entre habitats fragmentés augmente la richesse spécifique.

Toutefois, ces hypothèses sont rarement traitées séparément car elles interfèrent grandement entre elles. C'est notamment le cas pour l'hypothèse 1 et 2 avec les quatre autres. Ainsi, les effets de lisière et les corridors constituent probablement des facteurs limitants les déplacements des Moqueurs gorge blanche, entre les couverts forestiers fragmentés. On sait par ailleurs, que les espèces ayant les plus faibles densités dans les fragments sont aussi celles pour lesquels le risque d'extinction est le plus important (Bolger *et al.* 1991).

La dégradation de l'habitat est incontestablement la menace la plus imminente pour les oiseaux terrestres. La fragmentation et la disparition des forêts, sont généralement considérées comme étant des facteurs majeurs du déclin des populations aviaires. Elles constituent un obstacle à la dispersion des individus et met en évidence que la présence et la densité des populations d'espèces animales sont généralement moins élevées dans les îlots forestiers, que dans les forêts continues. Les photographies aériennes de 1947 et des années 2000, montre bien la réorganisation de la biodiversité sur la Presqu'île de la Caravelle, en relation avec la richesse spécifique des communautés d'oiseaux inventoriées ces dernières années, et l'augmentation des effectifs de Moqueur gorge blanche. La restriction de l'aire de répartition de l'espèce sur l'île montre bien sa réticence à traverser les milieux ouverts. Le Moqueur gorge blanche est strictement inféodé à la matrice forestière, qui est donc vitale pour lui. Ainsi, la fragmentation du couvert forestier, voire sa disparition totale, pourrait le mettre en danger.

L'homogénéité spatiale du couvert forestier et la typologie des habitats conditionnent la dynamique de population des peuplements d'oiseaux, particulièrement chez le Moqueur Gorge blanche. Les effets de lisière constituent alors des barrières, limitant les déplacements, contraignant les populations à une agrégation spatiale sur des territoires restreints, ayant des impacts sur la dynamique des populations et les stratégies de survie. Le maintien d'une aire continue ne peut que favoriser la conservation du Moqueur gorge blanche.

## Références bibliographiques

ANTILLES HIER ET D'AUJOURD'HUI. (1979) – *La faune II (oiseaux, insectes, et crabes) Vol 7/10*, éd. Emile Désormeaux, Fort de France. p 56 et 57.

ASSOCIATION ORNITHOLOGIQUE DE LA MARTINIQUE (A.O.M.A.). (1999) – *Aire de distribution du Moqueur gorge blanche sur la Presqu'île de la Caravelle*. 20 p.

ASSOCIATION POUR L'ETUDE DES VERTÉBRÉS AUX ANTILLES (A.E.V.A) (1994) - *Premiers résultats sur un suivi de l'avifaune de la Presqu'île de la Caravelle*, 57 p.

ASSOCIATION POUR L'ETUDE DES VERTÉBRÉS AUX ANTILLES (A.E.V.A). (1996) - *Suivi ornithologique de la réserve naturelle de la Caravelle (Martinique) 1995-1996, rapport n°13*. 16 p.

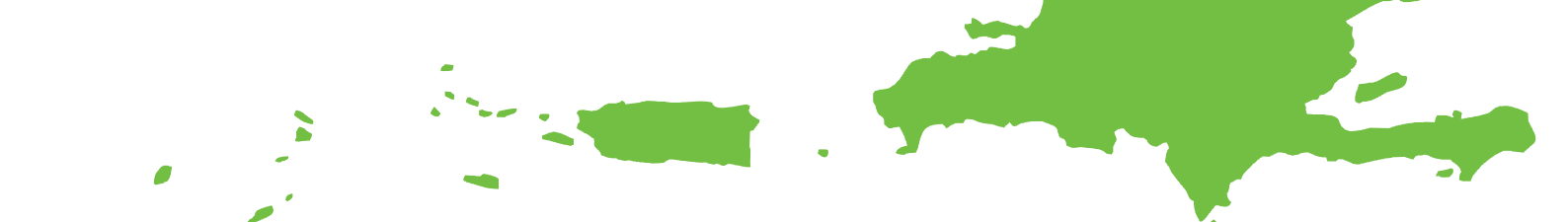
BENITO-ESPINAL, Ed. (1990) – *Oiseaux des petites Antilles*, éditions du Latanier, Anse des Lézards. 128 p.

BLONDEL J. (1975). L'analyse des peuplements d'oiseaux, éléments d'un diagnostic écologique : I la méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs (E.F.P.) - *Revue d'Ecologie (La Terre et la Vie)*, 29 : 533-589.

BLONDEL J., FERRY C. et FROCHOT B. (1970) - La méthode des indices ponctuels d'abondance (I.P.A.) ou des relevés d'avifaune par "stations d'écoute". *Alauda*, 38 : 55-71.

BOND, J. (1996) - *Guide des oiseaux des Antilles*, adaptation française, Delachaux et Niestlé, Paris. 256 p.





CONSEIL INTERNATIONAL POUR  
LA PROTECTION DES OISEAUX  
(CIPO). (1988) - *Livre rouge des oiseaux  
menacés des régions françaises d'outre-mer*,  
monographie n° 5. 258 p.

EVANS, P. (1990) – *Birds of the Eastern  
Caribbean.*, éd Macmillan Education LTD, Londres.  
162 p.

FAURIE, C., FERRA, Chr., MEDORI, P., et  
DEVAUX, J. (1998) - *Ecologie, Approche  
scientifique et pratique*, 4è éd. Lavoisier Tec et Doc  
éd, Paris. 337 p.

PARC NATUREL REGIONAL DE LA  
MARTINIQUE (PNRM), (1995) – *Réserve  
Naturelle de la Presqu'île de la Caravelle*. 58 p.

RAFFAELE, H., WILEY, J., GARRIDO, O., KEITH,  
et A., RAFFAELE, J. (1998). *A guide of the birds of  
the West Indies*. Princeton University press., Princeton.  
511 p.

STORER, R. W., (1989) – Geographical variation and  
sexual dimorphism in the tremblers (*Cinlocerthia*) and  
White-breasted Thrasher (*Ramphocinclus*). *The Auk*.  
106 : 249 – 258.





# Cartographie par télédétection et SIG des écotopes potentiels du Moqueur gorge blanche

Antoine CHEULA, Jean-Raphaël GROS-DESORMEAUX, Yuji KATO, Alexis Georges TAYALAY, Sébastien TOLLIS

Les grandes problématiques environnementales actuelles sont marquées par un phénomène majeur : l'érosion de la diversité biologique. Héritée des modifications de conditions climatiques et/ou des évolutions des activités anthropiques locales, elle représente un axe de réflexion prioritaire. En milieu insulaire plus particulièrement, la conservation de la biodiversité est un objectif sensible. En effet, depuis les travaux de Von Humboldt ou Darwin, les îles sont présentées comme des écosystèmes singuliers et fragiles. L'insularité est favorable à l'apparition d'espèces, de populations, de peuplements, de biocénoses et plus globalement d'écosystèmes inédits. Toutefois, l'originalité des îles est confrontée à une difficulté majeure. Lorsqu'un organisme migrant arrive à coloniser un système insulaire, il peut diverger de son état originel. Des organismes qui ont vécu l'insularité sur un temps relativement long sont condamnés à vivre dans ces conditions pour assurer leur survie. Mais, depuis l'étoffement des systèmes et réseaux d'échange et de communication, l'insularité, telle qu'elle est perçue pour les îles océaniques semble compromise. Dans un tel contexte, les populations d'oiseaux de la Caraïbe inclus dans la liste rouge des espèces menacées selon l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) sont devenues une priorité en matière de conservation de la diversité biologique avienne mondiale.

Le Moqueur gorge blanche (*R. brachyurus*) n'est présent qu'en Martinique et à Sainte-Lucie. Sa qualité d'endémique étroit (aire de distribution limitée à quelques hectares) lui confère l'inquiétant statut d'espèce en danger. A Sainte-Lucie, il se rencontre dans la région de Louvet et entre Petite Anse et Dennery (Benito-Espinal, 2003). Pour la Martinique, les observations recueillies à ce jour limiteraient son aire de répartition à la presqu'île de la Caravelle. Dans le cadre d'un développement « écotouristique », cette espèce peut être perçue comme une ressource. Son caractère unique fait partie des éléments attractifs pour un tourisme ornithologique ou naturaliste et plus globalement pour l'écotourisme.

La vulnérabilité du Moqueur gorge blanche (*R. brachyurus*) concerne nombre d'espèces animales menacées de disparition dans la Caraïbe insulaire. C'est une espèce extrêmement spécialisée qui est inféodée à un type de biotope particulier. Alors qu'elle se retrouvait anciennement dans d'autres secteurs de la Martinique (Pinchon, 1976), les quelques couples restants seraient uniquement présents dans quelques sites de la Réserve Naturelle de la Caravelle (RNC). La concentration des populations sur un site unique, qui plus est une presqu'île, rend ce passereau extrêmement vulnérable. Les menaces qui pèsent sur cette espèce deviennent un facteur supplémentaire d'érosion de la diversité biologique locale, mais aussi mondiale.

Le présent objectif est donc de localiser par télédétection et SIG les écotopes de la presqu'île de la Caravelle qui seraient potentiellement favorables à la survie et au développement de populations de Moqueur gorge blanche (*R. brachyurus*). Dans une démarche de réintroduction et donc de conservation de l'espèce, les éléments de connaissance ainsi acquis et mis en évidence par la cartographie, devraient diminuer les coûts qu'entraînerait une enquête exhaustive de terrain et ouvrir des perspectives méthodologiques qui s'appliqueraient par la suite à d'autres espèces et à d'autres zones de la Martinique.



## Zone d'étude : la presqu'île de la Caravelle

La presqu'île de la Caravelle est une petite péninsule située au nord-est de la Martinique (figure 1). Elle s'étend d'est en ouest sur une longueur d'environ dix kilomètres et sur une largeur variant de un à quatre kilomètres. A la fin du XVII<sup>ème</sup> siècle, les formations forestières de la Caravelle ont connu un important déboisement. Abandonnée dès la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle, la superficie consacrée à l'exploitation diminuera notablement au profit de savanes, de fourrés et de forêts secondaires. A partir des années 1970 s'engagea un ensemble de réflexions et d'actions visant la mise en réserve d'une partie de la Presqu'île qui deviendra la RNC.

Le relief de la RNC se décompose en diverses unités topographiques : petites collines, petits ravins, baies, anses et falaises. Son point culminant est estimé à 148 mètres. La pluviométrie annuelle y est inférieure à 1 000 mm : c'est l'un des sites les plus secs de la Martinique. Les milieux littoraux de la RNC sont décomposables en trois principaux types de milieux naturels : les mangroves, les plages et les falaises. Plus à l'intérieur de la réserve, il est possible de distinguer les savanes herbacées, les fourrés et les formations sylvatiques. Les savanes herbacées sont des milieux totalement ouverts où se développent divers types d'herbes ainsi que des orchidées. Elles se répartissent de manière éparse sur l'ensemble de la zone : on les observe aussi bien à l'intérieur des terres que sur le littoral.

Les fourrés sont des formations arbustives denses très fermées dans lesquelles les déplacements sont beaucoup plus contraignants. Essentiellement constituées de Merisiers et de Ti baumes, ces formations colonisent plus particulièrement l'ouest de la RNC. Les fourrés se développent en haut des versants où les sols sont peu profonds. Les formations sylvatiques sont des formations arborées dont l'architecture variera en fonction de la topographie. En effet, les zones boisées situées sur les versants constituent des biotopes plus ouverts que ceux des formations des bassins alluviaux. Les espèces ligneuses y sont distribuées de manière plus éparse.

Figure 1. La zone d'étude (CARIBSAT-IRD)

## Contexte : les biotopes du Moqueur

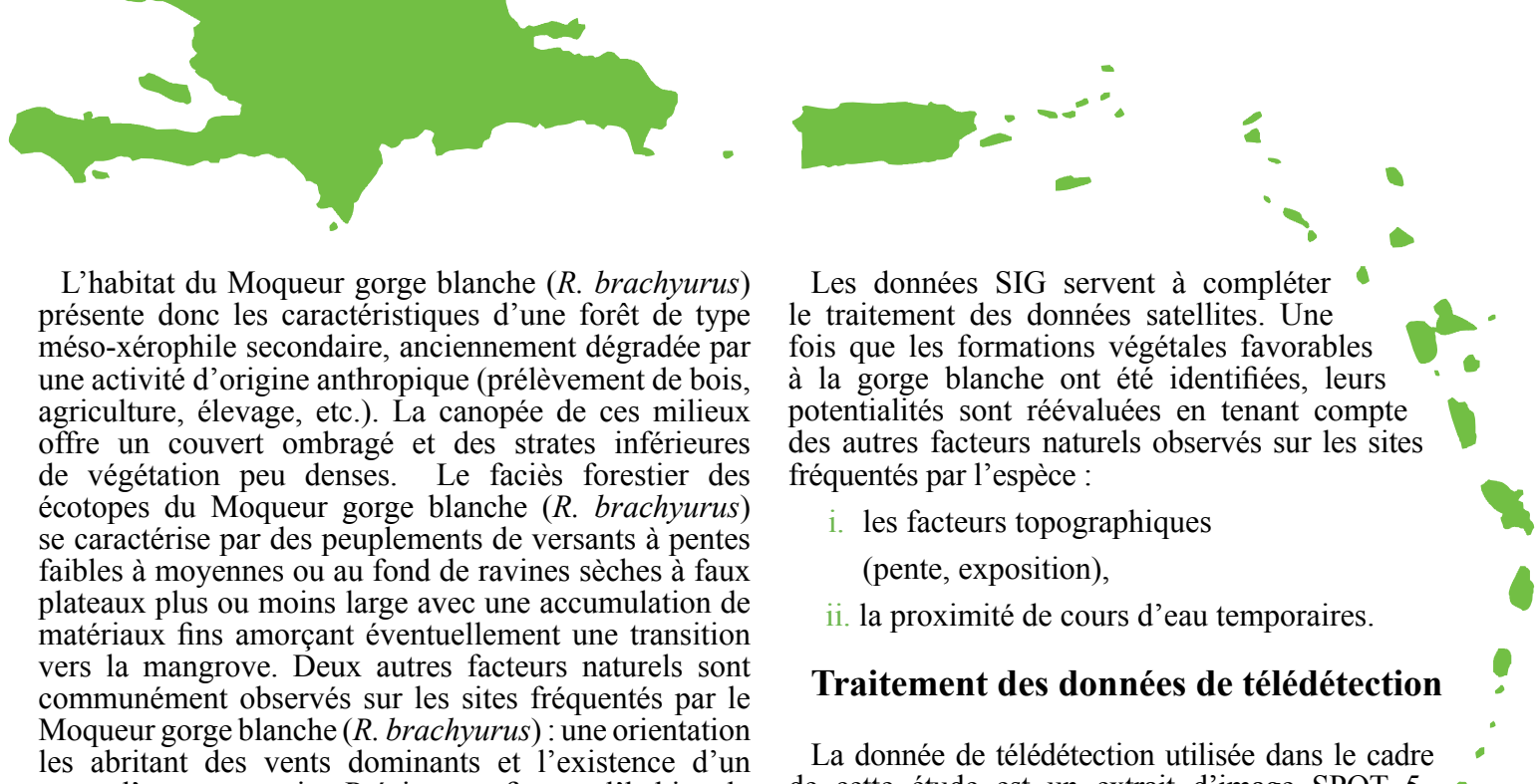
Le Moqueur gorge blanche (*R. brachyurus*) vit sur l'ensemble des espaces boisés de la RNC. Afin d'optimiser la connaissance de son habitat, nous avons choisi de différencier ses biotopes en fonction de deux des principales activités assurant la survie des populations : la préhension (ou gagnage) de nourriture et la nidification.

Les observations ornithologiques de terrain montrent que :

- i. le Moqueur gorge blanche (*R. brachyurus*) affectionne plus particulièrement les zones alluviales lors de sa préhension de nourriture. Situées en amont des zones d'arrière mangrove, les sols y sont plus profonds et sans nappe salée. En effet, l'occupation de sites par des populations de Moqueur gorge blanche (*R. brachyurus*) est hautement corrélée à la densité de faune litiéricole (Temple, 2005). L'humidité importante associée à la bonne qualité du sol favorise une importante faune litiéricole. Comme dans de nombreux cas, les facteurs abiotiques joueraient un rôle dans la dynamique comportementale du Moqueur gorge blanche (*R. brachyurus*) durant le gagnage. Par ailleurs, le milieu fréquenté par l'espèce doit permettre une bonne visibilité en prévention d'une éventuelle prédation et surtout pendant la nidification.
- ii. L'espace de nidification du Moqueur gorge blanche (*R. brachyurus*) dépendra principalement de l'unité écologique caractérisée par la présence d'espèces ligneuses de type gaulette : ce sont des arbustes allant de 1 cm à 7,5 cm de diamètre et d'une hauteur variant de 1 à 4 mètres. Les gaulettes sont dispersées dans l'ensemble des formations ligneuses de la RNC avec des densités variables en fonction de la succession végétale à laquelle appartient l'unité écologique. L'espèce aura tendance à sélectionner ces dernières comme support de nids : les myrtacées (*Eugenia cordata* ; *Myrcia citrifolia*) sont bien représentées dans cette classe. Le Moqueur gorge blanche (*R. brachyurus*) a une préférence pour celles dont le diamètre oscille autour de 3 cm et qui sont soumises à une forme d'isolement de tout ou partie de leur houppier par rapport à ceux des espèces voisines. En effet, l'enchevêtrement des branches peut favoriser l'accès aux nids et indirectement leur prédation. Le choix de nicher dans des ligneux de diamètre aussi faible peut s'expliquer par l'adoption d'une stratégie visant à mieux se prémunir de la prédation.







L'habitat du Moqueur gorge blanche (*R. brachyurus*) présente donc les caractéristiques d'une forêt de type méso-xérophile secondaire, anciennement dégradée par une activité d'origine anthropique (prélèvement de bois, agriculture, élevage, etc.). La canopée de ces milieux offre un couvert ombragé et des strates inférieures de végétation peu denses. Le faciès forestier des écotopes du Moqueur gorge blanche (*R. brachyurus*) se caractérise par des peuplements de versants à pentes faibles à moyennes ou au fond de ravines sèches à faux plateaux plus ou moins large avec une accumulation de matériaux fins amorçant éventuellement une transition vers la mangrove. Deux autres facteurs naturels sont communément observés sur les sites fréquentés par le Moqueur gorge blanche (*R. brachyurus*) : une orientation les abritant des vents dominants et l'existence d'un cours d'eau temporaire. Précisons enfin, que l'habitat du Moqueur gorge blanche (*R. brachyurus*) est fréquenté par cinq autres espèces d'oiseaux (*Coccyz minor* ; *Icterus bonana* ; *Turdus nudigenis* ; *Margarops fuscus* ; *Margarops fuscatus*) et par un mammifère (*Herpestes javanicus*). Des rats (*Rattus rattus*) ont aussi fait l'objet d'observations.

## Méthodologie

L'étude proposée est un préliminaire visant à dégager une méthode d'identification d'habitat avien à partir de données SIG et de télédétection. Des travaux plus anciens ont été entrepris dans ce domaine (Laffly, 1997) ; nous avons souhaité les améliorer en utilisant d'une part des jeux de données plus précis (SPOT 5, BD TOPO IGN), et d'autre part de nouveaux algorithmes de traitement plus performants. L'étude cartographique se concentre exclusivement sur les zones de gagnage du Moqueur gorge blanche (*R. brachyurus*). Les espaces de nidification n'ont pas été considérés.

Dans cette perspective, les données de télédétection ont été utilisées afin d'identifier les formations végétales favorables au gagnage de l'espèce. Nous avons vu dans la partie précédente qu'il s'agit de formations méso-xérophiles secondaires avec une canopée relativement resserrée présentant un sous-bois ombragé. Sur la presqu'île de la Caravelle, ces espaces s'opposent à des formations arbustives à herbacées plus ouvertes, correspondant à des systèmes xérophiles ou méso-xérophiles plus récemment dégradés. Les données de télédétection doivent donc permettre de discriminer ces deux ensembles grâce :

- i. aux différences d'activité chlorophyllienne qui les caractérisent,
- ii. à la réponse spectrale de l'arrière-plan sol dans le cas des formations végétales les plus ouvertes.

Les données SIG servent à compléter le traitement des données satellites. Une fois que les formations végétales favorables à la gorge blanche ont été identifiées, leurs potentialités sont réévaluées en tenant compte des autres facteurs naturels observés sur les sites fréquentés par l'espèce :

- i. les facteurs topographiques (pente, exposition),
- ii. la proximité de cours d'eau temporaires.

## Traitement des données de télédétection

La donnée de télédétection utilisée dans le cadre de cette étude est un extrait d'image SPOT 5 acquise le 14-11-2006, centré sur la presqu'île de la Caravelle. Notre choix s'est porté sur cette image en raison de la bonne qualité de son contraste et d'une couverture nuageuse quasi-nulle. La donnée SPOT 5 se caractérise par une résolution spatiale de 10x10m et une information spectrale répartie sur 4 canaux (MIR, PIR, Rouge et Vert). Le canal panchromatique (2.5x2.5m) n'a pas été utilisé en raison d'un trop grand coût de traitement et d'une information de texture limitée dans le cas de notre étude. Deux indices de végétation ont été calculés à partir des descripteurs spectraux : le NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) permettant de bien discriminer l'activité chlorophyllienne de la végétation en présence (Bannari *et al.*, 1995) et le NDWI (*Normalized Difference Water Index*) permettant de discriminer la végétation en eau (mangrove) des autres formations végétales (Gao, 1996).

Quatre canaux spectraux et deux indices de végétation, soit six bandes ont finalement servi de descripteurs à des algorithmes de classification supervisée dits non-paramétriques. Par opposition aux algorithmes paramétriques classiques, les algorithmes non-paramétriques ne reposent plus sur l'hypothèse d'une distribution gaussienne des données pour la séparation des classes. En fait, ils ne formulent aucune hypothèse sur la distribution des données et permettent d'obtenir des résultats assez satisfaisants.

Comme leur nom l'indique, les classificateurs supervisés nécessitent un apprentissage, c'est-à-dire que des parcelles d'entraînement doivent être sélectionnées afin de donner un modèle d'extrapolation à l'algorithme. Dix points d'observations du Moqueur gorge blanche (*R. brachyurus*) ont été relevés au GPS dans la RNC. Une zone tampon ou buffer de 50m (correspondant à la limite d'écoute) a été délimitée autour de chacun de ces points pour l'apprentissage de la classe de végétation favorable au gagnage du Moqueur. Les parcelles d'apprentissage des autres classes ont été sélectionnées par photo-interprétation. Les classes ont



été déterminées suivant les thématiques d'occupation des sols rencontrées sur la zone d'étude. Chacune de ces thématiques a été conservée afin d'éviter les confusions qu'aurait amenées un rassemblement en une seule classe.

**Tableau 1.** Classes retenues pour la classification

|                        |   |
|------------------------|---|
| 1. Bâti                | 7. Nuage  |
| 2. Sol nu              | 8. Ombre de nuage   |
| 3. Roches affleurantes | 9. Mangrove   |
| 4. Sable humide        | 10. Végétation ouverte  |
| 5. Mer                 | 11. Végétation potentielle à Moqueur gorge blanche ( <i>R. brachyurus</i> ) |
| 6. Mer peu profonde    |   |

Les 11 classes retenues apparaissent dans le tableau 1.

Deux algorithmes de classification ont été utilisés en raison de leur caractère automatique : un séparateur à vaste marge (SVM, Pal et Mather, 2005) et un réseau neuronal à trois couches (Bishop, 1995, Canty, 2009). Le séparateur à vaste marge repose sur une fonction noyau qui détermine la forme du séparateur de classe. La fonction est implémentée dans le logiciel ENVI et les 5 fonctions noyau ont été testées. Les autres paramètres ont été choisis par défaut. Le réseau neuronal repose sur le choix d'un nombre de neurones dans les couches cachées de l'algorithme. Plusieurs classifications ont été effectuées en utilisant n, 2n et 3n neurones dans chaque couche cachée avec n= nombre de classes en sortie. Au final, 8 classifications ont été effectuées :

**Tableau 2.** Classificateurs et paramètres

| SVM                                 | Neural Net                   |
|-------------------------------------|------------------------------|
| 5 fonctions noyaux :                | Nombres de neurones cachés : |
| ▶ Polynôme du 1 <sup>er</sup> degré | ▶ 11                         |
| ▶ Polynôme du 2 <sup>e</sup> degré  | ▶ 22                         |
| ▶ Polynôme du 3 <sup>e</sup> degré  | ▶ 33                         |
| ▶ Fonction sigmoïdale               |                              |
| ▶ Fonction radiale                  |                              |

Enfin, nous avons voulu tirer profit du résultat souvent proche de chacune de ces classifications, tout en s'affranchissant des possibles surestimations de certaines d'entre elles. Ainsi, chaque pixel de l'image a été noté en fonction du nombre de fois qu'il s'est vu attribuer la classe. Les notes s'échelonnent donc de 0 à 8. Seuls les pixels de l'image dont la note était supérieure à 6 (attribués dans plus

de 75 % des cas à la classe 11) ont été retenus comme zone de gagnage potentiel du Moqueur gorge blanche (*R. brachyurus*). L'image binaire obtenue distingue les zones de gagnage potentiel des autres zones.

## Apport des données SIG

Si le couvert végétal est un caractère restrictif pour déterminer les habitats potentiels du Moqueur gorge blanche (*R. brachyurus*), il n'est pas le seul paramètre à prendre en compte. Nous avons vu en effet qu'en plus d'une couverture végétale spécifique, les zones d'habitats recherchées se caractérisent par la présence d'une litière pour le moins homogène, comportant une biomasse d'invertébrés importante. Par ailleurs, l'exposition aux vents dominants intervient également comme facteur limitant de la présence du Moqueur gorge blanche (*R. brachyurus*). L'apport de données topographiques nous a permis de tenir compte de l'ensemble de ces facteurs.

La présence d'une litière homogène, plus ou moins épaisse a été directement associée aux zones d'alluvionnement. Deux critères ont été choisis pour mettre en évidence les bassins alluviaux : la proximité à un cours d'eau et l'inclinaison des pentes. La proximité du cours d'eau est un paramètre essentiel pour localiser les bassins alluviaux. De fait, une zone de 50 mètres a été retenue autour de chacun de ceux-ci comme zone maximale d'influence sur les habitats potentiels du Moqueur gorge blanche (*R. brachyurus*). Le choix de cette distance se justifie par la nécessité de retenir des bassins alluviaux qui ne soient pas trop ouverts, offrant ainsi une protection plus importante aux évènements climatiques. L'inclinaison des pentes apporte des indications complémentaires concernant la structure du bassin alluvial. Ce sont les faibles pentes, disposant d'une litière au sol plus importante, qui constitueront les zones les plus favorables au gagnage du Moqueur gorge blanche (*R. brachyurus*).

L'orientation des pentes permet de juger de l'exposition d'un bassin alluvial aux vents dominants. Les bassins les plus protégés des vents qui arrivent de l'Océan Atlantique sont ceux qui s'étirent sur un axe nord-sud, avec en conséquence des pentes orientées soit vers l'est, soit vers l'ouest.

Bien qu'une partie de la zone d'étude se constitue en réserve naturelle, la presqu'île de la Caravelle comporte également des espaces d'habitations, routes, chemins, etc. Toutefois, la proximité des zones de pression humaine n'a pas été prise en compte dans la mesure où les observations de terrain ne semblent pas montrer qu'elles influent sur les lieux de fréquentation de l'espèce.

Les données utilisées pour ces analyses SIG sont issues de la BD Topo de l'Institut Géographique National (IGN) produite en 2004. Le logiciel ArcGIS 9.3 a été utilisé pour les traitements. Les pentes et les expositions des versants sur la Presqu'île de la Caravelle ont été calculées à partir des données d'altitude issues du Modèle Numérique de Terrain

(MNT) de la Martinique. La couche hydrographique de la BD Topo a permis d'obtenir la distance aux cours d'eau. Les cartographies des différents critères ont été produites sous la forme de rasters à dix mètres de résolution de manière à les rendre superposables à la donnée satellite SPOT 5.

**Tableau 3.** Grille de notation des facteurs identifiés

| Notation | Distance aux cours d'eau | Inclinaison des pentes | Orientation des pentes        |
|----------|--------------------------|------------------------|-------------------------------|
| 0        | Plus de 50 m             | Plus de 30%            | Orientation Nord - Sud        |
| 1        | Entre 40 et 50 m         | Entre 24% et 30%       |                               |
| 2        | Entre 30 et 40 m         | Entre 18% et 24%       |                               |
| 3        | Entre 20 et 30 m         | Entre 12% et 18%       | Orientation SE - SO - NE - NO |
| 4        | Entre 10 et 20 m         | Entre 6% et 12%        |                               |
| 5        | Entre 0 et 10 m          | Moins de 6%            | Orientation Est - Ouest       |

Dans le but d'obtenir un indicateur unique pour mettre en évidence le caractère favorable d'un espace, il était nécessaire de normaliser les différents critères utilisés sur la même échelle de valeurs. Ainsi, l'inclinaison des pentes, leur orientation et la distance aux cours d'eau ont chacun été transposés sur un intervalle de 0 à 5 : 0 indiquant que le critère en question n'est pas favorable du tout à l'habitat du Moqueur gorge blanche (*R. brachyurus*), 5 signifiant au contraire des conditions très positives. Le détail de la transposition apparaît dans le tableau 3. Ainsi, trois notes de 0 à 5 ont été attribuées à chaque pixel de la matrice couvrant le territoire d'étude.

L'étape suivante a été l'agrégation des différents critères. Le même poids ayant été attribué à chacune des variables, les notes de chaque pixel ont été additionnées pour obtenir un indicateur final échelonné entre 0 et 15.

Une classification finale de cet indicateur permet l'identification de 3 types de zones :

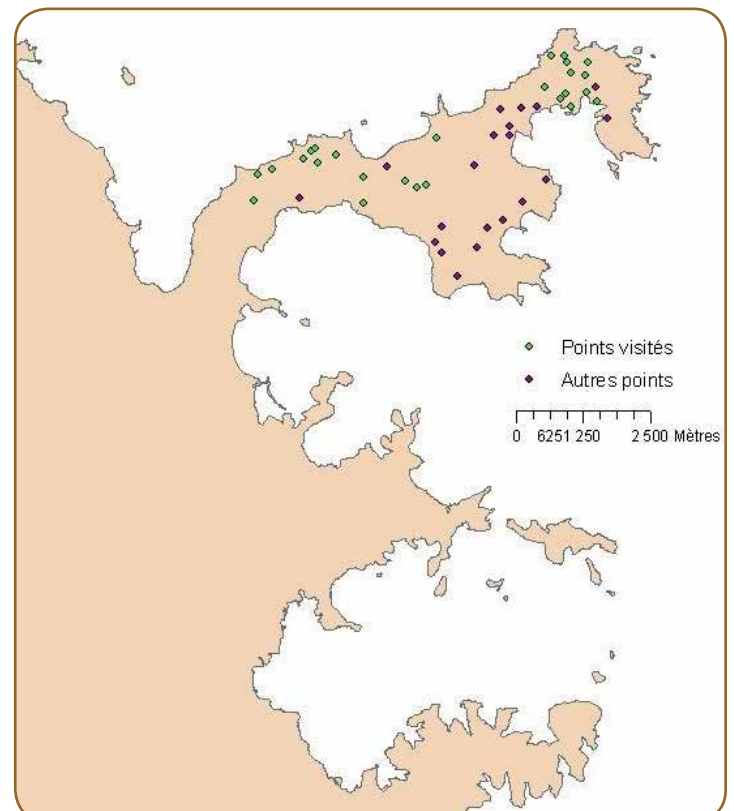
- ▶ les zones non favorables : cela correspond soit aux zones qui ne disposent pas de la végétation adéquate, et qui ont donc été définies comme zones d'exclusion pour l'analyse SIG (valeur de l'indicateur égale à 0), soit aux zones pour lesquelles chacun des critères topographiques prend une valeur nulle ;
- ▶ les zones moyennement favorables : ce sont des zones pour lesquelles le couvert végétal est bon, et qui réunissent une partie des conditions topographiques ou hydrographiques adéquates, sans pour autant présenter un profil idéal (valeur de l'indicateur inférieure à 7,5) ;
- ▶ les zones très favorables : tous les critères sont favorables au gainage du Moqueur gorge blanche (*R. brachyurus*) (valeur de l'indicateur supérieure à 7,5).

Ces résultats ont donné lieu à la réalisation d'une cartographie des habitats potentiels du Moqueur gorge blanche (*R. brachyurus*).

## Validation des résultats

Afin d'évaluer la précision de la cartographie obtenue, un ensemble de 15 points d'observation a été sélectionné dans chacune des trois zones identifiées, soit au total 45 points. La sélection s'est faite de la manière la plus aléatoire possible, et dans un souci de couverture de l'ensemble de l'espace étudié. Pour des raisons d'accessibilité, seulement 26 points ont pu faire l'objet d'une observation : 5 points en zone favorable, 9 points en zone moyennement favorable et 12 points en zone défavorable. Les points sélectionnés et visités apparaissent sur la **figure 2**.

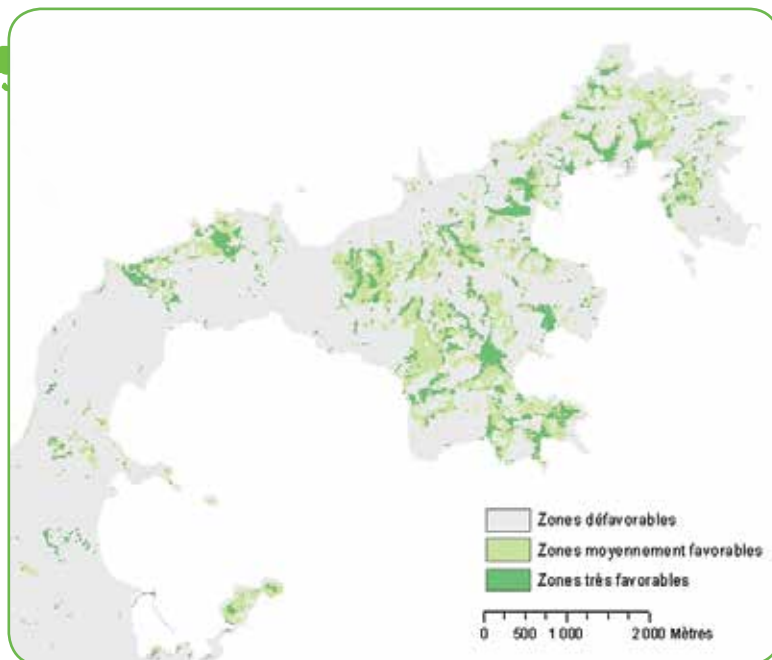
Au cours des observations de terrain, la potentialité de fréquentation du Moqueur gorge blanche (*R. brachyurus*) a été évaluée selon les mêmes critères que ceux utilisés pour la cartographie, et selon notre connaissance de la zone.



**Figure 2.** Points de validation terrain (CARIBSAT-IRD)

## Résultats

La figure 3 présente le résultat cartographique de l'étude. Sur l'ensemble de la presqu'île de la Caravelle, les zones moyennement favorables et très favorables au gainage du Moqueur gorge blanche (*R. brachyurus*) couvrent respectivement 16.4 % et 6 % de la superficie globale. Ainsi, au total, plus de 1/5 de l'espace de la caravelle serait susceptible d'accueillir le Moqueur.



**Figure 3.** Cartographie des espaces de gainage potentiel du Moqueur gorge blanche (CARIBSAT-IRD)

Les relevés de terrain permettent de commenter ces résultats de manière plus détaillée (**Tableau 4**). La précision globale de la matrice de confusion montre que 15/26 soit environ 57.7 % des observations de terrain sont correctement classées.

**Tableau 4.** Matrice de confusion de la classification obtenue

| Observation de terrain       | Zones très favorables | Zones moyennement favorables | Zones défavorables | Total des observations |
|------------------------------|-----------------------|------------------------------|--------------------|------------------------|
| Résultat cartographique      |                       |                              |                    |                        |
| Zones très favorables        | 3                     | 4                            | 1                  | 8                      |
| Zones moyennement favorables | 2                     | 4                            | 3                  | 9                      |
| Zone défavorables            | 0                     | 1                            | 8                  | 9                      |
| Total des observations       | 5                     | 9                            | 12                 | 26                     |

Le résultat d'ensemble est donc moyen, mais il peut être relativisé compte tenu du fait que sur les 11 observations mal classées, 6 d'entre elles expriment une confusion entre zones moyennement favorables et zones très favorables. Ces confusions s'expliquent facilement par le seuillage relatif des notations entre ces différentes zones d'une part, et par le

caractère subjectif de certaines observations de terrain d'autre part.

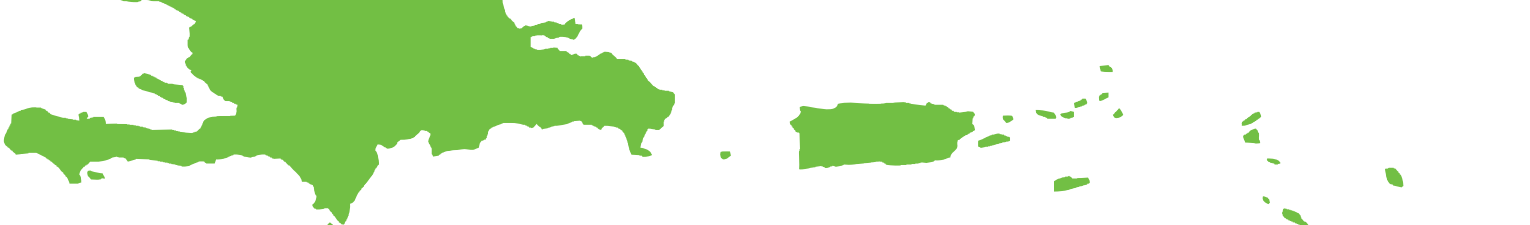
Les confusions les plus problématiques concernent l'erreur en colonne de la zone défavorable. Dans un seul cas, on observe une confusion entre une zone défavorable relevée sur le terrain et une zone très favorable estimée sur la carte (**figure 3**). Il s'agit là d'un cas très particulier de forêt marécageuse en zone de bas-fond. La formation végétale, la pente et l'exposition de la pente ont été évaluées de manière positive sans pouvoir tenir compte d'un substrat humide et marécageux. Les trois confusions entre zones moyennement favorables et zones défavorables s'expliquent par une sur-attribution des formations végétales favorables au Moqueur gorge blanche (*R. brachyurus*).

Finalement, l'analyse de la matrice de confusion nous permet d'affirmer que si la distinction entre zones moyennement favorables et zones très favorables est délicate, la méthode présente une assez bonne fiabilité pour distinguer les zones potentielles en général (moyenne et très favorable) des zones où le potentiel est nul (21/26 relevés bien classés soit plus de 80 % de précision). Dans ce cas, l'erreur exprime exclusivement une surestimation des zones d'habitats potentiels du Moqueur gorge blanche (*R. brachyurus*) (de 20 % environ).

## Discussion

L'étude présente un résultat cartographique relativement fiable pour l'identification des zones potentielles de gainage du Moqueur gorge blanche (*R. brachyurus*) sur la presqu'île de la Caravelle en Martinique. Si les zones d'habitats sont légèrement surestimées, les données de validation montrent que l'estimation de zone de potentiel défavorable est très fiable. L'étude permet donc de fournir, selon une méthode simple, rapide et moins coûteuse

qu'une enquête de terrain exhaustive, un document permettant de renseigner et d'accompagner la gestion, la valorisation et la protection de la biodiversité de l'avifaune. Il s'adresse directement aux gestionnaires des espaces naturels ou aux collectivités locales.



L'étude présentée reste un préliminaire. L'ensemble des points de validation sélectionnés doivent faire l'objet d'une visite de terrain de manière à rendre plus consistante l'analyse post-traitement. Par ailleurs, la méthode manque de fiabilité concernant la distinction des différentes potentialités d'habitat. Une technique plus robuste de seuillage des notations doit être envisagée, et un système d'observation de terrain doit être élaboré avec des paramètres plus nombreux et des critères de différenciation plus rigoureux.

Pour finir, plusieurs perspectives s'ouvrent à cette étude. Une méthode similaire pourrait être reproduite à Sainte-Lucie, de manière à obtenir un document exhaustif sur les zones d'habitats potentiels du Moqueur gorge blanche (*R. brachyurus*). Enfin, la prochaine acquisition de données LIDAR sur l'ensemble de la Martinique permettra d'envisager une modélisation 3D des formations végétales qui permettra de caractériser les zones d'habitats de manière plus fine (Clawges, 2008).

## Remerciements

Le recueil des données sur le Moqueur gorge blanche en Martinique a été en partie soutenu financièrement par la Commission européenne et le Ministère français de l'environnement, à travers le programme LIFE + de la CAP DOM, qui est coordonné au niveau national par la LPO / BirdLife France et localement à la Martinique par l'AOMA. Le traitement des données recueillies a été réalisé au sein du plateau technique du projet CARIBSAT coordonné par l'Institut de recherche pour le développement, dans le cadre du programme INTERREG IV Caraïbes qui est en partie soutenu financièrement par la Commission européenne.

## Références bibliographiques

BANNARI A., MORIN D., BONN F., HUETE A.R., 1995, A review of vegetation indices, *Remote Sensing Reviews*, Vol. 13, 95-120

BÉNITO-ESPINAL E., HAUTCASTEL P, 2003, *Les oiseaux des Antilles et leur nid*, PLB éditions, Abymes, 320 p.

BISHOP C.M., 1995, *Neural Network for Pattern recognition*, Oxford University Press, Oxford, 482 p.

CANTY M.J., 2009, "Boosting a fast neural network for supervised landcover classification", *Computers & Geosciences*, n°35, pp. 1280–1295

CLAWGES R., VIERLING K., VIERLING L., ROWELL E., 2008, The use of airborne lidar to assess avian species diversity, density, and occurrence in a pine/ aspen forest, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 112, pp.2064-2073

GAOB.C., 1996, "NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space". *Remote Sensing of Environment*, Vol. 58, pp. 257-268

LAFFLY D., 1997, Ecologie, télédétection et SIG : les écotopes du grand tetras dans le Haut-Jura, *Mappemonde*, n°", pp. 27-30

PAL M., MATHER P. M., 2005, Support vector machines for classification in remote sensing, *International Journal of Remote Sensing*, vol. 26, pp. 1007-1011

PINCHON R., 1976, *Faune des Antilles françaises : les oiseaux*, Fort-de-France, documentation de la Réserve du Père Pinchon, 326 p.

TEMPLE H.J., 2005, "Ecology, cooperative breeding and conservation of the White-breasted Thrasher (*Ramphocinclus brachyurus*)", *PhD.: ecology. University of Cambridge*, Cambridge, 201 p.



# Première étude des chauves-souris dans les goyaveraies de Martinique

Rémi PICARD, François CATZEFLIS

Les chauves-souris (Chiroptera) constituent une part remarquable de la biodiversité de la Martinique et sont les seuls mammifères autochtones toujours présents sur l'île. Ce taxon est représenté en Martinique par 11 espèces (*tableau 1*) présentant un haut niveau d'endémicité vis-à-vis de la faune chiroptérologique néotropicale. Ainsi, la Martinique abrite une espèce endémique : *Myotis martiniquensis* (Laval, 1973), trois espèces endémiques des Petites Antilles : *Monophyllus plethodon* (Miller, 1900), *Ardops nichollsi* (Thomas, 1891) et *Natalus stramineus* (Gray, 1838) ; et se voit reconnaître des sous-espèces pour plusieurs espèces à la répartition plus large.

aussi les fonctions écologiques de pollinisation et de dispersion des graines de certaines espèces végétales forestières.

La connaissance de cette faune en Martinique revêt un double enjeu, à la fois en terme de production agricole et en terme de conservation des espèces. Pourtant, les chauves-souris des Petites Antilles n'ont jamais fait l'objet de travaux scientifiques en milieu agricole. A partir de ce constat et afin de répondre aux préoccupations des producteurs de goyaves, la FREDON Martinique et le CNRS ont décidé d'initier un programme spécifique sur ce thème.

**Tableau 1.** Liste des espèces de chiroptères de Martinique

| Famille          | Nom scientifique               | Protection | Régime alimentaire | Consommateur potentiel de goyaves |
|------------------|--------------------------------|------------|--------------------|-----------------------------------|
| Noctilionidae    | <i>Noctilio leporinus</i>      | Oui        | Piscivore          | non                               |
| Phyllostomidae   | <i>Monophyllus plethodon</i>   | Oui        | Omnivore           | oui                               |
|                  | <i>Sturnira lilium</i>         | Oui        | Frugivore          | oui                               |
|                  | <i>Ardops nichollsi</i>        | Oui        | Frugivore          | oui                               |
|                  | <i>Brachyphylla cavernarum</i> | Oui        | Omnivore           | oui                               |
|                  | <i>Artibeus jamaicensis</i>    | Non        | Frugivore          | oui                               |
| Natalidae        | <i>Natalus stramineus</i>      | Non        | Insectivore        | non                               |
| Mormoopidae      | <i>Pteronotus davyi</i>        | Oui        | Insectivore        | non                               |
| Molossidae       | <i>Molossus molossus</i>       | Oui        | Insectivore        | non                               |
|                  | <i>Tadarida brasiliensis</i>   | Oui        | Insectivore        | non                               |
| Vespertilionidae | <i>Myotis martiniquensis</i>   | Non        | Insectivore        | non                               |

En 2009, une première mission d'étude a été organisée. Elle visait à recenser les différentes

espèces de chiroptères présentes dans les vergers de goyaviers (*Psidium guajava*, famille des Myrtacées), les quantifier et identifier celles réalisant des dégâts sur les récoltes. L'objectif secondaire était de rassembler un maximum

En plus de leur diversité taxonomique, les chauves-souris de Martinique présentent une diversité de régimes alimentaires déterminant la perception de ces espèces par la population et les agriculteurs. Ainsi, on discerne les espèces strictement insectivores des espèces frugivores localement appelées « rats-volants » et stigmatisées par les producteurs de goyaves. Cette différenciation dans la perception des espèces de chauve-souris peut-être retranscrite en termes agricoles en qualifiant certaines de ravageurs des cultures (celles consommant des fruits cultivés) et d'autres d'auxiliaires car consommant des insectes « nuisibles » à l'activité humaine (moustiques ou ennemis des cultures). Cette dichotomie présente à l'esprit des arboriculteurs ne peut-être acceptée telle quelle car les chauves-souris frugivores consomment également des arthropodes et assument

d'éléments sur la biologie et le comportement de ces animaux en vergers afin d'identifier d'éventuelles mesures de protection des récoltes.

## Déroulement de la mission

### Protocole de capture

Pour identifier les espèces de chiroptères fréquentant les goyaveraies, nous avons recouru à une campagne de captures au filet. A cet effet, une autorisation de capture des chauves-souris a été accordée par la Préfecture de la Martinique datée du 29 janvier 2009. Cette campagne de captures s'est déroulée du 13 février au 18 mars 2009 (autorisation préfectorale AP 09-00282). Elle s'est effectuée dans quatre localités qui avaient été auparavant



prospectées et présélectionnées, à savoir : un verger de goyaviers (principalement), d'environ 5 ha, situé à Peter Maillet sur la commune du Saint-Esprit ; un verger de goyaviers et d'agrumes, composé d'approximativement 1 ha de goyaviers, situé au quartier Reprise sur la commune de Rivière Salée ; un verger de goyaviers, de 3,8 ha situé dans le quartier de Petite Rivière sur la commune du Lamentin ; un verger de 23 ha de goyaviers, situé à Savane Mouliniers sur la commune du Morne-Rouge.

Le tableau ci-dessous présente brièvement ces 4 localités :

Les captures de chauves-souris ont eu lieu de 18h30 à

**Tableau 2.** Liste des localités échantillonnées

| Commune       | Quartier         | coord N     | coord O     | altitude |
|---------------|------------------|-------------|-------------|----------|
| Saint-Esprit  | Peter Maillet    | 14°33'633 N | 60°55'071 W | 46 m     |
| Rivière-Salée | Reprise          | 14°32'329 N | 60°56'638 W | 57 m     |
| Le Lamentin   | Petite Rivière   | 14°39'149 N | 60°57'968 W | 41 m     |
| Morne-Rouge   | Savane Moulinier | 14°47'437 N | 61°07'381 W | 397 m    |

22h30, et notre présence sur le terrain était généralement de 17h00 à 23h30. Lors d'une nuit de capture, entre 5 et 8 filets « japonais » de type standard (4 poches, longueur 12m, hauteur 2,5m, mailles en nylon de 16 mm) ont été tendus à différents niveaux du verger. Les chauves-souris prises dans les filets ont été récupérées individuellement, identifiées, pesées, mesurées et frottées par un coton imbibé d'huile de silicone pour récupérer le pollen pris dans leur pelage. Enfin, elles ont été placées individuellement durant 1 à 2 heures dans un sac de toile afin de récupérer leurs excréments avant d'être relâchées sur site.

Sur place, dans chaque verger, nous avons de jour examiné les goyaves individuellement et essayé de quantifier les pertes dues aux chauves-souris. Nous n'avons pas pu tirer de conclusion de ces observations car rapidement nous nous sommes aperçus que :

1) nous étions incapables de discriminer de façon certaine les dégâts faits par des chauves-souris, des oiseaux ou des rats noirs ; et il est possible, voire probable, que les mêmes fruits soient consommés successivement par différents vertébrés (oiseaux, chauves-souris, rats) lors de notre présence sur zone.

## Echantillonnages réalisés

Au vu des résultats acquis nuit après nuit, nous avons modifié le plan de travail par rapport à celui initialement prévu. En effet, la forte diminution du nombre de chauves-souris (*cliché 1*) entre la première nuit de capture et les suivantes nous a encouragé à espacer les périodes

de captures. Ainsi, nous avons décidé de retourner échantillonner deux vergers déjà visités une première fois (à Peter Maillet et à Reprise) après 9 et 28 jours pour Peter Maillet et après 25 jours pour Reprise.

Le planning a donc été le suivant :

- ▶ du 13 au 16 février : au Saint-Esprit
- ▶ du 17 au 20 février : à Rivière Salée
- ▶ du 21 au 24 février : au Lamentin
- ▶ du 25 au 27 février : au Saint-Esprit
- ▶ du 01 au 04 mars : au Morne Rouge
- ▶ du 15 au 16 mars : au Saint-Esprit
- ▶ du 17 au 18 mars : à Rivière Salée



**Cliché 1.** *Sturnira lilium*  
(R. Picard et F. Catzeflis.)

Afin d'obtenir une appréciation de la variabilité spatiale du peuplement de chauves-souris au sein d'une même localité comportant une grande surface en vergers de goyaviers, le plus grand verger (23 hectares) de goyaviers du Morne Rouge a été échantillonné en deux points distants d'env. 500m :

- ▶ d'abord en haut (altitude 397m), dans une partie du verger infestée par des nématodes (*Meloidogyne mayaguensis*), et donc parmi des arbres malades : feuilles grisâtres, peu de fruits en général ;
- ▶ puis en bas (altitude 352m), dans une partie plus saine du verger parmi des goyaviers sains : feuilles vertes, beaucoup de fruits dont de nombreux mûres.



## Résultats de captures

Après 23 nuits d'échantillonnage, pour un effort global de 6417 mètres de filet par heure, nous avons capturé dans les divers vergers de goyaviers 62 chauves-souris représentant 5 espèces, à savoir :

- ▶ 20 *Brachyphylla cavernarum* (« grande » espèce frugivore de poids env. 45 gr)
- ▶ 17 *Artibeus jamaicensis* (« grande » espèce frugivore de poids env. 45 gr)

- ▶ 13 *Monophyllus plethodon* (« petite » espèce nectarivore-insectivore de poids env. 16 gr)
- ▶ 10 *Sturnira lilium* (« petite » espèce frugivore de poids env. 22 gr)
- ▶ 1 *Pteronotus davyi* (« petite » espèce insectivore de poids env. 8 gr)

Tableau 3. Récapitulatif des captures par verger

| date       | localité         | TOTAL | Brachy | Sturni | Artibe | Monoph | Pteron |
|------------|------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 13-févr-09 | Saint-Esprit     | 15    | 15     |        |        |        |        |
| 14-févr-09 | Saint-Esprit     | 1     | 1      |        |        |        |        |
| 15-févr-09 | Saint-Esprit     | 0     |        |        |        |        |        |
| 16-févr-09 | Saint-Esprit     | 2     |        | 2      |        |        |        |
| 25-févr-09 | Saint-Esprit     | 2     | 1      |        | 1      |        |        |
| 26-févr-09 | Saint-Esprit     | 0     |        |        |        |        |        |
| 27-févr-09 | Saint-Esprit     | 2     | 1      |        |        |        | 1      |
| 15-mars-09 | Saint-Esprit     | 0     |        |        |        |        |        |
| 16-mars-09 | Saint-Esprit     | 0     |        |        |        |        |        |
| 17-févr-09 | Rivière Salée    | 1     |        |        | 1      |        |        |
| 18-févr-09 | Rivière Salée    | 9     |        | 3      | 6      |        |        |
| 19-févr-09 | Rivière Salée    | 0     |        |        |        |        |        |
| 20-févr-09 | Rivière Salée    | 1     |        |        | 1      |        |        |
| 17-mars-09 | Rivière Salée    | 0     |        |        |        |        |        |
| 18-mars-09 | Rivière Salée    | 1     |        |        |        | 1      |        |
| 21-févr-09 | Le Lamentin      | 8     |        | 2      | 3      | 3      |        |
| 22-févr-09 | Le Lamentin      | 3     |        | 1      | 2      |        |        |
| 23-févr-09 | Le Lamentin      | 2     |        |        | 2      |        |        |
| 24-févr-09 | Le Lamentin      | 3     | 1      |        | 1      | 1      |        |
| 01-mars-09 | Morne Rouge haut | 2     |        | 1      |        | 1      |        |
| 02-mars-09 | Morne Rouge haut | 3     | 1      | 1      |        | 1      |        |
| 03-mars-09 | Morne Rouge bas  | 6     |        |        |        | 6      |        |
| 04-mars-09 | Morne Rouge bas  | 1     |        |        | 1      |        |        |

Le Tableau ci-dessous reprend ces résultats, date par date, et pour chaque verger.

Abbréviations : Brachy = *Brachyphylla cavernarum* ; Sturni = *Sturnira lilium* ;

Artibe = *Artibeus jamaicensis* ; Monoph = *Monophyllus plethodon* ; Pteron = *Pteronotus davyi*



## Collectes de graines dans les excréments

La collecte des excréments avait pour objectif de prouver la consommation de goyave par les individus capturés et retenus en sac. Cette collecte a également permis de recueillir des graines d'autres fruits consommés et donc dispersés par ces chauves-souris. Les 15 chauves-souris frugivores capturées dans des vergers de goyaviers et ayant déféqué des graines ont été 4 *Artibeus jamaicensis*, 4 *Brachyphylla cavernarum* et 7 *Sturnira lilium*.

Grâce à l'expertise du Dr. T. Lobova (New York Botanical Garden) et de Madame S. Jouard (MNHN, Paris), nous avons pu identifier les graines récoltées auprès des chauves-souris capturées dans les vergers de goyaviers à Saint-Esprit, Rivière-Salée, Le Lamentin et Morne-Rouge (*cliché 2*, *cliché 3*). Les espèces végétales suivantes ont été déterminées grâce aux graines récoltées :

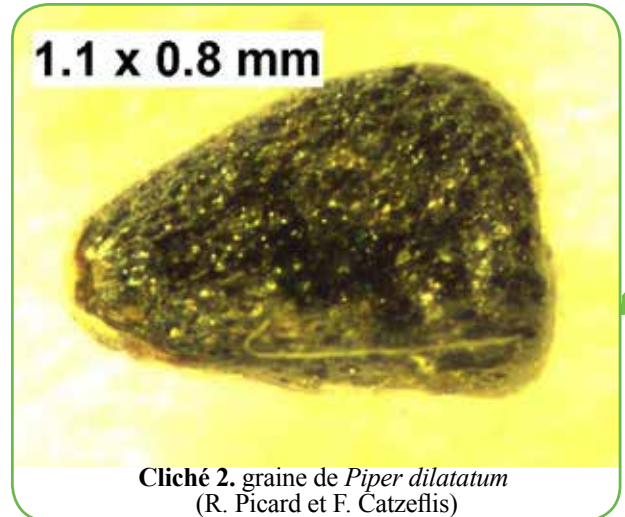
- ▶ *Cecropia schreberiana* (Moracées) : bois-canon
- ▶ *Ficus insipida* (Moracées) : figuier-maudit ou figuier agouti
- ▶ *Ficus* spp. (*americana*, *citrifolia*, *trigonata*) (Moracées) : figuier indéterminé
- ▶ *Piper aduncum* (Pipéracées) : malimbé ou queue-à-rat ou bois-bougie
- ▶ *Piper dilatatum* (Pipéracées) : malimbé ou queue-à-rat ou bois-bougie
- ▶ *Piper hispidum* (Pipéracées) : malimbé ou queue-à-rat ou bois-bougie
- ▶ *Psidium guajava* (Myrtacées) : goyavier
- ▶ *Solanum torvum* (Solanacées) : mélongène-diable.

Le tableau suivant résume les données recueillies :

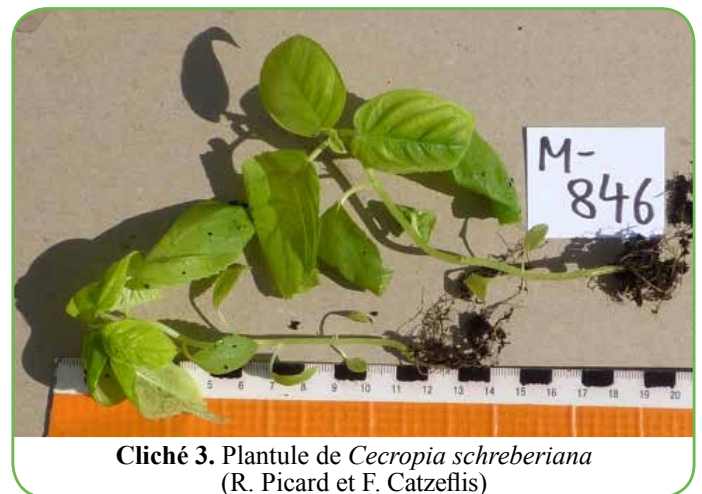
**Tableau 4.** Liste des graines collectées

| N°    | graines                      | chauve-souris                  | localité      |
|-------|------------------------------|--------------------------------|---------------|
| M-826 | <i>Cecropia schreberiana</i> | <i>Brachyphylla cavernarum</i> | Saint-Esprit  |
| M-827 | <i>Cecropia schreberiana</i> | <i>Brachyphylla cavernarum</i> | Saint-Esprit  |
| M-829 | <i>Ficus</i> spp.            | <i>Brachyphylla cavernarum</i> | Saint-Esprit  |
| M-834 | <i>Solanum torvum</i>        | <i>Sturnira lilium</i>         | Saint-Esprit  |
| M-837 | <i>Piper dilatatum</i>       | <i>Sturnira lilium</i>         | Rivière Salée |
| M-838 | <i>Psidium guajava</i>       | <i>Sturnira lilium</i>         | Rivière Salée |
| M-841 | <i>Cecropia schreberiana</i> | <i>Sturnira lilium</i>         | Rivière Salée |
| M-843 | <i>Piper dilatatum</i>       | <i>Artibeus jamaicensis</i>    | Rivière Salée |
| M-846 | <i>Cecropia schreberiana</i> | <i>Artibeus jamaicensis</i>    | Le Lamentin   |
| M-848 | <i>Piper aduncum</i>         | <i>Sturnira lilium</i>         | Le Lamentin   |
| M-854 | <i>Cecropia schreberiana</i> | <i>Artibeus jamaicensis</i>    | Le Lamentin   |
| M-866 | <i>Piper hispidum</i>        | <i>Sturnira lilium</i>         | Morne-Rouge   |
| M-869 | <i>Cecropia schreberiana</i> | <i>Sturnira lilium</i>         | Morne-Rouge   |
| M-870 | <i>Cecropia schreberiana</i> | <i>Brachyphylla cavernarum</i> | Morne-Rouge   |
| M-878 | <i>Ficus insipida</i>        | <i>Artibeus jamaicensis</i>    | Morne-Rouge   |

Grâce à l'expertise de Mme Sylvie Jouard, plusieurs graines mises en germination ont donné une plantule, dont les feuilles et la tige ont été conservés en atmosphère sèche (silicagel) pour d'éventuelles futures études d'identification et de systématique moléculaire.



**Cliché 2.** graine de *Piper dilatatum*  
(R. Picard et F. Catzefflis)

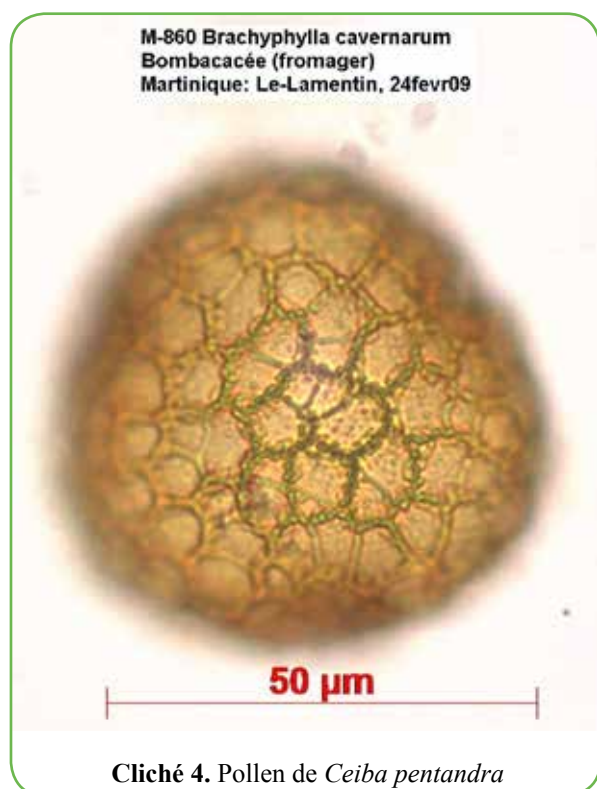


**Cliché 3.** Plantule de *Cecropia schreberiana*  
(R. Picard et F. Catzefflis)

## Collectes de pollens

Les 62 chauves-souris capturées lors de la campagne de piégeage ont été frottées avec un coton imbibé d'huile de silicone afin de récupérer le pollen pris dans leur pelage. 30 échantillons se sont avérés contenir du pollen (*cliché 4*). A ce jour, 12 échantillons ont été traités au Laboratoire de Palynologie de l'ISEM avec les résultats suivants :

- ▶ 3 échantillons se sont avérés stériles,
- ▶ 8 échantillons contenaient des pollens de fromager (*Ceiba pentandra*, famille des Bombacacées), parfois en très grand nombre colorant le pelage de l'animal et le coton de prélèvement en jaune,
- ▶ 1 échantillon contenait 2 pollens de *Drimys* sp. une Winteracée probablement ornementale.



Cliché 4. Pollen de *Ceiba pentandra*

## Discussions

Les chauves-souris ne fréquentent pas abondamment les vergers de goyaviers, tout au moins durant la période d'étude. Le rendement de captures (total des captures divisé par l'effort) a été de 1% ( $62/6417=0.97\%$ ).

En comparaison avec deux autres localités où de pareils échantillonnages ont été effectués, mais dans des milieux très différents (Beauséjour : jardins et parc d'une habitation ; Plateau Boucher : prairie humide en clairière de la forêt d'altitude), les rendements de capture dans les goyaviers sont très faibles, voir tableau ci-dessous.

En ne considérant que la première session de 4 nuits consécutives, on s'aperçoit que l'effectif des chauves-

Tableau 5. Comparaisons de rendement de captures au filet

| Année | Localité             | Période         | Effort | Captures | Rendement |
|-------|----------------------|-----------------|--------|----------|-----------|
| 2008  | Beauséjour           | 16 à 23 fév     | 800    | 51       | 6,4       |
| 2007  | Beauséjour           | 18 à 27 mar     | 920    | 91       | 9,9       |
| 2008  | Plateau Boucher      | 11 à 14 fév     | 235    | 25       | 10,6      |
| 2006  | Plateau Boucher      | 01 à 10 avr     | 160    | 36       | 22,5      |
| 2009  | Vergers de goyaviers | 13 fév à 18 mar | 6417   | 62       | 1,0       |

souris capturées par localité est toujours faible mais assez semblable : 11 individus à Rivière-Salée, 12 au Morne Rouge, 16 au Lamentin, et 18 à Saint-Esprit.

Lors des discussions préparatives à ce projet, nous avons acquis le sentiment, d'après les témoignages de certains arboriculteurs que « ces vergers de goyaviers seraient fréquentés par de nombreuses chauves-souris frugivores venant s'alimenter sur les fruits mûrs ». Or, cela n'a pas été le cas, sauf à une seule occasion (15 *Brachyphylla cavernarum* le 13 février 09 dans le verger de Saint Esprit). Relevons ici que nous ignorons si, en 2009, la population martiniquaise des *Artibeus* et/ou des *Brachyphylla* est toujours aussi abondante que ce qu'elle était avant l'ouragan Dean (17 et 18 août 2007). Genoways *et al.* (2007) rappellent que les travaux de Pedersen *et al.* (1996) et de Pedersen (2001) montrent que l'abondance des chauves-souris frugivores sur l'île de Montserrat a diminué de 60 à 80% après les forts ouragans de cette époque. De même, Larsen *et al.* (2006) évoquent la possibilité – pour Saint-Barthélemy – que le très petit nombre d'*Artibeus jamaicensis* (grande chauve-souris frugivore) qu'ils ont observés en mai 2004 puisse être la conséquence d'une série d'ouragans dévastateurs entre 1990 et 2004. En 2004, Issartel & Leblanc (2004) avaient dénombré en Martinique les effectifs de *Brachyphylla cavernarum* dans 12 gîtes, et



comptabilisé un minimum de 140000 individus. Il serait intéressant de visiter à nouveau ces 12 gîtes pour estimer les effectifs de ceux-ci en 2009.

Il faut relever l'observation que, dans chacun des trois « petits » vergers (Saint-Esprit, Rivière Salée et Le Lamentin) où nous avons effectué une première série de 4 nuits consécutives d'échantillonnages, la distribution temporelle des captures est très hétérogène. En effet, il existe une nuit (parmi les 4) qui rassemble la moitié des captures, et ceci est particulièrement frappant pour Saint-Esprit (15 individus le 13 février et 3 individus pour les 3 autres dates) et Rivière Salée (9 individus le 18 février, et 2 individus pour les 3 autres dates). Nous ne pouvons pas appliquer cette observation au « grand » verger de Morne Rouge, comme les 2 emplacements de capture au sein de ce verger différaient quant à l'abondance des fruits mûres de goyaves.

Au vu des résultats acquis à Peter Maillet (Saint-Esprit) du 13 au 16 février, nous avons émis l'hypothèse que les chauves-souris frugivores (ici : *Brachyphylla cavernarum*) pourraient être sensibles au dérangement occasionné par les captures au filet, et donc abandonner ensuite le verger. En effet, la première nuit (13 février) nous avons observé de nombreuses grosses chauves-souris (*Brachyphylla* et/ou *Artibeus*) parmi les goyaviers où nos filets ont permis la capture de 15 individus de l'espèce *Brachyphylla cavernarum* (Tableau ci-dessus). Nous n'avons plus capturé de tels effectifs de *Brachyphylla* lors des deux sessions ultérieures (25 à 27 février ; 15 & 16 mars), malgré le fait que l'abondance des goyaves mûres (84 fruits mûrs sur 119 arbres) semblait toujours aussi élevée (voir tableau 6 ci-dessous).

**Tableau 6.** Nombre de goyaviers (« arbres ») en fonction du nombre de goyaves mûres (« fruits mûrs ») sur l'arbre (échantillon de 119 arbres) dans le verger de Peter Maillet le 16 mars 09.

| fruits mûrs | arbres |
|-------------|--------|
| 0           | 77     |
| 1           | 20     |
| 2           | 10     |
| 3           | 7      |
| 4           | 3      |
| 5           | 1      |
| 6           | 1      |

Néanmoins, il semblerait que la prédation de goyaves par les grandes espèces frugivores du verger de Peter Maillet ait repris assez rapidement après la fin de notre dernière session de capture (le 16 mars), puisque le 6 avril, alors que la récolte de fruits était en cours, nous avons pu observer des traces indéniables du passage récent de chauves-souris. Il s'agissait, outre l'observation de fruits récemment consommés et de crottes de chauves-souris fraîches et roses (la couleur de la chair de goyave) tombées à même le sol.

A l'appui de notre hypothèse (les chauves-souris frugivores quitteraient un verger de goyaviers après un dérangement tel la capture au filet) figure le fait que nous n'avons repris qu'un seul animal au cours de notre mission : un *Artibeus jamaicensis* capturé à Petite Rivière le 21 février et repris le 22 février dans ce même verger.

Par ailleurs, nos résultats mettent en évidence que les grandes chauves-souris frugivores ne fréquentent pas continuellement et en effectifs élevés, tous les vergers de goyaviers contenant des fruits mûrs. En effet, il n'y a eu aucune *Brachyphylla cavernarum* capturée ni à Rivière-Salée ni dans la partie basse du verger de Morne-Rouge ; et une seule *Brachyphylla* a été capturée au Lamentin. Par contre, l'autre « grande » chauve-souris frugivore (*Artibeus jamaicensis*) a été régulièrement capturée dans les vergers de goyaviers de Rivière Salée (8 individus) et du Lamentin (8 ind.), mais nous ne pouvons à ce jour apporter de preuve formelle de sa consommation de goyaves. Enfin, concernant la « petite » espèce frugivore *Sturnira lilium*, nous pouvons affirmer qu'elle se nourrit de goyaves mûres car nous avons retrouvé des graines de goyave dans ses excréments.

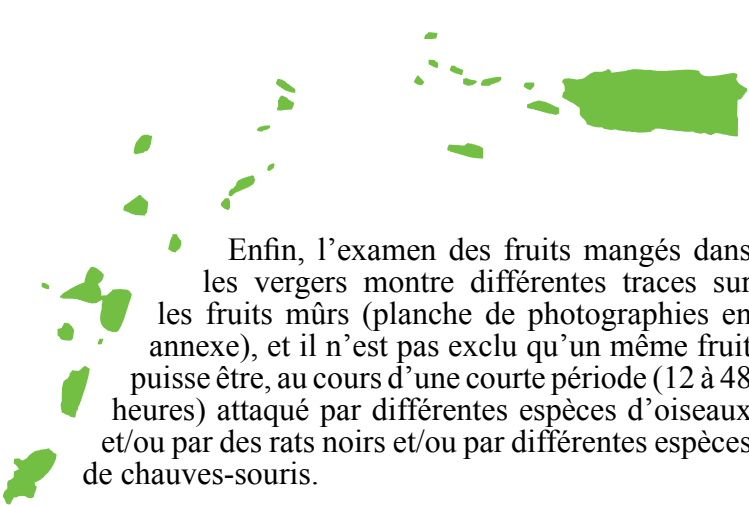
## Réflexions et rétrospectives

En fait, la question initiale que nous aurions dû poser, en ce qui concerne la prédation sur les goyaves mûres, aurait dû être : « Quels sont les différents vertébrés prédateurs des goyaves, et quelle est leur responsabilité relative ? ».

Nous avons observé de jour de nombreux oiseaux dans les goyaviers et une précédente étude de la FREDON (Cauchard, 2008) a mis en évidence entre 14 et 20 espèces d'oiseaux dans le verger de goyaviers de Saint-Esprit. Certes, toutes ces espèces ne sont pas frugivores et nous ne savons pas encore quelles espèces consomment des goyaves mûres, ni quels sont leurs effectifs dans ce verger.

Nous avons observé de nuit des rats noirs (*Rattus rattus*) en activité en bordure immédiate des goyaviers dans les vergers de Saint-Esprit et de Rivière-Salée, et il est connu que certaines populations de rats noirs sont arboricoles et frugivores (Delgado-Garcia, 2000).





Enfin, l'examen des fruits mangés dans les vergers montre différentes traces sur les fruits mûrs (planche de photographies en annexe), et il n'est pas exclu qu'un même fruit puisse être, au cours d'une courte période (12 à 48 heures) attaqué par différentes espèces d'oiseaux et/ou par des rats noirs et/ou par différentes espèces de chauves-souris.

Peut-être faudrait-il conduire des réflexions sur les meilleurs moyens à mettre en oeuvre pour répondre à la question « Quels sont les différents vertébrés prédateurs des goyaves, et quelle sont leurs responsabilités relatives ? ». Il faudrait combiner des séances d'observations simples mais répétées (diurnes pour les oiseaux : avec télescope ; nocturnes pour les chauves-souris : avec projecteur-torche) avec des séances de captures (rattières dans les arbres pour les rats noirs ; filets de jour et de nuit pour les oiseaux et les chauves-souris). La récolte systématique des crottes des oiseaux frugivores et des chauves-souris frugivores-omnivores devrait permettre de quantifier la fréquence voire l'abondance des prélèvements par ces animaux sur les goyaves mûres. L'examen des contenus stomacaux des rats noirs capturés dans les vergers devrait aussi être réalisé.

En ce qui concerne les chiroptères, il s'avère nécessaire de répéter les échantillonnages effectués en 2009 afin de savoir si la situation décrite cette année est typique de cette époque en rapport avec la maturité générale des fruits.

Par ailleurs, une collaboration étroite entre quelques arboriculteurs volontaires et des investigateurs scientifiques (personnels de la FREDON) serait souhaitable, afin que l'arboriculteur prévienne dès qu'il remarque des chauves-souris abondantes dans son verger. Ensuite, il faudrait que durant plusieurs jours ou semaines, des observations nocturnes (de 19h00 à 21h00, par exemple) soient effectuées dans le verger pour avoir une estimation des effectifs en « grandes » chauves-souris frugivores et de la durée pendant laquelle ces chauves-souris fréquentent le verger.

Enfin, l'hypothèse comme quoi des dérangements tels les captures au filet feraient « fuir » les *Brachyphylla* et/ou les *Artibeus* durant une certain temps devrait être testée en retrouvant une situation comparable à celle du 13 février dans le verger de Peter Maillet au Saint-Esprit.



## Bibliographie

CAUCHARD S., 2008, *Mise en place d'une méthode de suivi des populations aviaires dans les vergers Martiniquais*. Rapport de Master (51 p.). Université de Rennes, France.

DELGADO Garcia J. D., 2000, Selection and treatment of fleshy fruits by the Ship Rat (*Rattus rattus* L.) in the Canarian laurel forest. *Mammalia* 64:11-18.

GENOWAYS H. H., PEDERSEN S. C., LARSEN P. A., KWIECINSKI G. G., HUEBSCHMAN J., 2007, Bats of Saint Martin, French West Indies / Sint Maarten, Netherlands Antilles. *Mastozoologia Neotropical* 14:169-188.

ISSARTEL G., LEBLANC F., 2004, Contribution à l'inventaire des Chiroptères de Martinique. Pp. 1 – 67 ; Rapport de Mission (DIREN-972 et Societe Francaise Pour Etude Protection Mammifères).

LARSEN P. A., GENOWAYS H. H., PEDERSEN S. C., 2006, New records of bats from Saint-Barthélemy, French West Indies. *Mammalia* 70:321-325.

LOBOVA T. A., GEISELMAN C. K., MORI S. A., 2009, *Seed dispersal by bats in the neotropics*, New York, *Memoirs of The New York Botanical Garden*, vol. 101, pages 1-475

PEDERSEN S. C., 2001, The impact of volcanic eruptions on the bat populations of Montserrat, BWI. *American Zoologist* 40:1167A.

PEDERSEN S. C., GENOWAYS H. H., FREEMAN P. W., 1996. Notes on the bats from Montserrat (Lesser Antilles), with comments concerning the effects of Hurricane Hugo. *Caribbean Journal of Science* 32:206-213. ANNEXE-1



## ANNEXE-1

Liste des 62 chauves-souris capturées dans les vergers de goyaviers

| Num   | espèce                         | sexe | date       | localité      | AB   | poids |
|-------|--------------------------------|------|------------|---------------|------|-------|
| M-817 | <i>Brachyphylla cavernarum</i> | m    | 13-févr-09 | Saint-Esprit  | 65,0 | 43,0  |
| M-818 | <i>Brachyphylla cavernarum</i> | f    | 13-févr-09 | Saint-Esprit  | 67,0 | 36,0  |
| M-819 | <i>Brachyphylla cavernarum</i> | m    | 13-févr-09 | Saint-Esprit  | 66,0 | 52,0  |
| M-820 | <i>Brachyphylla cavernarum</i> | m    | 13-févr-09 | Saint-Esprit  | 68,0 | 44,0  |
| M-821 | <i>Brachyphylla cavernarum</i> | f    | 13-févr-09 | Saint-Esprit  | 68,0 | 49,0  |
| M-822 | <i>Brachyphylla cavernarum</i> | m    | 13-févr-09 | Saint-Esprit  | 65,0 | 44,0  |
| M-823 | <i>Brachyphylla cavernarum</i> | m    | 13-févr-09 | Saint-Esprit  | 64,0 | 39,0  |
| M-824 | <i>Brachyphylla cavernarum</i> | m    | 13-févr-09 | Saint-Esprit  | 67,5 | 44,0  |
| M-825 | <i>Brachyphylla cavernarum</i> | m    | 13-févr-09 | Saint-Esprit  | 62,0 | 43,0  |
| M-826 | <i>Brachyphylla cavernarum</i> | f    | 13-févr-09 | Saint-Esprit  | 67,5 | 48,0  |
| M-827 | <i>Brachyphylla cavernarum</i> | f    | 13-févr-09 | Saint-Esprit  | 65,5 | 49,0  |
| M-828 | <i>Brachyphylla cavernarum</i> | m    | 13-févr-09 | Saint-Esprit  | 62,0 | 43,0  |
| M-829 | <i>Brachyphylla cavernarum</i> | m    | 13-févr-09 | Saint-Esprit  | 66,5 | 45,0  |
| M-830 | <i>Brachyphylla cavernarum</i> | m    | 13-févr-09 | Saint-Esprit  | 68,0 | 45,0  |
| M-831 | <i>Brachyphylla cavernarum</i> | m    | 13-févr-09 | Saint-Esprit  | 67,5 | 44,0  |
| M-832 | <i>Brachyphylla cavernarum</i> | m    | 14-févr-09 | Saint-Esprit  | 65,0 | 42,5  |
| M-833 | <i>Sturmira liliium</i>        | f    | 16-févr-09 | Saint-Esprit  | 43,5 | 24,0  |
| M-834 | <i>Sturmira liliium</i>        | f    | 16-févr-09 | Saint-Esprit  | 43,0 | 20,5  |
| M-835 | <i>Artibeus jamaicensis</i>    | m    | 17-févr-09 | Rivière Salée | 62,0 | 37,0  |
| M-836 | <i>Artibeus jamaicensis</i>    | f    | 18-févr-09 | Rivière Salée | 63,5 | 51,0  |
| M-837 | <i>Sturmira liliium</i>        | f    | 18-févr-09 | Rivière Salée | 43,5 | 20,0  |
| M-838 | <i>Sturmira liliium</i>        | f    | 18-févr-09 | Rivière Salée | 42,5 | 21,0  |
| M-839 | <i>Artibeus jamaicensis</i>    | f    | 18-févr-09 | Rivière Salée | 61,0 | 45,0  |
| M-840 | <i>Artibeus jamaicensis</i>    | m    | 18-févr-09 | Rivière Salée | 62,0 | 42,0  |
| M-841 | <i>Sturmira liliium</i>        | f    | 18-févr-09 | Rivière Salée | 43,0 | 20,0  |
| M-842 | <i>Artibeus jamaicensis</i>    | m    | 18-févr-09 | Rivière Salée | 61,5 | 44,5  |
| M-843 | <i>Artibeus jamaicensis</i>    | m    | 18-févr-09 | Rivière Salée | 63,5 | 44,5  |
| M-844 | <i>Artibeus jamaicensis</i>    | f    | 18-févr-09 | Rivière Salée | 61,5 | (58)  |
| M-845 | <i>Artibeus jamaicensis</i>    | f    | 20-févr-09 | Rivière Salée | 61,5 | (51)  |
| M-846 | <i>Artibeus jamaicensis</i>    | f    | 21-févr-09 | Le Lamentin   | 62,0 | 43,0  |
| M-847 | <i>Artibeus jamaicensis</i>    | m    | 21-févr-09 | Le Lamentin   | 61,0 | 49,0  |



ANNEXE-1 (suite)

| Num    | espèce                         | sexe | date       | localité      | AB   | poids  |
|--------|--------------------------------|------|------------|---------------|------|--------|
| M-848  | <i>Sturnira lilium</i>         | m    | 21-févr-09 | Le Lamentin   | 43,0 | 23,0   |
| M-849  | <i>Sturnira lilium</i>         | m    | 21-févr-09 | Le Lamentin   | 44,0 | 20,5   |
| M-850  | <i>Monophyllus plethodon</i>   | m    | 21-févr-09 | Le Lamentin   | 40,5 | 16,5   |
| M-851  | <i>Monophyllus plethodon</i>   | f    | 21-févr-09 | Le Lamentin   | 41,5 | 15,0   |
| M-852  | <i>Monophyllus plethodon</i>   | f    | 21-févr-09 | Le Lamentin   | 42,5 | 15,5   |
| M-853  | <i>Artibeus jamaicensis</i>    | m    | 21-févr-09 | Le Lamentin   | 61,5 | 44,0   |
| M-854  | <i>Artibeus jamaicensis</i>    | f    | 22-févr-09 | Le Lamentin   | 61,5 | (53)   |
| M-855  | <i>Sturnira lilium</i>         | f    | 22-févr-09 | Le Lamentin   | 42,5 | 22,5   |
| M-856  | <i>Artibeus jamaicensis</i>    | m    | 22-févr-09 | Le Lamentin   | 59,5 | 43,0   |
| M-857  | <i>Artibeus jamaicensis</i>    | m    | 23-févr-09 | Le Lamentin   | 58,0 | 42,0   |
| M-858  | <i>Artibeus jamaicensis</i>    | f    | 23-févr-09 | Le Lamentin   | 61,5 | 46,0   |
| M-860  | <i>Brachyphylla cavernarum</i> | f    | 24-févr-09 | Le Lamentin   | 61,0 | 44,0   |
| M-861  | <i>Monophyllus plethodon</i>   | m    | 24-févr-09 | Le Lamentin   | 41,5 | 16,0   |
| M-862  | <i>Artibeus jamaicensis</i>    | f    | 24-févr-09 | Le Lamentin   | 58,5 | (52)   |
| M-863  | <i>Brachyphylla cavernarum</i> | f    | 25-févr-09 | Saint-Esprit  | 66,0 | 45,0   |
| M-864  | <i>Artibeus jamaicensis</i>    | f    | 25-févr-09 | Saint-Esprit  | 59,5 | 54,0   |
| M-865  | <i>Brachyphylla cavernarum</i> | m    | 27-févr-09 | Saint-Esprit  | 66,5 | 46,5   |
| M-866  | <i>Sturnira lilium</i>         | f    | 01-mars-09 | Morne Rouge   | 44,0 | 21,0   |
| M-867  | <i>Monophyllus plethodon</i>   | m    | 01-mars-09 | Morne Rouge   | 42,0 | 17,0   |
| M-869  | <i>Sturnira lilium</i>         | m    | 02-mars-09 | Morne Rouge   | 43,5 | 25,0   |
| M-870  | <i>Brachyphylla cavernarum</i> | m    | 02-mars-09 | Morne Rouge   | 63,0 | 47,0   |
| M-871  | <i>Monophyllus plethodon</i>   | m    | 02-mars-09 | Morne Rouge   | 42,0 | 16,0   |
| M-872  | <i>Monophyllus plethodon</i>   | m    | 03-mars-09 | Morne Rouge   | 41,5 | 16,5   |
| M-873  | <i>Monophyllus plethodon</i>   | m    | 03-mars-09 | Morne Rouge   | 42,5 | 16,0   |
| M-874  | <i>Monophyllus plethodon</i>   | m    | 03-mars-09 | Morne Rouge   | 42,0 | 17,0   |
| M-875  | <i>Monophyllus plethodon</i>   | f    | 03-mars-09 | Morne Rouge   | 41,0 | (16,5) |
| M-876  | <i>Monophyllus plethodon</i>   | m    | 03-mars-09 | Morne Rouge   | 43,5 | 17,5   |
| M-877  | <i>Monophyllus plethodon</i>   | f    | 03-mars-09 | Morne Rouge   | 42,5 | 17,0   |
| M-878  | <i>Artibeus jamaicensis</i>    | f    | 04-mars-09 | Morne Rouge   | 61,5 | (60)   |
| M-913  | <i>Monophyllus plethodon</i>   | m    | 18-mars-09 | Rivière Salée | 41,5 | 16,5   |
| V-2562 | <i>Pteronotus davyi</i>        | f    | 27-févr-09 | Saint-Esprit  |      |        |

Abbréviations : Num = numéro individuel ; AB = avant-bras (en mm)



ANNEXE-2 :

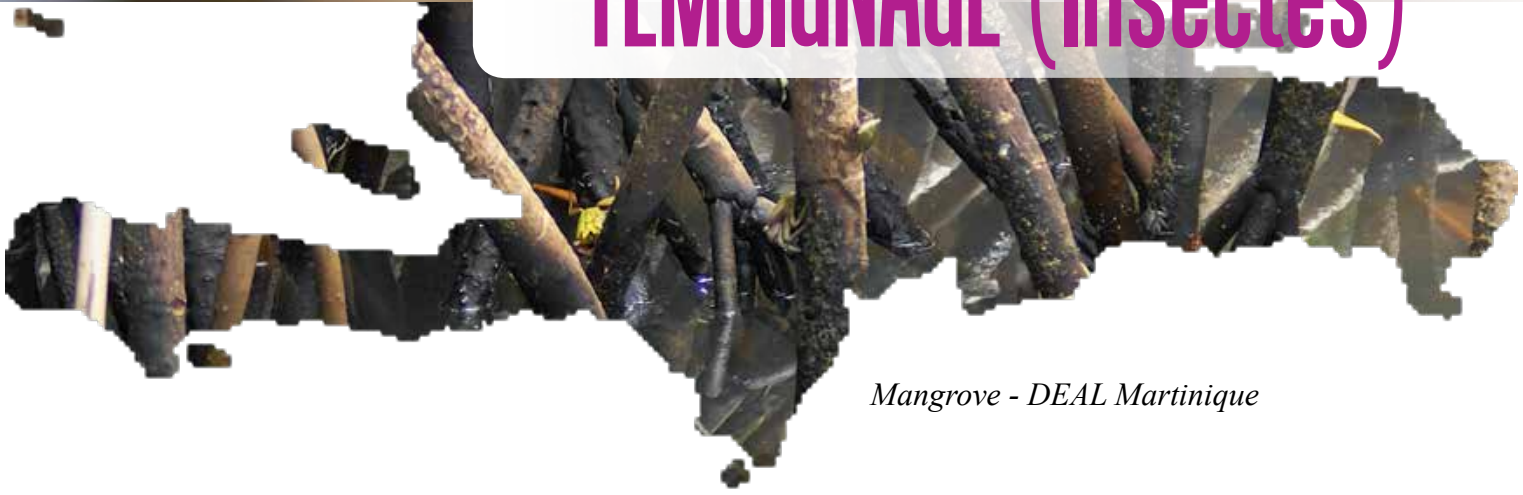
Différents aspects des goyaves mûres mangées par des vertébrés ravageurs (oiseaux, rats, chauves-souris) : verger de Peter Maillet, commune de Saint Esprit, février-mars 2009





*Libellule - Jacques PIERRE-LOUIS*

# TÉMOIGNAGE (Insectes)



*Mangrove - DEAL Martinique*



# Les insectes des Petites Antilles : approche biogéographique

Francis DEKNUYDT

L'histoire de la connaissance des insectes des Petites Antilles remonte au 17<sup>e</sup> siècle, avec les premiers chroniqueurs qui ont décrit souvent de manière imagée les plus spectaculaires d'entre eux, comme par exemple le *Dynastes hercules* qui est représenté, dès 1667, sous le nom de « mouche cornue » par J.B. Dutertre et par C. Rochefort. Ce même Rochefort, en 1658, aurait donné le nom de « Brâtor », attribué par les indiens Caraïbes, à une libellule de Guadeloupe. Mais c'est au cours des siècles suivants, que de nombreuses espèces seront récoltées et décrites, comme par exemple les Lépidoptères, par Cramer et Fabricius. Ces études restèrent généralement très fragmentaires. Ainsi à la Dominique 27 espèces étaient connues en 1884, presque le double dès le début du 20<sup>e</sup> siècle (1914), et Arthur Hall fit passer le nombre de 12 à 36 à St Kitts en 1936. La Martinique, la Guadeloupe et d'autres îles furent étudiées par R. Pinchon et P. Enrico en 1969. Ensuite Norman D. Riley publia un guide sur les papillons des Antilles, en 1975, suivi par Smith et Miller, en 1990, ce dernier constitue une référence dans ce domaine. Il en a été de même pour les Coléoptères avec par exemple les travaux de Chevrolat (1862), Fleutiaux & Salle (1889), Fisher (1925 et s.), F. Chalumeau & L. Gruner (1974), F. Chalumeau & J. Touroult (2005), etc. En ce qui concerne l'Odonatologie (les libellules), les premières descriptions des libellules des Antilles reviennent à Sir Hans Sloane (1725), Thibault de Chanvalon (1763), ensuite il faut citer les travaux de Rambur (1842), les missions américaines avec E. B. Klots (1932) et d'autres les années suivantes, T. W. Donnelly, le Père R. Pinchon après 1960. Des études assez complètes pour les Antilles Françaises ont débuté en 1979 et, sous peu, doit paraître un ouvrage sur les Odonates des Petites Antilles (F. Meurgey). Pour être complet, il faudrait citer les études concernant les autres ordres d'insectes.

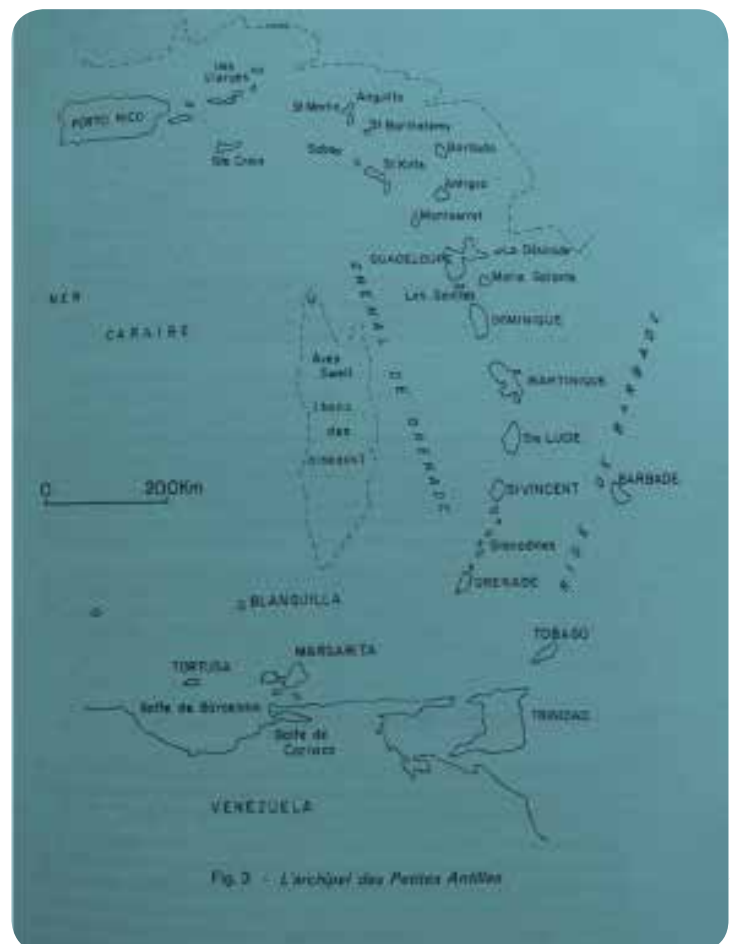
Cependant tous ces travaux sont taxinomiques et si certains décrivent la biologie des espèces rencontrées, très peu en montrent l'aspect biogéographique. Il faut dire que cette approche biogéographique ne date que de la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle avec Wallace (1876) et il faudra attendre 1935, avec Schuchert, pour avoir les premières explications de l'arrivée et de la dispersion des espèces animales dans les différentes îles. Ensuite viendront entre autres les travaux de Darlington (1957), James A. Scott (1972), L. D. Miller & J. Y. Miller (1989), J. Lescure, J. Jeremie, W. Lourenço, J.-P. Mauries, J. Pierre, C.

Sastre et J. M. Thibaud (1991), R. E. Ricklefs & I. J. LOVETTE (1999).

## Aperçu géologique et géomorphologique

L'arc des Petites Antilles est un chapelet d'îles (une vingtaine d'îles principales) qui s'échelonnent sur 900 kilomètres, de Grenade, au sud, jusqu'à Anguilla, au nord. Seront exclues de l'étude les Iles Vierges ; la délimitation étant le « passage d'Anegada » au nord et la « ligne de Bond » au sud. On distingue les Iles au Vent, d'Anguilla à la Guadeloupe, et les Iles sous le Vent, de la Dominique à Grenade sans oublier Barbade (figure 1).

Figure 1. Arc des Petites Antilles





Du point de vue géologique, l'archipel des Petites Antilles constitue la partie émergée d'une vaste structure tectonique de subduction. On distingue globalement un arc externe récent (dépôts d'âge Pleistocène) constitué d'îles à recouvrement calcaire plus ou moins important, dont les principales sont du nord au sud : Sombrero, Anguilla, Saint-Martin, Saint-Barthélemy, Barbuda, Antigua, Grande-Terre (Guadeloupe), Désirade, Marie-Galante. Un arc interne plus ancien (les dépôts vont du Pliocène au Pleistocène) d'abord confondu avec l'arc externe de Grenade à Sainte-Lucie, s'en écarte franchement au nord de la Martinique. Il est constitué d'îles volcaniques récentes et de volcans actifs qui sont du nord vers le sud : Saba, Saint-Eustache, Saint-Kitts, Nevis, Montserrat, Basse-Terre (Guadeloupe), Dominique, Martinique, Sainte-Lucie, Saint-Vincent, les Grenadines et Grenade. A noter que Barbade représente la partie émergée du prisme d'accrétion et qu'à aucun moment au cours de l'histoire géologique, ces différentes îles ne semblent avoir été reliées entre elles.

D'un point de vue géomorphologique, ces îles, dont la taille varie de quelques kilomètres carrés pour la plus petite à presque 2000 km<sup>2</sup> pour la plus grande, ont un relief varié, peu marqué pour les îles sédimentaires, plus marqué pour les îles volcaniques mais ne dépassant pas toutefois l'altitude de 1500 mètres. On aura des îles dites « sèches », celles dont la quantité de pluie reçue est faible et qui ne possèdent donc pas de rivières pérennes. C'est particulièrement le cas des îles sédimentaires. Les îles volcaniques reçoivent par contre une quantité de pluie suffisante et auront des cours d'eau permanents. Tout ceci aura une incidence sur la végétation.

La végétation naturelle est extrêmement diversifiée dans les îles les plus grandes, comme la Guadeloupe qui possède plus de 2000 espèces de plantes phanérogames et 250 espèces de fougères. Les formations végétales sont les suivantes :

- ▶ La mangrove avec deux grands types de formations végétales se situant en bordure de mer : la mangrove proprement dite et la forêt marécageuse qualifiée de « zone d'arrière-mangrove ».
- ▶ La série xérophile entre le niveau de la mer et 250 mètres d'altitude environ, avec des forêts tropicales sèches et leurs stades de dégradation, recevant des précipitations inférieures à 1800 mm par an.
- ▶ La série mésophile assure la transition entre les forêts hygrophiles d'altitude et les forêts xérophiles du niveau inférieur. Elle reçoit entre 1800 mm et 3000 mm d'eau par an.
- ▶ La série hygrophile est représentée par une forêt ombrophile montagnarde et submontagnarde recouvrant les reliefs les plus élevés (Stehlé 1936). Elle s'étend de 400 à 500 mètres d'altitude jusqu'à environ 1000 mètres et les précipitations s'échelonnent de 3000 à 8000 mm d'eau par an. Au-delà, se trouvent les savanes d'altitude caractérisées dans la strate inférieure par une végétation arbustive et au-delà de 1200 mètres par une végétation herbacée. Les précipitations peuvent atteindre 10000 mm par an.

Ces formations végétales seront déterminantes pour l'implantation des insectes dont de nombreuses espèces sont dépendantes de plantes-hôtes.



**Tableau 1.** Présentation de 19 îles des Petites Antilles avec le nombre de lépidoptères (rhopalocères) et coléoptères (longicornes) présents sur chacune d'entre-elles.

| Ile           | Surface (km <sup>2</sup> ) | Altitude (m) | Zones de végétation (km <sup>2</sup> ) |           |           |            |              |                           | Nombre d'espèces        |    |
|---------------|----------------------------|--------------|--|-----------|-----------|------------|--------------|---------------------------|-------------------------|----|
|               |                            |              | Mangrove                               | Xérophile | Mésophile | Hygrophile | altitudinale | Lépidoptères Rhopalocères | Coléoptères Longicornes |    |
| Anguille      | 90                         | 300          | 0                                      | 90        | 0         | 0          | 0            | 0                         | 11                      | 1  |
| St Martin     | 85                         | 410          | 0                                      | 77        | 9         | 0          | 0            | 0                         | 24                      | 16 |
| Saba          | 13                         | 860          | 0                                      | 9         | 3         | 1          | 0            | 0                         | 13                      | 7  |
| St Barthelemy | 22                         | 300          | 0                                      | 22        | 0         | 0          | 0            | 0                         | 19                      | 12 |
| St Eustache   | 20                         | 600          | 0                                      | 18        | 2         | 0          | 0            | 0                         |                         | 7  |
| St Kitts      | 170                        | 1140         | 7                                      | 83        | 51        | 16         | 14           | 14                        | 41                      | 9  |
| Nevis         | 130                        | 1100         | 0                                      | 61        | 43        | 26         | 0            | 0                         |                         | 2  |
| Barbuda       | 160                        | 300          | 0                                      | 160       | 0         | 0          | 0            | 0                         | 16                      | 4  |
| Antigues      | 280                        | 400          | 0                                      | 261       | 19        | 0          | 0            | 0                         | 32                      | 12 |
| Montserrat    | 100                        | 910          | 0                                      | 49        | 34        | 17         | 0            | 0                         | 39                      | 31 |
| Guadeloupe    | 1510                       | 1500         | 210                                    | 576       | 314       | 367        | 44           | 44                        | 47                      | 64 |
| Marie Galante | 160                        | 300          | 5                                      | 150       | 4         | 0          | 0            | 0                         | 29                      | 18 |
| Dominique     | 751                        | 1450         | 0                                      | 72        | 286       | 334        | 60           | 60                        | 55                      | 34 |
| Martinique    | 1100                       | 1340         | 19                                     | 405       | 417       | 234        | 25           | 25                        | 40                      | 57 |
| St Lucia      | 616                        | 960          | 0                                      | 254       | 206       | 122        | 33           | 33                        | 48                      | 25 |
| St Vincent    | 350                        | 1240         | 0                                      | 125       | 114       | 91         | 19           | 19                        | 38                      | 28 |
| Barbade       | 430                        | 340          | 10                                     | 388       | 32        | 0          | 0            | 0                         | 24                      | 9  |
| Carriacou     | 34                         | 300          | 0                                      | 34        | 0         | 0          | 0            | 0                         | 23                      | 0  |
| Grenade       | 310                        | 840          | 4                                      | 126       | 89        | 74         | 17           | 17                        | 45                      | 29 |



## Les origines du peuplement en insectes de ces îles et l'endémisme

Les insectes qui ont peuplé les Iles sont venus essentiellement du continent américain nord et sud.

Ces deux voies de peuplement se sont faites à partir des Grandes Antilles (Porto Rico) ou de Trinidad et Tobago. La colonisation a pu se faire par voie aérienne pour les insectes ailés (c'est le cas de la plupart des insectes) ou sur des bois flottés pour les autres. Enfin des espèces ont été introduites par l'Homme. Mais le nombre d'insectes reste très faible par rapport à celui existant sur le continent. Une diminution très nette du nombre d'espèces aussi bien au sud, entre Tobago et Grenade, qu'au nord, entre Porto-Rico et Anguilla.

Prenons deux exemples : celui des Lépidoptères Rhopalocères (papillons de jour) et celui des Coléoptères Scarabaeidae et Cerambycidae. Si l'on considère les papillons de jour, Trinidad a plus de 650 espèces de Rhopalocères (plus de 1500 en Guyane), mais déjà Tobago n'en compte plus que 130. On note déjà une forte diminution lors du passage de Trinidad à Tobago. Grenade n'a que 45 espèces. Le même schéma est valable pour le nord des Petites Antilles. Si l'on compte plus d'une centaine d'espèces à Porto-Rico, il n'en reste déjà plus que 46 aux Iles Vierges et Sainte-Croix, 11 à Anguilla mais par contre 41 à Saint-Kitts (J. Pierre, 1991). D'autres facteurs entrent alors en jeu comme la superficie des différentes îles et leur relief. A noter que des familles n'ont aucun représentant dans les Petites Antilles, notamment Satyridae (pourtant encore bien représentée à Porto-Rico), Riodinidae.

Il en est de même pour les coléoptères. Comparée aux milliers d'espèces du continent, la faune des Scarabaeidae est d'une grande pauvreté. On ne compte que 79 espèces et sous-espèces dont 30 sont endémiques des îles de l'archipel (F. Chalumeau 1974). On rencontre le même profil pour les Cerambycidae avec 118 espèces pour les Petites Antilles et plus de 1500 en Guyane. Une première explication vient du fait qu'il y a deux barrières géographiques qui délimitent l'arc des Petites Antilles et empêchent une plus grande dispersion : le passage d'Anegada au nord, et la ligne de Bond (Lack, 1976) entre Grenade et Tobago au sud.

Les îles du centre de l'arc semblent plus riches en espèces que celles de la périphérie. C'est le cas en particulier de Montserrat, Guadeloupe, Dominique, Martinique, Sainte-Lucie. Leurs superficies et leurs reliefs variés ont permis l'installation de tous les types de végétation dont les espèces de lépidoptères et de coléoptères (Cerambycidae en particulier) sont très

dépendantes. On peut rajouter également un autre facteur, celui des deux voies de peuplement.

L'essentiel de la faune des lépidoptères des Petites Antilles provient du continent sud-américain (il en est de même pour les coléoptères). D'après Scott (1972), la plupart des espèces de Rhopalocères sont semblables à celles de Trinidad : 98% de Sainte-Lucie, 80% de Sainte-Croix, 70% de Porto-Rico. C'est le cas de *Dione juno* dont la limite nord est la Martinique. Mais cependant un courant de colonisation presque aussi fort se fait en sens inverse à partir des Grandes Antilles. Toujours selon Scott (1972), la faune des lépidoptères des Petites Antilles est également très semblable à celle des Grandes, en particulier d'Hispaniola : à 87% pour Sainte-Croix, à 79% pour Sainte-Lucie. Ainsi *Rhabdodryas trite watsoni* d'Hispaniola se retrouve à Porto-Rico, Saint-Kitts, Montserrat, Guadeloupe, Dominique et Sainte-Lucie. D'après cet auteur, les faunes lépidoptérologiques des Grandes Antilles, qui ont certes les caractères des faunes insulaires, différenciées et raréfiées, sont néanmoins affines, dans leur composition, de celles d'Amérique Centrale, elles-mêmes en grande partie semblables à la faune guyano-amazonienne. Il est donc toujours difficile de déterminer l'origine nord ou sud d'un taxon.

Le même schéma peut aussi être appliqué aux coléoptères avec également des colonisations par le nord et par le sud. Cette colonisation a pu se faire de deux manières : soit le passage d'île en île (marche par marche comme il a été dit) ou en sautant plusieurs îles (dit saut de grenouille) ce qui peut expliquer l'absence d'une espèce dans une île.

Peut-on parler maintenant d'ensembles biogéographiques ? Des études ont été réalisées (F. Chalumeau, 1974), par comparaison de populations de Scarabaeidae de différentes îles :

- ▶ La Dominique qui possède 40 espèces et sous-espèces a 31 taxa en commun avec la Guadeloupe et 18 avec la Martinique.
- ▶ La Martinique avec 33 espèces et sous-espèces a 20 taxa en commun avec la Guadeloupe.

La comparaison des genres, espèces et sous-espèces des 3 îles met bien en évidence dans ce cas la similitude des faunes de Guadeloupe et Dominique par rapport à celles de la Martinique. Mais ce qui est vrai pour les Scarabaeidae l'est moins pour les Cerambycidae (F. Chalumeau & J. Touroult, 2005) : « nos recherches sur les Cérambycides insulaires montrent des divergences quant aux regroupements : Guadeloupe avec la Dominique et Martinique avec Sainte-Lucie ». Il est également délicat de faire des rapprochements pour les lépidoptères avec cependant des ressemblances plus marquées entre la Martinique et Sainte-Lucie.

La colonisation n'est pas seulement un phénomène du passé. Elle se poursuit encore actuellement, ce qui est particulièrement visible pour les lépidoptères : implantation réussie de « deux Ctenuchidae (lépidoptères hétérocères) ravageurs du laurier rose aux Antilles Françaises ». Dans les années 2000 un autre hétérocère *Azeta versicolor* est arrivé à la Martinique et est toujours présent à l'heure actuelle. Enfin, dernière arrivée en date, *Phoebis agarithe pupillata*, se caractérise par la présence de plusieurs individus mâles et femelles observés en Guadeloupe durant l'été 2010.

Ceci nous conduit maintenant à étudier un autre aspect de la colonisation : l'isolement géographique des espèces par l'insularité. La région caribéenne possède 350 espèces de papillons diurnes mais 15% seulement des espèces s'y retrouvent identiques à ce qu'elles sont sur le continent (il y a donc 85% de sous-espèces ou d'espèces endémiques). 40% des espèces ne sont connues que sur une seule île (la moitié de celles-ci se trouvent sur Hispaniola, d'après Smith, Miller & Miller (1994). Les îles des Petites Antilles contribuent modestement à cet endémisme : il y a deux espèces endémiques connues à la Dominique, une à Saint-Vincent et une à la Guadeloupe (C. Brévignon, 2003). A la Martinique nous avons une espèce endémique d'un lépidoptère hétérocère : *Castnia pinchoni* (J. Pierre & C. Pierre-Baltus, 2003), belle et grande espèce dont les plus proches représentants se trouvent en Amérique Centrale (*cliché 1*). Une autre espèce de cette famille vole à Haïti.



**Cliché 1.** *Castnia pinchoni* (G. DAVID)

Il y a plus d'espèces endémiques chez les coléoptères et dans d'autres ordres d'insectes comme les chéleutoptères (*cliché 2*) ou les orthoptères. Ceci peut s'expliquer par une colonisation ancienne de ces insectes dont l'isolement géographique pendant une longue période a pu favoriser la spéciation. Une étude a été réalisée en 1974 par F. Chalumeau & L. Gruner sur les Coléoptères Scarabaeidae des Petites Antilles. Sur les 58 espèces de Guadeloupe, 37 sont endémiques ; 24 à la Dominique sur un total de 40 ; 12 sur 33 à la Martinique et seulement 7 sur 25 de Sainte-Lucie à Grenade. L'endémisme demeure important, plus marqué pour les îles du centre de l'archipel.



**Cliché 2.** *Diapherodes martinicensis* (cliché Ph. LELONG)



Si l'endémisme est peu important chez les lépidoptères des Petites Antilles, en revanche il y a une grande diversité des formes géographiques ou sous-espèces ; presque une forme par île pour certaines espèces, avec des différences morphologiques évidentes. Deux espèces peuvent nous servir d'exemple : *Battus polydamas* (cliché 3 ; cliché 4) et *Dryas iulia* (cliché 5 ; cliché 6).



Cliché 3. *B. polydamas neodamas* (INRA, Guadeloupe)



Cliché 4. *B. polydamas cebriones* (INRA, Martinique)



Cliché 5. *D. iulia dominicana* (INRA, Guadeloupe)



Cliché 6. *D. iulia martinica* (INRA, Martinique)

Chez les coléoptères, en prenant le cas du *Dynastes hercules* (cliché 7 ; cliché 8) on voit nettement la différence entre ceux de Guadeloupe et Dominique d'une part (*D. hercules hercules*), et ceux de Martinique et Sainte-lucie d'autre part (*D. hercules reidi*).



Cliché 7. *D. hercules reidi* (F. DEKNUYDT)



Cliché 7. *D. hercules reidi* (F. DEKNUYDT)

Certaines formes considérées actuellement comme étant des sous-espèces pourraient se révéler être de bonnes espèces lorsque des observations morphologiques (genitalia) et biologiques (premiers stades) seront disponibles. Des études récentes (B. Dutrillaux, com. pers) portant sur les chromosomes de coléoptères Scarabaeidae dynastinae ont permis d'établir avec quasi certitude une origine sud-nord, à partir du continent sud-américain, de l'espèce *Cyclocephala tridentata*.

## Raréfaction, extinction et conservation

On constate une baisse du nombre des espèces et de leurs populations depuis déjà quelques années, baisse imputable en grande partie au développement des activités humaines : défrichages, plantations avec pesticides et insecticides, urbanisation intense, etc. L'absence d'une espèce dans une île peut s'expliquer : soit que l'espèce est arrivée dans l'île mais n'a pas pu s'y maintenir à cause de l'absence ou de la rareté de sa plante nourricière ou encore de conditions climatiques défavorables, etc, soit qu'elle est passée à côté. Certaines d'entre-elles pourtant apparemment bien implantées ont disparu sans trop savoir pourquoi. C'est le cas en Martinique pour au moins deux papillons : *Dione juno* et *Utetheisa pulchella*, qui n'ont plus été revus depuis plusieurs années.

Les Etats prennent conscience peu à peu de la nécessité de la sauvegarde de leur patrimoine et certains l'ont bien compris, comme la Dominique qui a mis en protection totale ses espèces. Mais la protection des espèces doit d'abord commencer par la protection des milieux. En conclusion, la biogéographie des insectes antillais semble à l'heure actuelle mieux circonscrite mais il reste encore de nombreuses lacunes à combler en grande partie dues à une certaine méconnaissance de la faune.

## Références bibliographiques

### Articles

C. BREVIGNON. Les papillons diurnes de la Guadeloupe LAMBILLIONEA N°2 JUIN 2003 (supplément).

J. LESCURE, J. JEREMIE, W. LOURENCO, J-P. MAURIES, J. PIERRE, C. SASTRE et J.M. THIBAUD « Biogéographie et insularité : l'exemple des petites Antilles » *C.R. Soc. Biogéogr.* 67 (1) : 41-59. 1991

J. PIERRE ET C. PIERRE-BALTUS « Un nouveau *Castnia* endémique de la Martinique (Lepidoptera, Castniidae) » *Bulletin de la Société entomologique de France* 108 (5), 2003 : 437-439.

### Extraits d'ouvrages

D. S. SMITH, L. D. MILLER & J. Y. MILLER, 1994, "The Butterflies of the West Indies and South Florida" Oxford University Press, 6-21.

F. CHALUMEAU, 1983, "Coléoptères Scarabaeides des petites Antilles", Editions Lechevalier, (Masson), Paris, 198-203

F. CHALUMEAU & J. TOUROULT, 2005, « Les Longicornes des petites Antilles (Coléoptera, Cerambycidae) Taxonomie, Ethologie, Biogéographie », Pensoft, 21-34

### Articles électroniques

R. E. RICKLEFS & I. J. LOVETTE, 2001, "The roles of island area per se and habitat diversity in the species-area relationships of four Lesser Antillean faunal groups", *Journal of Animal Ecology*.





*Association le Carouge*



*Associations*







*Solitaire siffleur - David BELFAN*

**2**ème partie

# Mieux gérer la Biodiversité



*Association*



*ONCFS*





*Moqueur à gorge blanche - Yohan BONTÉ  
(Concours photo DIREN Biodiversité)*

# Enjeux de la Conservation



*Paysage - DEAL Martinique*

# Invasive Alien Species Management in St. Lucia and Caribbean Partner Countries

Ulrike KRAUSS

**W**hat are Invasive Alien Species (IAS)? IAS are plants, animals or micro-organisms that are not native to a specific ecosystem and whose introduction threatens biodiversity, food security, health or economic development (*figure 1*). Their global cost is estimated at \$1.4 trillion per annum (nearly 5% GDP) – and rising in times of globalization and climate change.



**Figure 1.** The Giant African Snail is an IAS with significant impact in St. Lucia (V. Lopez, CABI)

IAS are a major threat to the vulnerable marine, freshwater and terrestrial biodiversity of Caribbean islands and to the people depending on this biodiversity for their livelihoods. Caribbean states have recognised the need for a regional strategy and expressed strong interest in linking their national efforts in implementing Article 8(h) of the Convention on Biological Diversity (CBD), leading to the joint development of a Global Environment Facility (GEF)-funded project entitled “Mitigating the Threat of Invasive Alien Species in the Insular Caribbean”.

## What is being done about IAS in the Insular Caribbean?



The four-year project started in October 2009 and aims to broaden the approach to dealing with IAS, both by strengthening existing national measures and by fostering regional cooperation

frameworks, through which a Caribbean-wide strategy is to be developed. In parallel, each participating country (Bahamas, Dominican Republic, Jamaica, Saint Lucia, and Trinidad & Tobago) addresses its own most pressing IAS problems through pilot projects, relating to prevention, early detection and rapid response, management and eradication of prioritized IAS. In all the pilots, there is a strong emphasis on capacity building among Government staff and other practitioners, as well as raising awareness of IAS issues among a wider stakeholder group including the general public. The pilots are designed so that their findings and lessons learned will be readily applicable to other sites, including other Caribbean states and territories, enabling replication of the methodologies. Through this synergistic approach, the project aims to provide the participating countries and others in the Caribbean region with the necessary tools and capacity to address existing and future biological invasions.

### Project goal and objective

- ▶ The **project goal** is to conserve globally important ecosystems, the species and genetic diversity within the insular Caribbean.
- ▶ The **project objective** is to mitigate the threat to local biodiversity and economy from IAS in the insular Caribbean, including terrestrial, freshwater, and marine ecosystems

## Saint Lucian Efforts as Part of the Regional Initiative

In Saint Lucia, the project is spearheaded by the Forestry Department of the Ministry of Agriculture, Lands, Forestry and Fisheries (MALFF). At the regional level, it is coordinated by CABI Caribbean and Latin America. CABI is a not-for-profit development and information organization, with headquarters in the UK and its regional centre in Trinidad. In all pilot countries, the project has five common components that are being implemented with funding from the GEF, national Government and numerous national, regional and international partners. Within this structure, each country developed pilot projects of national priority under Prevention (Component 4) and Early Detection and Rapid Response (Component 5).

### **Component 1: Development of National IAS Strategies (NISS)**

At the end of the four-year project, each country is expected to have a NISS (policy document) and a permanent IAS working group to address IAS issues officially and in a sustainable and well-coordinated cross-sectoral manner.

### **Component 2: Establishment of Caribbean-wide Cooperation and Strategy**

At the end of the project a regional IAS strategy for marine, terrestrial and aquatic IAS will complement the national efforts described under Component 1. The regional strategy aims to expand the draft Caribbean Regional Invasive Species Intervention Strategy (CRISIS) of the Caribbean Invasive Species Working group (CISWG), which currently is primarily focused on agricultural pests and diseases, to cover also environmental IAS.

### **Component 3: Knowledge Generation, Management and Dissemination**

The threat posed by IAS is a cross-cutting issue. A multi-sectoral approach to knowledge management and dissemination is key to successful uptake of the project outputs. Public awareness campaigns are being implemented for each of the pilot projects, including the exchange of lessons learnt among the participating countries. The project is establishing and strengthening several electronic networking initiatives with the aim to sustain them after the project concludes.

### **Component 4: Increase Capacity to Strengthen Prevention of new IAS Introductions in Terrestrial, Freshwater and Marine Systems**

Prevention is the most cost-effective measure for managing IAS and is a key component of the CBD Guiding Principles. The pilot project in Saint Lucia addresses the protection of the unique biodiversity of Maria Islands Nature Reserve and the surrounding Pointe Sables Environmental Protection Area (PSEPA, *figure 2*).

This terrestrial and marine reserve contains the most threatened, endangered and endemic reptile species of all of Saint Lucia's protected areas, the Saint Lucian Racer (*Liophis ornatus*) and Saint Lucia whiptail lizard (*Cnemidophorus vanzoi*). The pilot project is building capacity among local field staff in biodiversity monitoring and inventory techniques. It will establish a monitoring and rapid response plan in case IAS are detected in the reserve or the neighbouring air- and sea-ports. It also raises awareness among both local community stakeholders and the general public (including tourists) of the dangers posed by IAS.

### **Component 5: Increase Capacity to Detect, Respond, Control and Manage IAS Impacts in Terrestrial, Freshwater and Marine Systems**

Pilot projects under Component 5 address options for the management of IAS that are already present, at four levels: (i) early detection and rapid response, (ii) eradication of incipient invasions or contained (island) populations, (iii) management of established IAS invasions for which eradication is not feasible, and (iv) protection measures for sites of high conservation value. The restoration of ecosystems during and after removing an IAS is of major importance in preventing new invasions. In Saint Lucia the Component 5 pilot project aims to control an alien iguana that was introduced to a mini-zoo in Soufriere but subsequently escaped. The alien iguana threatens the uniqueness of the Saint Lucia iguana, with which it might hybridize and/or compete for food and habitat once their two ranges meet (*figure 3*). It is therefore imperative to act quickly, while the two populations are geographically separated. This will be achieved through capture and euthanasia of the alien iguana as well as a public awareness campaign.



**Figure 2.** The unique biodiversity on Maria Islands needs to be protected from IAS. Their small size (14 ha) renders them particularly vulnerable to stochastic events. The proximity to an international airport and seaport adds further exposure risks (<http://www.viviun.com>).



**Figure 3.** The St. Lucia iguana...



... and the alien intruder (M. Morton, Durrell)



## Progress to date, after one year

### Review of IAS Present in Saint Lucia and their Current Status

The first question a donor agency will ask when a country requests funds for managing IAS is whether or not there is an IAS inventory. However, there are several principal challenges to the establishment and meaningful use of IAS inventories:

- ▶ Frequently it cannot be determined with certainty whether a species is indigenous or naturalized. This is particularly true for those aliens that got established a long time ago and/or species of pan-tropical distribution.
- ▶ In order to be classified as an IAS, the organism has to impact human health and well-being, disrupt trade and/or threaten biological diversity. However, historically the recognition of damage was largely limited to agricultural pests and pathogens. With agriculture heavily dependent on alien crop and animal species impact estimates exhibit much bias.

- ▶ Reasonably comprehensive IAS inventories require tremendous taxonomic inputs across all life forms. These skills are expensive and/or not available with the required swiftness to meet the demand of early detection and rapid response. As a result, even the best available IAS inventories tend to be notoriously out of date.

Because of the economic implications (trade, travel/tourism, animal and human health) the presence of certain IAS can have on a country, there tends to be reluctance to providing public access to accurate up-to-date information in many countries. However, St. Lucia recognizes that frankness is the best long-term strategy.

Having spelled out the limitation, Krauss (2010a) collated the IAS known to be present in St. Lucia and their current status for terrestrial, marine and freshwater ecosystems. *Table 1* summarizes the 98 terrestrial IAS present in St. Lucia. “Trends in IAS distribution” is one of the provisional CBD indicators for assessing progress towards the 2010 Biodiversity Target : “Reduction in invasive species” and is an indicator for monitoring stress reduction for integrated watershed and coastal areas management. In 2008, St. Lucia did not report making use of this tool yet (Heileman & Walling, 2008).

**Table 1.** Invasive Alien Species present in Saint Lucia and their status in 2010 \*

| Common name  | Scientific name                          | Status  |
|--|--|---|
| <b>Terrestrial: 98, one of which is shared with Freshwater</b> |  |   |
| Vertebrates: 24  |  |   |
| Orange winged parrot   | <i>Amazona amazonica</i>                 | Recent escape from captivity? Potentially competing with endemic parrot   |
| Barbados anole   | <i>Anolis extremus</i>                   | Apparently expanding range; Possibly displacing the native <i>Anolis luciae</i>   |
| Alien anole lizard   | <i>Anolis watsi</i>                      | Displacing the native <i>Anolis luciae</i>  |
| Cane toad  | <i>Bufo marinus</i>                      | Widespread; severely impacting biodiversity; “World’s Worst 100 IAS”  |
| Cattle Egret   | <i>Bubulcus ibis</i>                     | Cosmopolitan of Old World origin; implicated in spread of tick-borne diseases; Safety hazard at Hewanorra Airport due to bird strike risk |
| Feral dogs   | <i>Canis lupus familiaris</i>            | Widespread; severely impacting biodiversity   |
| Feral goats  | <i>Capra aegagrus hircus</i>             | Invasive on Dennery island; impacts on vegetation and animal habitat  |
| Rock pigeon  | <i>Columba livia</i>                     | Widespread; severely impacting biodiversity; air-strike hazard at Vigie Airport   |
| Opossum  | <i>Didelphis marsupialis marsupialis</i> | Widespread; severely impacting biodiversity   |
| Whistling frog   | <i>Eleutherodactylus martinicensis</i>   | May have displaced native <i>Eleutherodactylus johnstonei</i>   |
| Feral cats   | <i>Felis catus</i>                       | Widespread; severely impacting biodiversity; one of “World’s Worst 100 IAS”   |
| Antilles Leaf-toed Gecko                                       | <i>Hemidactylus palaichthus</i>          | Present on Maria Major; competing with endangered reptiles?   |
| Indian mongoose  | <i>Herpestes javanicus</i>               | Widespread; severely impacting biodiversity, one of “World’s Worst 100 IAS”   |
| Alien iguana   | <i>Iguana iguana</i>                     | Present in Soufriere area   |
| Mouse  | <i>Mus musculus</i>                      | Invasive on Dennery island; impacts on vegetation and animal habitat  |

| Common name  | Scientific name                        | Status  |
|--|--|---|
| Feral sheep  | <i>Ovis aries</i>                      | Invasive on Dennery island; impacts on vegetation and animal habitat  |
| Indian peafowl   | <i>Pavo cristatus</i>                  | Held in captivity; noise nuisance has been reported   |
| Brown rat  | <i>Rattus norvegicus</i>               | Widespread; severely impacting biodiversity, but one of "World's Worst 100 IAS"   |
| Black rat  | <i>Rattus rattus</i>                   |   |
| Red-snouted tree frog  | <i>Scinax ruber</i>                    | Invasive  |
| Eurasian collared-dove   | <i>Streptopelia decaocto</i>           | Escaped from captivity  |
| Feral pigs   | <i>Sus scrofa</i>                      | Widespread and invasive in forest; threatening some rare bird and the endemic fer-de-lance; control effort hampered by constant re-supply through escapes; one of "World's Worst 100 IAS" |
| Monkeys  | <i>Unknown species</i>                 | Localized in Desrameaux, Monchy   |
| <i>Invertebrates: 28, one of which is shared with Freshwater</i> |  |   |
| Coconut mite   | <i>Aceria guerreronis</i>              | IAS of environmental importance or agricultural pests only?   |
| Giant African snail  | <i>Achatina fulica</i>                 | Invasive; impacting native molluscs and forage plants   |
| Tiger mosquito   | <i>Aedes aegypti</i>                   | Widespread with on-going severe impact. Adults are aerial/terrestrial and vector Dengue fever, larvae are aquatic; control attempts by cultural and chemical means                        |
| Citrus Blackfly  | <i>Aleurocanthus woglumi</i>           | Agricultural pest   |
| Tropical Bont Tick   | <i>Amblyomma variegatum</i>            | Livestock pest of African origin  |
| Fruit fly  | <i>Anastrepha obliqua</i>              | Agricultural pest   |
| Gliricidia moth  | <i>Azeta repugnalis</i>                | Present since 2001  |
| Sweet potato whitefly  | <i>Bemisia tabaci</i>                  | IAS of environmental importance or agricultural pests only?   |
| Tick savaan  | <i>Boophilus microplus</i>             | Livestock pest; vector of tick fever complex  |
| Sweet potato weevil  | <i>Cylas formicarius</i>               | Agricultural pest of Asian origin   |
| White cedar thrips   | <i>Holopothrips iniquilnus</i>         | Present since 2007  |
| [terrestrial snail]  | <i>Huttonella bicolour</i>             | Introduced, of peninsular Malaysian origin; impact on Saint Lucia poorly documented   |
| Florida leatherleaf  | <i>Leidyula floridana</i>              | Introduced slug; impact on Saint Lucia poorly documented  |
| Pink Hibiscus mealybug   | <i>Macronellicoccus hirsutus</i>       | Invasive, successfully controlled by classical biocontrol   |
| African dung beetle  | <i>Ontophagus gazellae</i>             | Invasive; threatening endemic dung beetle species   |
| Papaya mealybug  | <i>Paracoccus marginatus</i>           | IAS of environmental importance or agricultural pests only?   |
| Citrus leaf miner  | <i>Phyllocnistis citrella stainton</i> |   |
| Red palm mite  | <i>Raoiella indica</i>                 |   |
| Chilli thrips  | <i>Scirtothrips dorsalis</i>           |   |
| Mango seed weevil  | <i>Sternochetus mangiferae</i>         |   |
| [terrestrial snail]  | <i>Streptostele musaecola</i>          | Introduced molluscivore; impact on Saint Lucia poorly documented  |
| Oleander moth  | <i>Syntomeida epilais</i>              | Present since 1982  |
| Melon thrips   | <i>Thrips palmi</i>                    | IAS of environmental importance or agricultural pests only?   |
| Brown Citrus Aphid   | <i>Toxoptera citricida</i>             | Environmental importance or citrus pests only? Vector of CTV  |



| Common name                          | Scientific name                                | Status  |
|--------------------------------------|--|---|
| Varroa mite                          | <i>Varroa destructor</i>                       | Present; invasive   |
| Pancake slug                         | <i>Veronicella sloanei</i>                     | Native to Jamaica; introduced in Eastern Caribbean; pest status   |
| Unidentified sandfly                 | ??   | Recent expansion into in-land areas and intensification of nuisance throughout day. Several sandfly species can vector leishmaniasis  |
| Plants: 41                           |  |   |
| Red sandalwood tree<br>Dalmawi       | <i>Adenantha pavonina</i>                      | Present, but contradictory reports on status and invasiveness   |
| Woman's tongue                       | <i>Albizia lebeck</i>                          | Present; reported invasive in parts of Caribbean  |
| Popgun tree                          | <i>Ardisia elliptica</i>                       | Common ornamental (of Asian origin - tropical Japan) in Castries area. Reported as invasive in many countries. Favours river floodplains in sun or shade  |
| Giant cane                           | <i>Arundo donax</i>                            | Probably extirpated in St. Lucia; belongs to GISD "World's Worst 100 IAS"   |
| Neem                                 | <i>Azadirachta indica</i>                      | Escaped from cultivation, Asian origin; Risk in disturbed and burnt habitats  |
| Desert date                          | <i>Balanites aegyptica</i>                     | Present; of African origin; contradictory reports on status and invasiveness  |
| Common bamboo                        | <i>Bambusa vulgaris</i>                        | Very common and invasive  |
| Basket plant                         | <i>Callisia fragrans</i>                       | Recent arrival? Escapes from cultivation, thrives in deciduous seasonal forest; serious potential threat on Pitons  |
| Ylang-ylang                          | <i>Cananga odorata</i>                         | Common on Piton Springs – Pacience road; potential threat in lower montane rainforest and riparian systems  |
| Casuarine                            | <i>Casuarina equisetifolia</i>                 | Reported invasive on many Caribbean islands, but still localized where planted in St. Lucia   |
| Jack in the bush<br>Fléwi Nwèl       | <i>Chromolaena odorata</i>                     | Present, but contradictory reports on status and invasiveness; listed as indigenous by some authors   |
| Ivy gourd                            | <i>Coccoloba grandis</i>                       | Invasive of African and Asian origin; Covering indigenous vegetation in mesic areas of Babonneau; risk in disturbed and burnt habitats  |
| Glue<br>Sip                          | <i>Cordia obliqua</i>                          | Invasive of Indian origin; Tree of secondary coastal woodlands, savannas and seasonal swamps. Very common in Vieux Fort Beach area; risk in disturbed and burnt habitats                          |
| Spiked spirallflag ginger            | <i>Costus spicatus</i>                         | Present; potential threat in lower montane rainforest   |
| Rubber vine<br>Lèt makak, Zong makak | <i>Cryptostegia madagascariensis</i>           | Invasive from Madagascar; Common in Laborie, Micoud and Vieux Fort; Risk in disturbed and burnt habitats; Potential threat to xeric savanna   |
| Lemongrass<br>Sitonnèl               | <i>Cymbopogon citrates</i>                     | Naturalized of Old World origin; quite rare, but presenting a fire & IAS hazard in critical areas, e.g. Pigeon Island   |
| Golden pothos                        | <i>Epipremnum pinnatum</i>                     | Vine of S.E. Asia; cultivated ornamental; naturalized and replacing native <i>Monstera adansonii</i> in some river valleys  |
| Lavender<br>Lavann                   | <i>Hedychium coronarium</i>                    | Invasive of Asian origin; Common; Preference for very wet semi-open spots, especially roadsides and forest rivers; possibly replacing indigenous and very rare orchid <i>Habenaria monorrhiza</i> |
| Heliconia                            | <i>Heliconia wagneriana</i>                    | Planted along forest edge from where it could invade disturbed, burnt habitats and lower montane rainforest   |
| Busy-lizzie                          | <i>Impatiens balsamina &amp; I. walleriana</i> | Present; potential threat in lower montane rainforest   |
| Stalkleaf murainagrass               | <i>Ischaemum timorense</i>                     | Naturalized of Asian origin, common in open and semi-open wet areas at lower and middle elevations; Appears to be invasive in Choiseul ravines  |
| Jatropha<br>Medsinnyè beni           | <i>Jatropha curcas</i>                         | Imported for biofuel nursery in Plateau. Several batches were distributed prior to abandonment of project. Plant of tropical American origin has proven invasive elsewhere                        |



| Common name             | Scientific name  | Status   |
|-------------------------|--|--|
| Leucaena                | <i>Leucaena leucocephala</i>                                       | Planted for charcoal production to protect mangrove. Contradictory reports on status and invasiveness  |
| Swordfern               | <i>Macrothelypteris torresiana</i>                                 | Naturalized from Africa, Asia and/or Pacific; Probably becoming more common; Terrestrial fern of dark shady roadsides and ravines                  |
| Mazapan                 | <i>Malvaviscus penduliflorus</i>                                   | Present; potential threat in lower montane rainforest  |
| Paper bark tree         | <i>Melaleuca quinquenervia</i>                                     | Contradictory reports on status and invasiveness   |
| Catclaw mimosa          | <i>Mimosa pigra</i>  | Naturalized; of African origin; Spreading fast; Assumed to be recent arrival; Risk in disturbed and burnt habitats; one of "World's Worst 100 IAS" |
| Asian sword fern        | <i>Nephrolepis brownii</i>   | Invasive of African and Asia origin; Replacing indigenous <i>Nephrolepis rivularis</i> ; Risk in disturbed and burnt habitats                      |
| Patchouli               | <i>Pogostemon cablin</i>   | Present; potential threat in lower montane rainforest  |
| MacArthur palm          | <i>Ptychosperma macarthurii</i>                                    | Present in disturbed forest: Union, Morne Fortune; potential threat to semi-evergreen seasonal forest  |
| Royal palm<br>Palmis    | <i>Roystonea oleracea</i>  | Present where planted; potential threat to semi-evergreen seasonal forest and riparian systems   |
| Mother-in-law's tongue  | <i>Sansevieria hyacinthoides</i>                                   | Present; potential threat to dry woodland on Pitons  |
| Lanng bèlmè             | <i>Sansevieria trifasciata</i>                                     |  |
| Saltmeadow cordgrass    | <i>Spartina patens</i>   | Present; potential threat to sandy beach edge  |
| African tulip tree      | <i>Spathodea campanulata</i>                                       | Spreading along Union River and elsewhere; potential threat to semi-evergreen seasonal forest; one of "World's Worst 100 IAS"                      |
| Phillippine Orchid      | <i>Spathoglottis plicata</i>                                       | Invasive of Asian origin; Very common and moving into forest   |
| Arrowhead vine          | <i>Syngonium podophyllum</i>                                       | Vine, still uncommon, present in Millet and Roseau; risk in disturbed and burnt habitats   |
| Maiden fern             | <i>Thelypteris extensa</i>   | Naturalized from SE. Asia and Indonesia; Quite rare but becoming commoner; Terrestrial on moist, shady roadsides                                   |
| Moses-in-the-cradle     | <i>Tradescantia spathacea</i>                                      | Escaped ornamental, naturalized? Present in dry rocky hills in the north, a real danger for the Pitons   |
| Wandering jew           | <i>Tradescantia zebrina</i>  | Invasive of African origin; Escaped ornamental; Very common around Gros Piton trail; very rare elsewhere   |
| Microbes and Viruses: 5 |  |  |
| Fungal blight           | <i>Cercosporidium sequoiae</i>                                     | Pathogen affecting tree plantations of <i>Cupressus lusitanica</i> since 2005  |
| Citrus Tristeza         | <i>Citrus Tristeza</i><br><i>Clausterovirus</i>                    | Citrus pest  |
| Dengue fever virus      | <i>DENV</i>  | Virus fluctuates seasonally; vectored by <i>Aedes aegypti</i>  |
| Witches' broom of cocoa | <i>Moniliophthora</i><br>(= <i>Crinipellis</i> ) <i>perniciosa</i> | Host-specific plant pathogen; early phase of establishment; environmental impact assumed low   |
| Black Sigatoka          | <i>Mycosphaerella fijiensis</i>                                    |  |

\* Compiled from: Abadie, *et al.* (2008), Chambers & Smith (2007), Compton (2010), Daltry (2009b), Felix (1998), Gardener (2009), GOSL (undated a), Graveson (undated), Heileman & Walling (2008), Jn Pierre (2008), Kelly *et al.* (2008), Krauss *et al.* (2008), Krauss (2010a), Mathurin (2010b), OECS (undated), Rawlins *et al.* (2008), Robinson *et al.* (2004 & 2009).



## Development of National Invasive Species Strategy (NISS)

St. Lucia opted for a relatively large (over 40 members) and broad-based IAS Working Group. This group is currently comprised of representatives from Government agencies, non-governmental organisations (NGOs), Intergovernmental Organizations, the private sector (*table 2*), as well as civil society. Individual members or additional agencies can be phased in as needed without unnecessary formality. In addition to the large national IAS working group, several sub-committees and task forces are formed as needed. In 2010 an *ad hoc* aquatic subcommittee formed that was subsequently focussed to create a Lionfish Task Force.

A NISS task force is made up of national IAS working group members as well as local consultants for specific tasks. This team commenced by up-dating the gaps and needs analysis initiated during project preparation, including legislation gaps, implementation/enforcement realities, high risk pathways, etc. in preparation for fleshing out the NISS, whose structure was previously agreed. These analyses take the form of stand-alone reports prepared by, aquatic and terrestrial ecosystem specialists, IAS pathway specialist, and change agent. The rationale is that stand-alone reports are more amenable to regular up-dating as needed, whereas the NISS will aim for a 10 year scope. Simultaneously, a Communication, Education and Public Awareness (CEPA) Strategy is being drafted.

**Table 2.** Agencies represented in Saint Lucia's National IAS Working Group.

| Agency represented                              | Type   |
|---|--|
| Agriculture Department                          | Part of Ministry of Agriculture, Lands, Fisheries and Forestry (MALFF) |
| Biodiversity Unit                               | Part of MALFF  |
| Caribbean Environmental Health Institute (CEHI) | Intergovernmental  |
| Coastal Zone Management Unit                    | Part of Ministry of Physical Planning and the Environment              |
| Customs & Excise Department                     | Reports to Ministry of Finance   |
| Durrell Wildlife Conservation Trust (DWCT)      | International NGO  |
| Fisheries Department                            | Part of MALFF  |
| Forestry Department                             | Part of MALFF  |
| Organisation of Eastern Caribbean States (OECS) | Intergovernmental  |
| Saint Lucia Air & Seaports Authority (SLASPA)   | Reports to Ministry of Communications and Works                        |
| Saint Lucia Dive Association (ANBAGLO)          | Private Sector   |
| Saint Lucia National Trust (SLNT)               | NGO  |
| Soufriere Foundation                            | NGO  |
| Soufriere Marine Management Association (SMMA)  | NGO  |
| Sustainable Development                         | Part of Ministry of Physical Planning and the Environment              |





## Development of Caribbean Invasive Alien Species Strategy (CIAS)

The regional project steering committee meets once a year, taking turns of pilot countries so that pilot sites can be visited and lessons exchanged in situ. The project kick-off meeting took place in Jamaica in December, 2009. The second meeting was hosted by Saint Lucia in October, 2010. A regional consultation for CIAS development in Trinidad in June 2010 employed the ecosystem approach with three working groups focusing on terrestrial, marine and freshwater ecosystems. Saint Lucia strives to participate fully in relevant regional and global IAS fora. Within the mandate of the GEF-funded project, St. Lucia feels particularly responsible to liaise closely with the Francophone Eastern Caribbean & OECS.

## Knowledge Management and Information Sharing

St Lucia conducted an awareness survey (Krauss, 2010b) that aimed to establish a baseline that could inform the strategic approach of a public awareness campaign and provide a basis against which the success of such interventions could be assessed. The study showed that, despite clear evidence of on-going environmental education having an impact, the understanding of biodiversity issues remains rather limited and largely restricted to the better-educated professionals. Therefore, as a foundation to the public education campaign, the fundamental concepts of biodiversity should be reinforced. Cultivated species that have been introduced several generations ago, such as the Asian mango, banana and citrus, were frequently and incorrectly viewed as indigenous to St. Lucia, including significant IAS, e.g. the alien iguana and feral pigs. This widespread misconception needs addressing systematically, as it cannot be assumed that the meanings of the terms “native” or “alien” are generally understood. Basic IAS concepts need to be communicated with clarity and objectivity.

IAS are the second most important threat to biodiversity (after habitat loss). However, this is not yet the public perception. In the baseline awareness survey, deforestation was the most frequently mentioned threat to terrestrial biodiversity, followed by garbage, chemicals and pollution. IAS ranked only 18th. Most St. Lucians (97%) were able to name one or more IAS, which they were familiar with often through agriculture. The most recognized species were the giant African snail, the pink Hibiscus mealybug, disease (pathogens), and the alien invasive iguana (*figure 3*). Fewer (62%) were aware of the impact on biodiversity. Clearly, the current ranking

of IAS as a threat to ecosystems needs to be improved by IAS public education campaigns. These should build their curricula around a solid conceptualization of IAS, their effects and dynamics, as this seems to be the missing link in fragmented but punctually quite accurate and often rather detailed baseline awareness (Krauss, 2010b).

Respondents across St. Lucia were well-aware of humans as the main vectors for terrestrial IAS, via both deliberate and accidental introductions. This indicates fertile grounds for a public education campaign, also on still absent IAS – a prerequisite to encourage behavioural changes in favour of preventing IAS introduction and spread. In general St. Lucians appeared very open to the destruction of existing IAS and to collaboration with authorities for IAS management. This constructive public attitude should be cultivated by a transparent information policy.

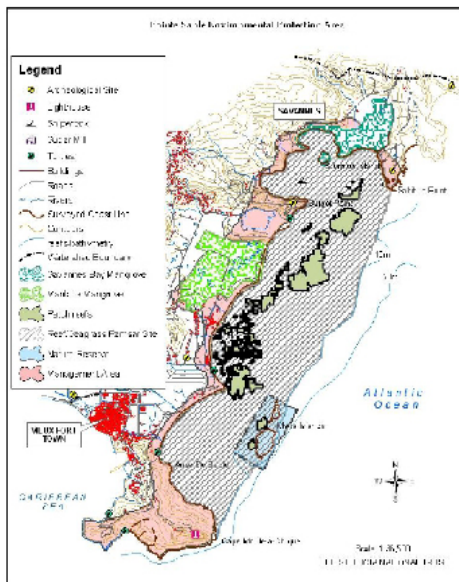
Television, radio and internet were the most important information sources for environmental issues in St. Lucia and should all be employed by a multimedia campaign. Television enjoys the widest audience so that IAS television programmes should be designed to have general appeal. Radio is most suitable to reach the mature generation. Education programmes for schools and colleges should make extensive use of the internet in order to reach this target group, together with their teachers. A recent knowledge, awareness and practices (KAP) survey on environmental awareness in relation to protected areas in the Organization of Eastern Caribbean States (OECS) indicated that St. Lucia compares well with other OECS countries. Thus, St. Lucia will strive for a leadership role in raising sub-regional awareness on IAS issues and share the lessons learnt from this current project.



## Preventative Pilot Projects

The prevention pilot focuses on the PSEPA (figure 4), an area of ca 1,038 hectares of land and sea (Gardener, 2009). It consists of a narrow coastal strip of Queen's Chain, the Savannes Bay Mangroves and Mankoté Mangroves, as well as the offshore islands Scorpion Island and Maria Islands. Both of St. Lucia's Ramsar sites lie within the PSEPA.

The two Maria Islands form part of the PSEPA (figure 4). Of all the protected areas of Saint Lucia, Maria Island (Major) contains the most threatened, endangered and endemic reptile species. The islands are located 1000 yards off the southeastern coast of Saint Lucia. There are eight reptile species of which five are endemics: the tree lizard (*Anolis trinitatis luciae*), the St. Lucian fer-de-lance snake (*Bothrops caribbaeus*), the St. Lucia pigmy gecko (*Sphaerodactylus microlepis microlepis*), the Saint Lucian racer, and the Saint Lucia whiptail lizard. This high rate of endemism on such a vulnerable small fragile area/ecosystem is of serious concern, more so since the area is both a marine reserve and a bird sanctuary, which make it vulnerable to IAS by (land, sea and air), and by both natural and human agents, such as avian influenza, rats, and the Pacific lionfish.



**Figure 4.** Pointe Sable Environmental Protection Area on Saint Lucia's East Coast with the Maria Islands (St. Lucia National Trust).


The purpose of the terrestrial component is the conservation of the endemic *L. ornatus* and *C. vanzoi*. The pilot project exploits the existence of off-shore islands for the establishment and management of metapopulations of critical species. The off-shore islands of potential significance for threatened endemic vertebrates and predatory IAS are: Dennery Island, the Maria islands, Praslin Islands and Rat Island (figure 5a).



**Figure 5a.** Metapopulations of endemic species can find a safe-haven on St. Lucia's off-shore islands, if these can be kept free from IAS predators (M. Morton, Durrell).



**Figure 5b.** Feral sheep on Dennery island seem to survive on moisture in vegetation when the rainfed waterhole (below) dries out (Matthew Morton, Durrell Wildlife Conservation Trust).



The Forestry Department, together with the Durrell Wildlife Conservation Trust (DWCT), cleared the following islands of IAS predators: Praslin Island in 1993 and 1995, Dennery Island in 2005 (but livestock reappeared – *figure 5b*), and Rat Island in 2005. Both the Maria Islands appear to have been rat-free in recent history, but others (Rouche and Frigate) require a survey. Subsequently, *C. vanzoi* was re-introduced to Praslin and Rat Islands. As part of on-going management, these sites need to be monitored for IAS re-appearance and maintained IAS-free; thus, long-term management (hopefully) falls under “prevention”.

## Arrival and Management of the Alien Invasive Iguana

The exotic iguana (*figure 3*) was first reported in the wild in 2006. Its country of origin is unknown; these specimen are believed to have been bought from a pet shop in Canada and smuggled into Saint Lucia for a mini zoo in Soufriere. At least two, but possibly more, individuals escaped and subsequently naturalized. In the light of local observations collated by a recent awareness survey (Krauss, 2010b), it seems likely that first escapes occurred before 2000 and that there were probably several escapes from one or more source(s).

Since 2008 the spread of the alien iguana within the Soufriere basin is considered invasive. The alien iguana has a high reproductive potential. Its clutch size is 40-60 eggs, whereas the clutch size of the native iguana is only 20-25. The alien iguana is also very mobile locally and adaptable to different environments. Several factors contribute to its damaging impact:

- ▶ It can compete with indigenous species for food and habitat, causing a reduction in numbers or even extinction of the local species
- ▶ It may breed with the indigenous species, causing the latter to lose its uniqueness. This, in turn, would destroy the iyanola concept, with negative consequences for national pride as well marketing it to tourists
- ▶ It may vector pests and diseases to the local iguana populations, especially if imported illegally without veterinary certification or inspection
- ▶ It may cause an imbalance to local ecosystems
- ▶ It could become an agricultural pests that would cause a direct economic loss

For the control of the alien invasive iguana, early detection and rapid response are very important, as control is only realistically possible as long as the ranges of the two types of iguanas remain separate. Especially on the mountains surrounding Soufriere, its control will become increasingly difficult. The main approach here is the capture, removal and euthanasia (by a veterinarian) of the alien invasive iguana from South-West Saint Lucia. This is an ongoing collaboration between DWCT and the Forestry Department, initiated by questionnaires and field surveys in 2008, prior to the main phase of the GEF project. The DWCT has been involved with Forestry in the implementation of removal methods since they were first deployed in 2009, and are supported by the Balcombe Trust in this work. This activity is now being continued with the support of the GEF-funded project. One aim is to identify more cost-effective search and capture methods.


## Acknowledgements

The author thanks the organizers and the Direction Régionale de l’Environnement (DIREN) Martinique for a funded invitation to attend this symposium. The project presented here is co-funded principally by GEF, the Government of St. Lucia (GOSL) and the DWCT, in partnership with other local and regional collaborators.

## References

- ABADIE, C., BAUDOUIN, L., DAUGROIS, J.H., DOLLET, M., VUILLAUME, C., WICKER, E., TEYCHENEY, P.Y., 2008. CIRAD invasive species initiatives in the Caribbean Basin. In: 44th *Annual Meeting of the Caribbean Food Crop Society*, Miami, USA, 13-17 July, 2008, [http://publications.cirad.fr/une\\_notice.php?dk=548105](http://publications.cirad.fr/une_notice.php?dk=548105)
- CHAMBERS, C.M., SMITH, D., 2007. *Environmental Awareness in the OECS: Report of a KAP (Knowledge Attitude and Practice) Survey Conducted in Six Member States*. OECS Protected Areas and Associated Livelihoods (OPAAL) Project, Environment and Sustainable Development Unit (ESDU), Organization of Eastern Caribbean States (OECS) Secretariat, Castries, St. Lucia, pp. 191.
- COMPTON, E., 2010. Status of Sigatoka control in the sub-region. *Black Sigatoka Sub-Regional Workshop*, Gros Islet, Saint Lucia, 26 March 2010.





DALTRY, J.C., 2009. *The Status and Management of Saint Lucia's Forest Reptiles and Amphibians*, SFA2003/SLU/BIT-04/0711/EMF/LC, FCG Finnish Consulting Group Ltd and Fauna & Flora, pp 80,

<http://www.bananatrustslu.com/index.php?link=doccentre&project=sfa2003>.

FELIX, M.-L., 1998. *Freshwater Ecosystems. Prepared under Biodiversity Country Study Report of Saint Lucia*. UNEP/GEF Project No. GF/1200-96-64, MALFF, Castries GOSL, Castries, pp. 56.

GARDENER, L., 2009, *Pointe Sables Environmental Protection Area Management Plan 2009-2014*. Government of Saint Lucia, Ministry of Physical Development, Environment, and Housing Government of Saint Lucia, pp 87.

GOSL, undated a. *Dengue Fever Alert - Fight the Aedes aegypti Mosquito!*

[http://www.stlucia.gov.lc/agencies/health/alerts/dengue\\_fever\\_alert\\_-\\_fight\\_the\\_ades\\_aegypti\\_mosquito!.htm](http://www.stlucia.gov.lc/agencies/health/alerts/dengue_fever_alert_-_fight_the_ades_aegypti_mosquito!.htm)

GRAVESON, R. (undated). *The Plants of Saint Lucia (in the Lesser Antilles of the Caribbean)*.

<http://www.saintlucianplants.com>; last accessed 27 Sept., 2010

HEILEMAN, S., WALLING, L., 2008. *IWCAM Indicators Mechanism and Capacity Assessment. Integrating Watershed & Coastal Areas Management in Caribbean Small Island Developing States (GEF-IWCAM)*, part 1, pp 106; part 2, pp 51.

In PIERRE, L. (2008). *Mitigating the Threat of Invasive Alien Species in the Insular Caribbean (Saint Lucia)*. Report to CABI, pp. 56.

KELLY, P.L., REEDER, R., RHODES, S., EDWARDS, N., 2008. *First confirmed report of witches' broom caused by Moniliophthora perniciosa on cacao, Theobroma cacao, in Saint Lucia*. New Disease Reports, Vol 18, *British Society for Plant Pathology*, <http://www.ndrs.org.uk/ndr.php?id=018016>

KRAUSS, U., SEIER, M., STEWART, J., 2008. *Mitigating the Threats of Invasive Alien Species in the Insular Caribbean*. Report on Project Development Grant (PPG) Stakeholder Meeting, Project Preparation Grand (PPG), GFL-2328-2740-4995, GEF, UNEP, CABI Caribbean and Latin America, Piarco, Trinidad & Tobago, pp. 43.

KRAUSS, U., 2010a, *Critical Situation Analysis (CSA) of Invasive Alien Species (IAS) Status and Management*, Saint Lucia, 2010. Project No. GFL/ 2328 – 2713-4A86, GF-1030-09-03, Forestry Department, MALFF, St. Lucia, pp. 57.

KRAUSS, U., 2010b, *Invasive Alien Species (IAS) Awareness Baseline Survey*, Saint Lucia, 2010. Project No. GFL/ 2328 – 2713-4A86, GF-1030-09-03, Forestry Department, MALFF, St. Lucia, pp. 57.

MATHURIN, G., 2010b. *Recent Plant Pest Introductions to St. Lucia*. Quarantine Training Workshop, July 2010.

ORGANISATION OF EASTERN CARIBBEAN STATES (OECS) (undated). *Management Plan for the Millet Nature Trail, St. Lucia*. The OECS Protecting the Eastern Caribbean Region's Biodiversity Project Inception Report. *Unpublished Draft*, pp. 31.

RAWLINS, S.C., HINDS, A., RAWLINS, J.M., 2008. *Malaria and its vectors in the Caribbean: the continuing challenge of the disease forty-five years after eradication from the islands*. *West Indian Medical Journal* 57, 462-469.

ROBINSON, D.G, ZIMMERMAN, F.J., FIELDS, A., 2004. *The Terrestrial Malacofauna of Saint Lucia*. Unpublished report to Saint Lucia Ministry of Agriculture, pp. 17.

ROBINSON, D.G., HOVESTADT, A., FIELDS, A., BREURE, A.S.H. 2009. *The land Mollusca of Dominica (Lesser Antilles), with notes on some enigmatic or rare species*. *Zool. Med. Leiden* 83, 615-650.



# Systemes de culture innovants : vers une réintroduction de biodiversité dans les exploitations bananières des Antilles françaises

Murielle MANTRAN, Jérôme TIROLIEN, Jean-Louis DIMAN

La biodiversité est une composante du milieu que les agriculteurs de toutes les époques ont dû prendre en compte pour parvenir aux niveaux de production susceptibles de satisfaire leurs aspirations. La seconde moitié du 20e siècle a été le théâtre de ce qu'il est aujourd'hui convenu d'appeler la révolution verte, où le maintien de la biodiversité a été considéré comme antinomique d'une production agricole dont la maximisation des volumes et surtout des rendements, était synonyme de sécurité alimentaire, de rentabilité économique et donc gage de pérennité de l'activité agricole. A l'instar de ce qui se passait dans la plupart des grands pays agricoles du monde, dans la Caraïbe orientale et en particulier aux Antilles françaises, c'est la prévalence de cette logique qui a conduit à une artificialisation toujours plus importante du milieu au détriment des équilibres écologiques dans les systèmes de production agricole dominants. Dans ces agricultures post-coloniales, ce sont les productions traditionnelles destinées à la métropole qui ont fait l'objet d'un effort de gain de productivité conséquent.

L'évolution des systèmes de culture bananiers qui demeurent fortement présents dans les paysages agricoles de Guadeloupe et de Martinique est l'illustration de cette tendance générale. Aujourd'hui, où cette logique productiviste a conduit de nombreux agriculteurs dans l'impasse, et que les enjeux d'un développement durable gagnent du terrain dans les esprits, faisant de la société civile un puissant lobby, la réintroduction de biodiversité dans les systèmes semble inéluctable pour pérenniser une activité agricole qui manifestement ne peut, sans péril, ignorer les équilibres écologiques pour se soumettre à la seule loi du marché. La recherche agronomique notamment, conçoit et propose des systèmes de culture innovants susceptibles de réduire l'impact négatif de la production agricole marchande sur l'environnement.

Mais comment sont reçues ces innovations d'un nouveau genre par les exploitants qui au cours des dernières décennies n'ont connu qu'une évolution productiviste et techniciste unilatérale, synonyme de modernité ? Quelle évaluation peut-on faire des systèmes de culture actuels et de ceux proposés du point de vue du maintien voire de l'amélioration de la biodiversité dans les bananeraies ?

Ce changement de paradigme, "retour" ou "progrès" vers des systèmes de culture s'appuyant sur des associations, des rotations, des cultures intercalaires de plantes à services écosystémiques, de la rusticité a-t-il les faveurs des planteurs ? Permet-il d'envisager une évolution prochaine de la physionomie des paysages bananiers et par extension du paysage agricole aux Antilles françaises ? Dans ce qui suit, nous allons apporter quelques éléments de réponse aux questions précédentes.

## Matériels et méthodes

### Une typologie des exploitations bananières des Antilles françaises.

Les producteurs exportateurs de bananes aux Antilles Françaises étaient environ 700 en 2008 selon l'Union des Groupements de Producteurs de Banane (UGPBAN, 2009). Cette même année une enquête a été réalisée auprès de 85% de cette population et a permis de distinguer six types de planteurs (*tableau 1*), d'après leur différence de cadre décisionnel et fonctionnel et de système de culture bananier mis en œuvre et de ses performances (Blazy *et al.*, 2008).

**Tableau 1.** Typologie des exploitations bananières aux Antilles Françaises

| N° Type | Nom des types  |
|---------|--|
| 1       | <i>Petites exploitations familiales de plaine</i>              |
| 2       | <i>Exploitations de plaine de taille moyenne</i>               |
| 3       | <i>Sociétés bananières</i>                                     |
| 4       | <i>Grandes exploitations de plaine et piémont</i>              |
| 5       | <i>Exploitations familiales diversifiées de haute montagne</i> |
| 6       | <i>Exploitation en banane pérenne de montagne</i>              |



Les caractéristiques essentielles de chacun des types sont décrites au **tableau 2**.

**Tableau 2.** Caractéristiques structurelles essentielles des différents types d'exploitation

|                              | Type1 | Type2 | Type3 | Type4 | Type5 | Type6 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Effectif enquêté             | 299   | 116   | 58    | 58    | 7     | 69    |
| SAU totale moyenne (ha)      | 3,6   | 10    | 90    | 30    | 6     | 8     |
| Altitude moyenne (m)         | 90    | 100   | 110   | 150   | 575   | 285   |
| SAU bananière (% SAU totale) | 85%   | 66%   | 63%   | 73%   | 84%   | 61%   |

### Un géoréférencement des parcelles cultivées

Chaque exploitation bananière déclarée est identifiée à la Direction de l'Agriculture et de la Forêt (DAF) par un numéro PACAGE. Ces déclarations de surface agricole sont effectuées annuellement par les exploitants pour chaque parcelle agricole auprès des services de la DAF et sont géolocalisées (Beguyot *et al.*, 2004), en Guadeloupe par AGRIGUA (Association Guadeloupéenne de Recueil d'Informations Géographiques à Utilité Agricole), en Martinique par les deux groupements de planteurs, BANAMART et BANALLIANCE.

### Des innovations proposées par la Recherche agronomique.

Les innovations pour les systèmes de production bananiers aux Antilles françaises (**tableau 3**) visent deux objectifs principaux : (i) la réduction de l'utilisation de pesticides et (ii) le recours à des procédés naturels pour contrôler les ravageurs et/ou la nutrition minérale (Blazy *et al.*, 2009). Les plantes proposées en rotation (*Crotalaria juncea*, *Brachiaria decumbens* ou Ananas) et la jachère permettent d'assainir la parcelle en nématodes par la suppression des plantes hôtes. Les nématodes attaquent les racines, fragilisant le bananier qui verse. La lutte actuelle recourt à des nématicides nocifs et néfastes pour l'environnement. La jachère doit être contrôlée chimiquement car certaines espèces adventices sont des plantes hôtes pour le nématode. Le *C. juncea*, conjugue deux intérêts : (i) fixation de l'azote et (ii) aurait une action nématode-régulatrice par la sécrétion d'exsudats racinaires.

Les cultures associées sont des cultures à implanter sur la parcelle en combinaison avec la culture principale, la banane. Elles permettent un contrôle des adventices par effet mulch et ainsi une réduction de l'utilisation d'herbicides. Le *Canavalia ensiformis* est une légumineuse et combine plusieurs avantages. Tout comme le *C. juncea*, cette légumineuse sécréterait des toxines racinaires nématode-régulatrices, effet qui a été vérifié pour deux espèces de nématodes autres que *Radopholus similis*

(Desaeger and Rao, 1999, Wang *et al.*, 2001). Cette plante permet un bon contrôle des adventices et a un effet de plante de couverture. *L'Impatiens* sp. est une petite plante à fleurs roses ou violettes poussant à l'état sauvage qui peut servir à limiter l'érosion et, qui a peut-être des propriétés nématode-régulatrices mais ceci n'est pas encore démontré scientifiquement.

**Tableau 3.** Innovations proposées pour les systèmes bananiers aux Antilles Françaises (Blazy *et al.*, 2009)

| Type d'innovation                         | N° | Description   |
|---|----|---|
| Suspension de l'utilisation de pesticides | 1  | Arrêt des traitements nématicides   |
|   | 2  | Arrêt des traitements herbicides (désherbage manuel ou mécanique)   |
|   | 3  | Arrêt des nématicides et des herbicides (désherbage manuel ou mécanique)  |
| Adoption de rotations                     | 4  | Rotation avec <i>Crotalaria juncea</i> (8 mois)   |
|   | 5  | Rotation avec Jachère Spontanée contrôlée chimiquement (12 mois)  |
|   | 6  | Rotation avec Ananas (24 mois)  |
| Adoption de systèmes intégrés             | 7  | Système intégré 1 (plaine) : rotation avec <i>Brachiaria decumbens</i> (12 mois) + Semis sous Couvert Végétal Vivant + culture associée <i>B. decumbens</i> |
|   | 8  | Système intégré 2 (montagne) : rotation avec jachère contrôlée chimiquement (12 mois) + culture associée <i>Impatiens</i> sp.                               |
|   | 9  | Système biologique : rotation avec <i>C. juncea</i> + culture associée <i>Canavalia ensiformis</i> + apport en fertilisation organique                      |
| Adoption de cultures associées            | 10 | Culture associée <i>C. ensiformis</i>   |
|   | 11 | Culture associée <i>B. decumbens</i>  |
|   | 12 | Culture associée <i>Impatiens</i> sp.   |
| Raisonnement des apports                  | 13 | Traitement de nématicides en fonction d'un monitoring de nématodes  |
|   | 14 | Traitement herbicide fonction d'un seuil de couverture du sol en adventices   |
|   | 15 | Apports de fertilisants chimiques en fonction des besoins   |
| Adoption de nouvelles variétés            | 16 | Variété 91X   |
|   | 17 | Variété 91Y   |
|   | 18 | Variété 91Y en système biologique : rotation avec <i>C. juncea</i> + culture associée <i>Canavalia ensiformis</i> + apport fertilisation organique          |



Les nouvelles variétés proposées sont résistantes à deux maladies du bananier : la cercosporiose jaune (causée par *Mycosphaerella musicola*) et la cercosporiose noire (causée par *Mycosphaerella fijiensis*). En Guadeloupe, seule la cercosporiose jaune est présente. Ces variétés présentent une résistance partielle aux nématodes (Quénéhervé *et al.*, 2008). Les innovations 7, 8, 9 et 18 correspondent à des combinaisons de différentes innovations.

### Une méthode pour évaluer l'impact des systèmes innovants sur la biodiversité.

Chaque innovation est simulée pour chaque type d'exploitation à l'aide des modèles SIMBA et BANAD sur une durée de 10 ans. Le modèle de culture SIMBA (Tixier *et al.*, 2008) simule les systèmes de culture à base de bananier à l'échelle de la parcelle sur plusieurs cycles à un pas de temps hebdomadaire. Il permet aussi de prendre en compte un large panel d'opérations culturales et des cultures autres que le bananier (*scenarii* de rotations et de cultures associées). SIMBA simule les performances agronomiques des bananiers (rendement, population des bananiers) et l'impact des systèmes de culture de bananiers sur l'environnement (azote lessivé, structure du sol, note qualitative de pollution des eaux, population de nématodes dans le sol...). Le modèle BANAD (Blazy *et al.*, 2010), est un modèle bioéconomique qui a permis de simuler l'impact des innovations sur la production, les performances économiques, la charge de travail et l'utilisation des pesticides en tenant compte de la diversité des systèmes de culture. BANAD utilise les données biophysiques de sortie du modèle SIMBA et comme ce dernier, il s'exécute sur plusieurs cycles au pas de temps hebdomadaire mais à l'échelle de l'exploitation.

Les données d'entrée et de sortie des deux modèles précédents sont utilisées pour évaluer la durabilité des systèmes de cultures bananiers par la méthode MASC-Banane (Tirolien, 2009). MASC-Banane est une méthode d'évaluation multicritère *ex ante* de la durabilité des systèmes de culture bananiers aux Antilles françaises (Guadeloupe et Martinique). Cette méthode intègre des indicateurs économiques, environnementaux et d'acceptabilité sociale. Elle correspond à l'adaptation de la méthode MASC (Sadok *et al.*, 2009) au contexte de la culture de la banane aux Antilles. L'indicateur "Maintien de la biodiversité" de la méthode MASC-Banane a été utilisé pour évaluer l'impact des différentes innovations sur la biodiversité. Il s'agit d'un indicateur composite correspondant à l'agrégation de cinq indicateurs élémentaires : (i) diversité des cultures (contribution du système de culture à la biodiversité locale via la prise en compte de la diversité des plantes cultivées), (ii) proportion traitée du système (prise en compte de la proportion des cultures

de la succession qui reçoit des traitements phytosanitaires) (iii) indice de fréquence de traitement insecticide (intensité d'utilisation des insecticides dans le système de culture, pression exercée sur l'entomofaune), (iv) indice de fréquence de traitement fongicide (intensité d'utilisation des fongicides dans le système de culture, pression exercée sur la population de champignons) et (v) indice de fréquence de traitement herbicide (intensité d'utilisation des herbicides dans le système de culture, pression exercée sur la flore adventice). Les résultats de l'indicateur "Maintien de la biodiversité" sont présentés sous la forme d'une note qualitative nominale à quatre modalités : très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée.

## Résultats

### Répartition géographique des types d'exploitations

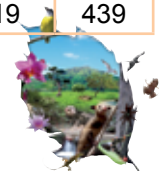
En 2008, l'enquête réalisée a permis de recenser plus de 10 000 ha de bananeraies pour 607 planteurs, les trois quarts se situant en Martinique. Les types d'exploitations ne sont pas représentés équitablement sur les deux îles et différemment selon la superficie (*tableau 4*) et le nombre d'exploitants (*tableau 5*). La Guadeloupe a 60% de sa surface bananière en grandes exploitations (types 3 et 4) alors que la moitié en Martinique est détenue exclusivement par des sociétés bananières (type 3). En ce qui concerne le nombre de planteurs, la répartition diffère également. Les types "petites exploitations de plaine et de montagne" constituent l'essentiel des exploitations en Guadeloupe (58%) alors que les petites exploitations de plaine sont seules majoritaires en Martinique (57%). La Guadeloupe possède encore quelques exploitations familiales de montagne (42 ha pour 7 exploitants), type que nous n'avons pu identifier en Martinique.

**Tableau 4.** Répartition des surfaces bananières enquêtées par type d'exploitations.

|            | Type1 | Type2 | Type3 | Type4 | Type5 | Type6 | Total |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Guadeloupe | 183   | 334   | 793   | 575   | 42    | 350   | 2 794 |
| Martinique | 895   | 827   | 4 431 | 1 168 | 0     | 208   | 7 529 |

**Tableau 5.** Répartition des exploitations enquêtées par type d'exploitations

|            | Type1 | Type2 | Type3 | Type4 | Type5 | Type6 | Total |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Guadeloupe | 47    | 34    | 8     | 22    | 22    | 50    | 168   |
| Martinique | 252   | 82    | 50    | 36    | 36    | 19    | 439   |



## Comparaison des types pour le maintien de la biodiversité selon l'innovation

Les résultats pour l'indicateur de contribution au maintien de la biodiversité sont présentés pour chacune des 18 innovations proposées aux 6 types d'exploitations en comparaison de leur situation sans innovation. Une note "très élevée" et "moyenne à élevée" est considérée comme satisfaisante pour le maintien de la biodiversité (tableau 6). Sans aucune innovation, la note est satisfaisante uniquement pour le type 5 des petites exploitations familiales diversifiées de montagne. Chez les petites et moyennes exploitations de plaine (types 1 et 2), les innovations prometteuses sont les systèmes intégrés et la variété 91Y conduite en agriculture biologique. Chez les sociétés bananières (type 3) se rajoute aux innovations précédentes, l'arrêt de l'utilisation des nématicides et des herbicides. Pour les grandes exploitations et les exploitations en banane pérenne (types 4 et 6 respectivement), en plus des innovations précédentes, les cultures associées s'avèrent également prometteuses.

Pour les exploitations diversifiées (type 5), toutes les innovations sont prometteuses en terme de maintien de la biodiversité, toutefois ces exploitations bénéficiant déjà d'une notation satisfaisante sans innovation, leur marge de progression est étroite. D'ailleurs leur progression n'est manifeste que pour les systèmes intégrés et une nouvelle variété proposée en système biologique.

Tableau 6. Notation des innovations proposées pour chacun des types d'exploitations

| TYPES                      |                              | N° | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |                  |
|----------------------------|------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|------------------|
| Situation sans Innovation  |                              | 0  |    |    |    |    |    |    |                  |
| Suppression des pesticides | Nématicides                  | 1  |    |    |    |    |    |    | Très élevée      |
|                            | Herbicides                   | 2  |    |    |    |    |    |    |                  |
|                            | Nématicides + Herbicides     | 3  |    |    |    |    |    |    |                  |
| Rotations                  | <i>Crotalaria juncea</i>     | 4  |    |    |    |    |    |    | Faible à moyenne |
|                            | Jachère                      | 5  |    |    |    |    |    |    |                  |
|                            | Ananas                       | 6  |    |    |    |    |    |    |                  |
| Systèmes intégrés          | Système intégré 1 (plaine)   | 7  |    |    |    |    |    |    | Moyenne à élevée |
|                            | Système intégré 2 (montagne) | 8  |    |    |    |    |    |    |                  |
|                            | Système biologique           | 9  |    |    |    |    |    |    |                  |
| Cultures associées         | <i>Canavalia ensiformis</i>  | 10 |    |    |    |    |    |    | Très faible      |
|                            | <i>Brachiaria decumbens</i>  | 11 |    |    |    |    |    |    |                  |
|                            | <i>Impatiens sp.</i>         | 12 |    |    |    |    |    |    |                  |
| Raisonnements des apports  | Nématicides                  | 13 |    |    |    |    |    |    |                  |
|                            | Herbicides                   | 14 |    |    |    |    |    |    |                  |
|                            | Fertilisants                 | 15 |    |    |    |    |    |    |                  |
| Nouvelles variétés         | 91X                          | 16 |    |    |    |    |    |    |                  |
|                            | 91Y                          | 17 |    |    |    |    |    |    |                  |
|                            | 91Y en système biologique    | 18 |    |    |    |    |    |    |                  |



## Innovations sur les herbicides

Certaines innovations ne présentent pas de différenciation spatiale significative : les rotations (innovations 4, 5 et 6) sont mal notées pour tous les types sauf les quelques petites exploitations familiales diversifiées de montagne (*tableau 5*) présentes sur le territoire guadeloupéen uniquement et sur une superficie relativement limitée (*tableau 4*) ; les systèmes intégrés (innovations 7, 8 et 9) obtiennent une note très élevée pour tous les types d'exploitations ; les cultures associées (innovations 10, 11 et 12) partagent l'espace en deux zones distinctes, la plaine d'un côté, la montagne et le piémont de l'autre.

Compte tenu de la répartition géographique des types d'exploitations entre la Guadeloupe et la Martinique, il s'avère par contre pertinent de s'intéresser aux innovations concernant l'usage des herbicides. Il s'agit plus précisément de la suppression des pesticides (n°2 : arrêt des herbicides et n°3 : arrêt des nématicides et des herbicides) d'une part, et du raisonnement des apports (n°14 : monitoring des herbicides) d'autre part. Les innovations n°2 et 14 obtiennent des notes considérées comme satisfaisantes seulement pour les petites exploitations de montagne (type 5). La n°3 a de mauvaises notes uniquement pour les petites et moyennes exploitations de plaine, type 1 et 2 (*tableau 6*). Ces trois innovations sont comparées à la situation sans innovation et évaluées par superficie concernée (*tableau 7*) pour la Guadeloupe et la Martinique respectivement.

**Tableau 7.** Superficies concernées (en ha) par les innovations portant sur l'usage des herbicides selon la notation de l'indicateur "Maintien de la biodiversité" en Guadeloupe et en Martinique

| superficies      | Sans Innovation |       | Innovation n°2 |       | Innovation n°3 |      | Innovation n°14 |       |
|------------------|-----------------|-------|----------------|-------|----------------|------|-----------------|-------|
|                  | 971             | 972   | 971            | 972   | 971            | 972  | 971             | 972   |
| Très faible      | 1 585           | 7 530 | 518            | 1 723 | 0              | 0    | 1 140           | 7 322 |
| Faible à moyenne | 0               | 0     | 1718           | 5807  | 1720           | 1723 | 1092            | 208   |
| Moyenne à élevée | 693             | 0     | 42             | 0     | 558            | 5807 | 46              | 0     |
| Elevée           | 0               | 0     | 0              | 0     | 0              | 0    | 0               | 0     |

**Tableau 8.** Nombre de planteurs concernés par les innovations portant sur l'usage des herbicides selon la notation de l'indicateur "Maintien de la biodiversité" en Guadeloupe et en Martinique

| superficies      | Sans Innovation |     | Innovation n°2 |     | Innovation n°3 |     | Innovation n°14 |     |
|------------------|-----------------|-----|----------------|-----|----------------|-----|-----------------|-----|
|                  | 971             | 972 | 971            | 972 | 971            | 972 | 971             | 972 |
| Très faible      | 161             | 439 | 81             | 334 | 0              | 0   | 111             | 420 |
| Faible à moyenne | 0               | 0   | 80             | 105 | 81             | 334 | 50              | 19  |
| Moyenne à élevée | 7               | 0   | 7              | 0   | 87             | 105 | 7               | 0   |
| Elevée           | 0               | 0   | 0              | 0   | 0              | 0   | 0               | 0   |





En Guadeloupe, 30% des surfaces (693 ha) obtiennent une note satisfaisante sans aucune innovation proposée alors qu'en Martinique, 100% des surfaces (7530 ha) ont une mauvaise note (très faible) dans leur système actuel. L'arrêt conjoint des nématicides et des herbicides amène à une amélioration de la note pour 24% des surfaces en Guadeloupe contre 52% en Martinique. L'arrêt et le monitoring des herbicides augmentent très peu les surfaces à note satisfaisante en Guadeloupe (88 ha au total) et demeurent sans effet en Martinique. Les surfaces en banane sont principalement réparties en Guadeloupe sur le "croissant bananier" (communes de Goyave à Baillif) et en Martinique sur la façade atlantique (communes du Macouba au Vauclin). Chacune des parcelles de chaque exploitation est cartographiée et notée selon l'échelle de notation de *MASC* (Sadok *et al.*, 2009) et les chartes graphiques en cartographie (Bertin, 2005 ; Beguin *et al.*, 2004), ceci pour les innovations concernant les herbicides.

Malgré l'arrêt des herbicides (*figure 1*), l'ensemble du territoire martiniquais et la côte-au-vent de la Guadeloupe conservent une mauvaise note. Sur la côte-sous-vent de Guadeloupe, on aperçoit les quelques petites exploitations familiales diversifiées en altitude (type 5), qui seules obtiennent une note satisfaisante quant au "Maintien de la biodiversité".

L'innovation "Arrêt des nématicides et des herbicides" (*figure 2*) par contre améliore très nettement la note de biodiversité sur la plus grande partie des deux îles à l'exception des zones de plaine, où se situent de nombreuses petites et moyennes exploitations (types 1 et 2).

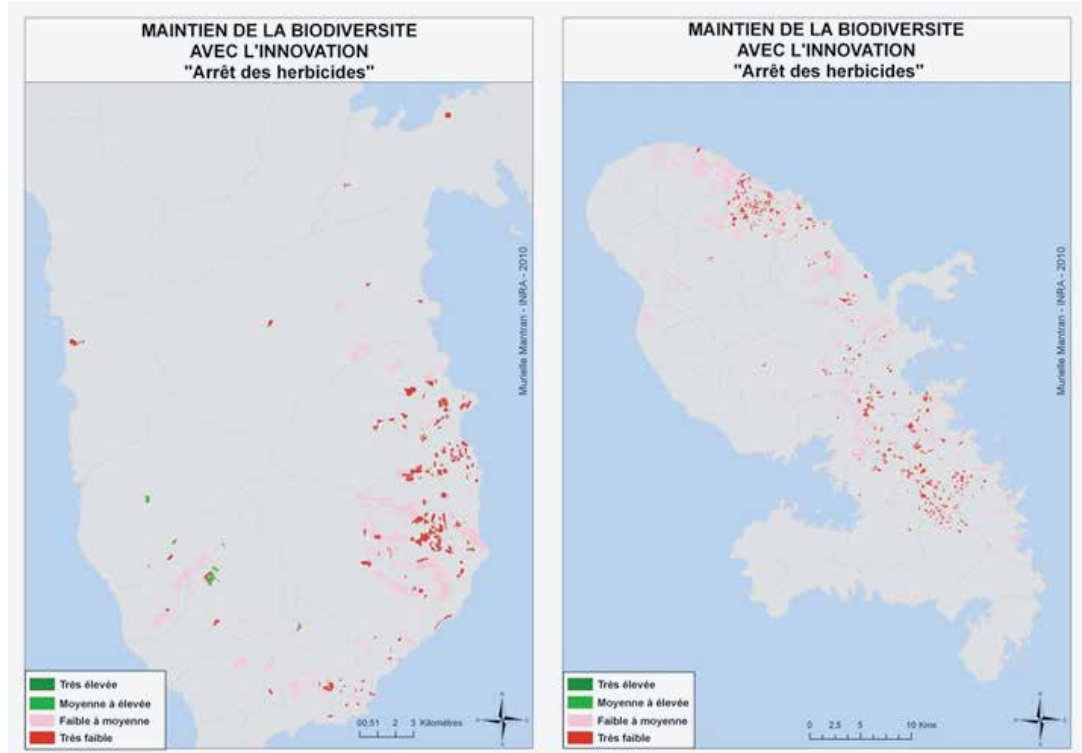


Figure 1. Spatialisation du maintien de la biodiversité avec l'innovation "arrêt des herbicides" (INRA)

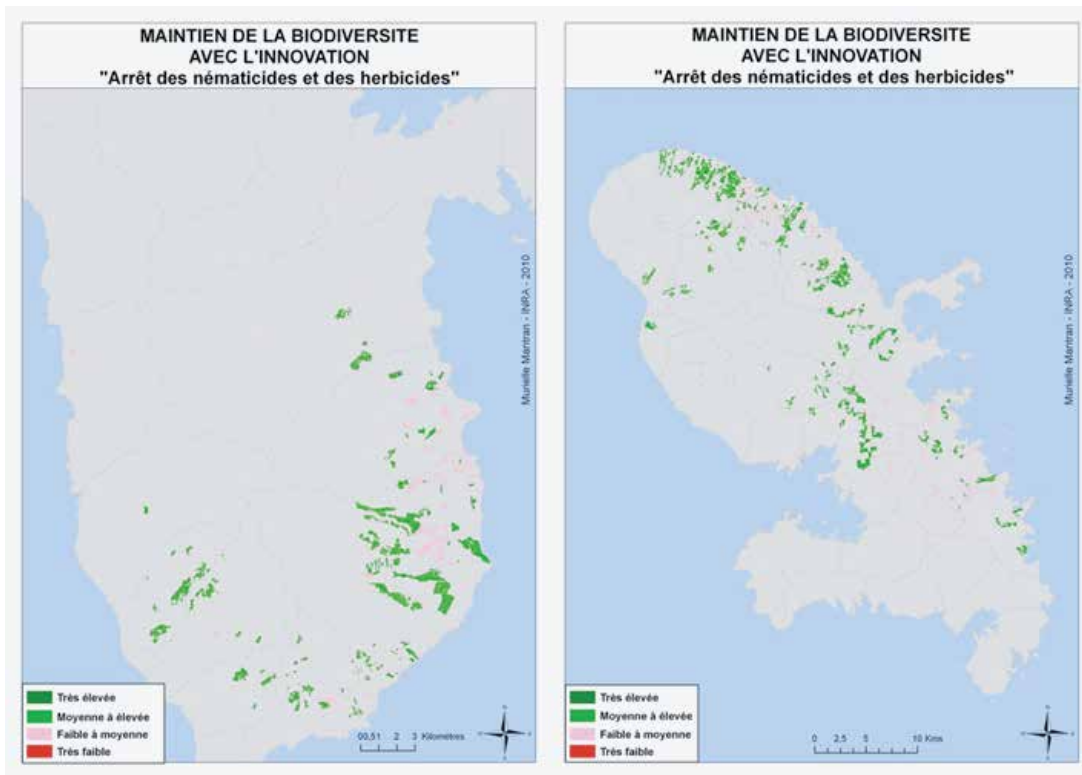


Figure 2. Spatialisation du maintien de la biodiversité avec l'innovation "arrêt nématicides et herbicides" (INRA)



Les zones concernées sont les plaines de Capesterre-Belle-Eau et de Goyave en Guadeloupe. En Martinique, ce sont les plaines du Lorrain au Nord-Atlantique d'une part, de Ducos, du François et du Saint-Esprit au Centre d'autre part. L'innovation "Monitoring des herbicides" (figure 3) quant à elle, n'améliore la note que pour les exploitations familiales diversifiées de montagne (type 5), présentes uniquement en Guadeloupe dans les hauteurs des communes de Baillif, Saint-Claude et Trois-Rivières. Celles-ci représentent moins de 50 ha (tableau 7).

d'aboutir à une note satisfaisante chez un type d'exploitation sur six, et l'arrêt de l'utilisation à la fois des nématicides et des herbicides (innovation 3) qui obtient une note satisfaisante chez quatre types d'exploitation sur six. Pour les autres innovations, les différences de notation (Sadok *et al.*, 2009) entre types d'exploitations (tableau 6) trouvent leur origine dans la conduite de la bananeraie spécifique aux différents types (du système intensif des sociétés bananières à la production extensive en bananeraie pérenne de montagne).

Les petites exploitations familiales diversifiées de montagne (type 5) constituent un cas particulier puisqu'aucun traitement phytosanitaire n'y est fait à l'origine et qu'elles obtiennent par conséquent toujours une note satisfaisante. Présentes uniquement en Guadeloupe selon notre enquête, elles sont extrêmement marginales par rapport à la population des planteurs de bananes (1%).

Globalement, il ressort donc que les innovations élémentaires consistant à supprimer certains traitements de façon isolée ne suffisent pas à améliorer la notation des différents types de producteurs de bananes au regard de notre

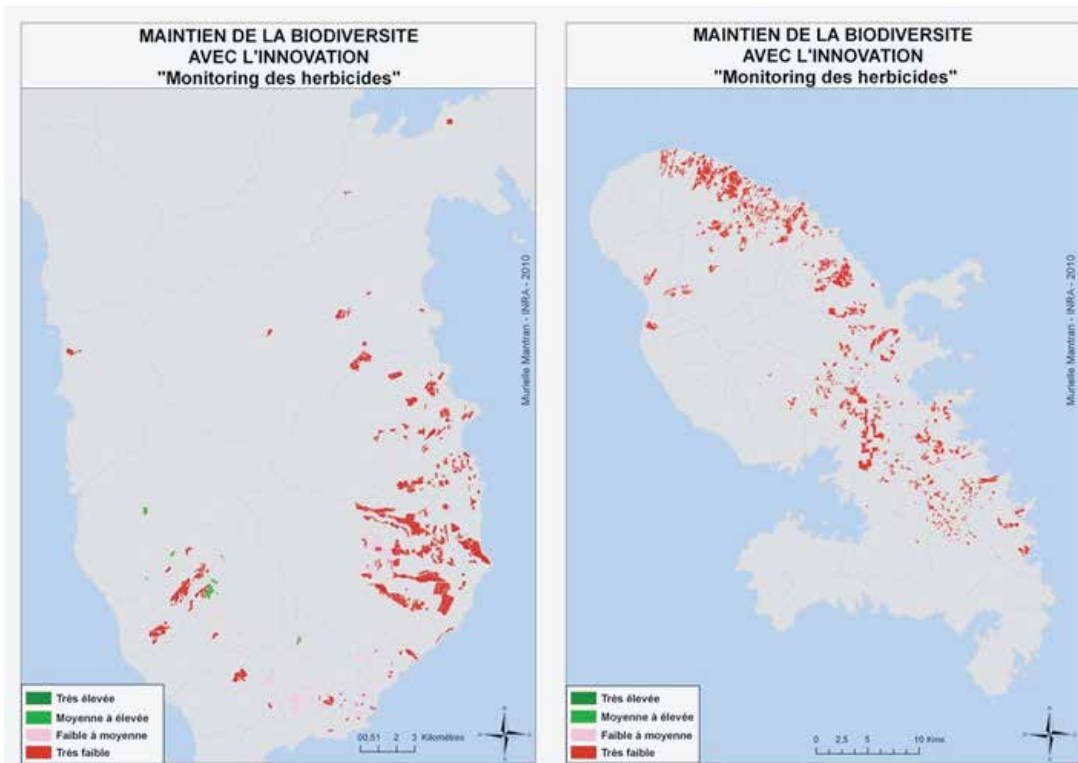


Figure 3. Spatialisation du maintien de la biodiversité avec l'innovation "monitoring des herbicides" (INRA)

## Discussion

La méthode MASC-Banane (Tirolien, 2009) nous a permis de sélectionner *a priori* une ou plusieurs innovations prometteuses par type d'exploitation. Les systèmes intégrés apparaissent comme les innovations les plus prometteuses puisqu'ils permettent d'aboutir à une note de maintien de la biodiversité très élevée chez tous les types d'exploitation. Ces systèmes de cultures permettent de réduire de façon combinée la quantité d'herbicides et de nématicides utilisés, ainsi que d'introduire une diversité végétale par les cultures introduites dans la rotation et l'utilisation de cultures associées. Les systèmes intégrés correspondent à la combinaison d'innovations simples et montrent que l'évolution d'une seule pratique agricole ne suffit pas. Il faut améliorer un ensemble de pratiques pour favoriser le maintien de la biodiversité. Ceci s'illustre également par le cas de l'arrêt de l'utilisation de nématicides (innovation 1) puis l'arrêt de l'utilisation d'herbicides (innovation 2) qui permettent

indicateur de maintien de la biodiversité (tableaux 7 et 8). Quand on combine simultanément l'arrêt des nématicides et des herbicides, alors l'évolution devient significative, sauf pour certains types de petites et moyennes exploitations. En montagne (type 5), cela s'explique parce que les traitements en question étaient déjà peu ou pas pratiqués (l'innovation est donc sans objet). Pour ce qui concerne les petites et moyennes exploitations de plaine, nous sommes tentés de formuler une hypothèse approchante. Ces exploitations n'étant pas les plus intensives par les volumes d'intrants utilisés à l'origine, leur mauvaise notation quant au maintien de la biodiversité serait due à d'autres pratiques que les traitements nématicides et/ou herbicides, ce qui expliquerait le peu d'effet qu'entraîne la suppression de l'usage de ces substances biocides sur l'évolution de leur notation (tableau 6). Enfin, les systèmes combinant de façon complexe plus de deux innovations élémentaires se révèlent les plus prometteurs. Même les exploitations familiales diversifiées de montagne déjà



bien notées, gagneraient manifestement à mettre en œuvre ces systèmes intégrés pour accroître leur notation en terme de maintien de la biodiversité.

Au-delà du fait qu'une innovation favorise ou non le maintien de la biodiversité d'après l'indicateur de MASC-Banane, il semble important d'aller plus loin dans l'analyse. En effet, l'agriculteur demeure maître de ses choix, et l'adoption ou la non-adoption d'une innovation repose vraisemblablement sur d'autres critères que le seul maintien de la biodiversité tel qu'évalué par l'indicateur que nous avons utilisé. Il est donc essentiel de s'intéresser aux préférences des agriculteurs exprimées *ex-ante*.

Le **tableau 9** nous révèle les taux d'adoption *a priori* de certaines catégories d'innovations proposées aux planteurs pour chacun des types identifiés, ainsi que pour certaines catégories d'innovations, la préférence exprimée à l'égard du système de culture en vigueur. Nous n'avons pas d'évaluation de l'adoption pour la suppression des pesticides (innovations 1, 2 et 3), ni pour le raisonnement des apports d'intrants de synthèse (innovations 13, 14 et 15).

**Tableau 9.** Taux d'adoption potentielle (choix ex-ante) face aux propositions d'innovation technique

| Catégories d'innovation                          | Type1     | Type2      | Type3     | Type4     | Type5     | Type6     |
|--|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Cultures associées (% préférence système actuel) | 55% (49%) | 65% (9%)   | 57% (48%) | 65% (41%) | 71% (71%) | 77% (43%) |
| Nouvelles variétés                               | 45%       | 59%        | 60%       | 71%       | 43%       | 54%       |
| Rotations (% préférence système actuel)          | 59% (46%) | 80% (13 %) | 67% (48%) | 76% (41%) | 29% (71%) | 71% (56%) |
| Systèmes intégrés                                | 49%       | 65%        | 67%       | 72%       | 57%       | 71%       |
| Banane biologique                                | 42%       | 36%        | 38%       | 38%       | 43%       | 30%       |

En ce qui concerne les rotations, si elles ne présentent pas beaucoup d'intérêt de façon isolée, les planteurs semblent globalement plutôt enclins à les adopter en dehors des petites exploitations familiales diversifiées de montagne (type 5). Ce type étant le seul pour lequel la notation des rotations prises globalement (**tableau 6**) est plutôt satisfaisante, nous pouvons en conclure que les rotations n'ont d'intérêt pour aucun des types de producteurs de bananes des Antilles françaises pour envisager un éventuel maintien, *a fortiori* un accroissement de la biodiversité dans les zones de production bananière.


En ce qui concerne les cultures associées, le taux d'adoption est globalement supérieur à 55% pour atteindre 77% pour les exploitations en banane pérenne de montagne (**tableau 9**). En dehors du type 5, ces innovations améliorent la situation au regard du maintien de la biodiversité par rapport

à la pratique actuelle, mais elles ne débouchent sur une situation satisfaisante que pour les exploitations situées en piémont et en montagne (**tableau 6**). Celles-ci ne représentant que 22% de la population enquêtée, le potentiel de regain de biodiversité dans les zones bananières grâce à ces innovations quoi qu'appréciable demeure relativement limité et surtout principalement cantonné aux zones élevées.

Les exploitations familiales sont celles qui sont les moins favorables à l'adoption de nouvelles variétés de bananier (en plaine comme en montagne). Les autres producteurs y semblent plutôt favorables, cependant ces nouvelles variétés introduites isolément (innovations 16 et 17) revalorisent peu voire pas du tout la notation imputée au système en place du point de vue du maintien de la biodiversité. Seule la variété 91Y introduite en système biologique produit une note satisfaisante. Cependant, il s'avère que cette proposition de banane biologique est l'innovation qui serait la moins adoptée *a priori* par tous les types de producteurs (**tableau 9**). Il semble donc difficile de s'appuyer sur les nouvelles variétés ainsi que sur une production de banane biologique (très bien notée par notre indicateur), pour s'assurer un maintien de la biodiversité au sein des paysages bananiers des Antilles françaises.

Enfin les systèmes intégrés qui ont la meilleure notation de toutes les innovations proposées, présentent l'avantage d'être potentiellement adoptés majoritairement par 5 types sur 6. Le seul type de planteurs de bananiers à faire défaut est le type 1 des petites exploitations familiales de plaine (49% d'adoptants potentiels). Il semble donc bien que ce soit prioritairement au travers de systèmes intégrés que l'on puisse envisager le maintien d'une biodiversité satisfaisante dans un maximum d'exploitations bananières.

Plusieurs innovations techniques susceptibles d'amoinrir l'impact des systèmes de culture sur l'environnement ont été proposées aux producteurs de bananes par la Recherche agronomique au moyen d'une enquête réalisée au cours de l'année 2008. Ce travail a permis d'apprécier *ex-ante* l'adoption par ces planteurs des différentes propositions effectuées. La plupart aura *a priori* un taux d'adoption supérieur à 50% quel que soit le type d'exploitation auquel les innovations seront proposées. La production de banane en système biologique qui présente une très bonne évaluation quant au maintien de la biodiversité est la seule qui n'ait pas convaincu les producteurs. *A contrario* ceux-ci, à l'exception des quelques petites exploitations familiales diversifiées de montagne, plébiscitent les rotations



proposées, lesquelles ne permettent pas selon l'indicateur choisi pour évaluer le maintien de la biodiversité d'obtenir des résultats probants. C'est donc au moyen de cultures associées que l'on pourra éventuellement maintenir un niveau satisfaisant de biodiversité dans les exploitations bananières, mais ce, principalement en zone d'altitude. Enfin, les systèmes intégrés plus complexes, compte tenu des niveaux d'adoption affichés et de leur performance du point de vue de l'indicateur retenu semblent les plus à même de favoriser un maintien d'un niveau satisfaisant de biodiversité en exploitation bananière. Aujourd'hui, ces travaux laissent entrevoir deux types de développement nécessaires pour mieux accompagner la profession bananière antillaise dans sa quête de contribution au développement durable de nos territoires. D'une part, dans notre étude, l'impact des systèmes agricoles sur la durabilité n'est évalué qu'indirectement par un unique indicateur de pression. Selon l'Institut Français pour la Biodiversité (Levrel, 2007), l'impact des pratiques agricoles sur la biodiversité doit nécessairement être évalué par d'autres indicateurs d'ordre structurel (aménagement des parcelles) et aussi par des indicateurs taxonomiques (espèces bio-indicatrices). La méthode gagnerait donc à être améliorée en s'appuyant sur des modèles de population prédictifs pour les espèces retenues comme bio-indicateurs, puisqu'il s'agit d'une méthode d'évaluation *ex-ante*. D'autre part, les systèmes intégrés qui semblent convenir tant du point de vue de l'évaluation du maintien de la biodiversité que de l'évaluation *ex-ante* des agriculteurs concernés sont par construction relativement complexes à mettre en oeuvre. Nous ne saurons s'ils conviennent réellement aux différents types d'exploitation bananières que lorsque des essais "on-farm" auront été conduits et évalués tant du point de leur impact mesuré sur la biodiversité que des résultats obtenus par les exploitations associées aux tests en terme de contribution au développement durable et en particulier de reproductibilité du système.

## Références bibliographiques

BEGUIN, M., PUMAIN, D., 1994, La représentation des données géographiques : Statistique et cartographie, 2<sup>ème</sup> édition, 192 p.

BEGUYOT, P., CHEVALIER, B., 2004. Le GPS en agriculture : Principes, applications et essais comparatifs, Dijon, 136 p.

BERTIN, J., 2005. Sémiologie Graphique. Les diagrammes, les réseaux, les cartes, Paris, 5<sup>ème</sup> édition, 452 p.

BLAZY, J.M., PEREGRINE, D., DIMAN, J.L., CAUSERET, F., 2008. Assessment of banana farmers' flexibility for adopting agro-ecological innovations in Guadeloupe: a typological approach. In: Dedieu, B., Zasser-Bedoya, S. (Eds.), CD-ROM Proceedings of the 8th European IFSA Symposium, 6 - 10 July 2008, Clermont-Ferrand (France). 457-458.

BLAZY, J.M., OZIER-LAFONTAINE, H., DORÉ, T., THOMAS, A., WERY, J., 2009. A methodological framework that accounts for farm diversity in the prototyping of crop management systems. Application to banana-based systems in Guadeloupe. *Agricultural Systems* 101, 30-41.

BLAZY, J.M., TIXIER, P., THOMAS, A., OZIER-LAFONTAINE, H., SALMON, F., WERY, J., 2010. BANAD: a farm model for ex ante assessment of agro-ecological innovations and its application to banana farms in Guadeloupe. *Agricultural Systems* 103, 221-232.

DESAEGER, J. and RAO, M.R., 1999. The root-knot nematode (*Meloidogyne spp.*) problem in Sesbania fallows and scope for managing it in western Kenya. *Agrofor. Syst.* 47, 273-288.

LEVREL, H., 2007. Quels indicateurs pour la gestion de la biodiversité. Les cahiers de l'IFB (Institut Français de la Biodiversité), 94 p.

QUÉNÉHERVÉ, P., SALMON, F., TOPART, P., HORRY, J.-P., 2009. Nematode Resistance in Bananas: screening results on some new *Mycosphaerella* resistant banana hybrids. *Euphytica*, 165 (1), Number 1, 137-143.

SADOK, W., ANGEVIN, F., BERGEZ, J.E., BOCKSTALLER, C., COLOMB, B., GUICHARD, L., REAU, R., MESSÉAN, A., DORÉ, T., 2009. MASC : a qualitative multi attribute decision model for *ex-ante* assessment of the sustainability of cropping systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 447-461.

TIROLIEN, J., 2009. Evaluation multicritère de la durabilité de systèmes de culture bananiers innovants en Guadeloupe : Adaptation et utilisation de l'outil MASC. Mémoire de fin d'études, ENITA de Clermont-Ferrand, France, 107 p.

TIXIER, P., MALÉZIEUX, E., DOREL, M., WERY, J., 2008. SIMBA, a model for designing sustainable banana-based cropping systems. *Agricultural Systems* 97, 139-150.

UGPBAN., 2009. L'Institut Technique de la banane et le Plan Banane Durable, l'engagement des planteurs de Guadeloupe et Martinique. La lettre de l'Union du 25 janvier 2009, 19 p.

WANG, K.-H., SIPES, B.S., SCHMITT, D.P., 2001. Suppression of *Rotylenchulus reniformis* by previous term *Crotalaria juncea* next term, *Brassica napus*, and *Tagetes erecta*. *Nematropica* 31, 235-249.



# Réseaux de capteurs pour la surveillance des Moqueurs Gorge-Blanche à la Martinique

Harry GROS-DESORMEAUX, Philippe HUNEL

**F**ace aux nombreux problèmes environnementaux qui menacent nos écosystèmes, les scientifiques ont tenté d'apporter des réponses à des questions devenues préoccupantes, telles que le réchauffement climatique, la pollution ou l'épuisement des ressources énergétiques. L'une de leurs préoccupations majeures concerne la disparition de certaines espèces animales. Selon l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature), plus de 16 000 espèces animales seraient touchées par ce phénomène et la situation continuerait de se dégrader. Certaines espèces, telles que l'ours blanc, l'hippopotame ou la gazelle du désert pourraient disparaître dans les prochaines décennies. En effet, ce phénomène, bien souvent le signe d'un environnement déséquilibré, a fait l'objet de nombreux travaux pour étudier, comprendre et proposer des solutions à cette évolution inquiétante. L'une des solutions couramment utilisée consiste à étudier le comportement de ces espèces, afin de les réintroduire dans des milieux présentant des caractéristiques analogues.

Ces dernières années ont vu émerger les réseaux de capteurs, technologie qui offre de nouveaux challenges dans la résolution des problèmes scientifiques, notamment ceux posés par la surveillance d'espèces animales. Un capteur sans-fil est un système doté d'une mémoire et d'unités de calcul qui peut envoyer et recevoir des informations par onde hertzienne. Déployés en groupe, les capteurs forment entre eux un réseau et se relayent les informations de proche en proche jusqu'à la base (périphérique qui traite les informations reçues). Pouvant atteindre quelques millimètres de taille (Warneke *et al.*, 2001), ils peuvent être utilisés pour la surveillance environnementale. C'est déjà le cas pour la reconnaissance d'espèces d'oiseaux pour laquelle on peut trouver des algorithmes qui s'appuient sur des réseaux de neurones (Cai *et al.*, 2007).

L'un des nombreux challenges posé par les réseaux de capteurs consiste en leur utilisation quotidienne pour l'aide à la survie des espèces en voie de disparition. En effet, grâce à cette technologie, on peut surveiller leur évolution, apprendre à mieux les connaître, ... On peut même modéliser leur environnement à l'aide des informations recueillies sur les sites de surveillance (Osborne, 2006). La modélisation

d'un habitat est un problème complexe qui s'appuie sur de nombreuses variables et la discrimination des informations pertinentes n'est alors qu'un problème solvable de façon automatique. De plus, il peut être non trivial de déterminer certaines variables avec les capteurs. C'est par exemple le cas pour le dénombrement des individus de l'espèce. Aujourd'hui, le dénombrement par baguage à l'aide de radio-transmetteurs est une solution efficace mais il peut perturber l'espèce dans son écosystème. De plus, le coût de mise en œuvre d'une telle solution s'avère généralement prohibitif. D'autres techniques sont axées sur un repérage visuel des individus dans leur milieu et s'appuient sur des modèles probabilistes pour estimer la densité de population de l'espèce. Cette technique présente l'inconvénient de ne pas être exhaustive, d'être sujette à l'erreur humaine (un même oiseau peut être compté plusieurs fois par l'expert), et surtout, est inapplicable sur les zones non accessibles par voie terrestre.

Nous proposons ici une autre technique basée sur l'utilisation de capteurs sans fil pour dénombrer les individus. Des capteurs utilisant des microphones sont placés au sein de l'habitat de l'individu. Repérés grâce à leurs cris, les oiseaux sont ensuite enregistrés et dénombrés par des algorithmes distribués au niveau des capteurs.

## Dénombrement d'oiseaux à partir de capteurs

Le traitement automatique de la parole est un domaine qui a été beaucoup étudié ces dernières années. Les sons qui parviennent à nos oreilles résultent de vibrations de l'air. Lorsqu'un oiseau chante, l'air se met à vibrer. En effet, l'air possède une certaine élasticité, c'est-à-dire qu'il est capable de se déformer pour encaisser un choc ou laisser passer une onde, puis de reprendre son état initial. Lorsque l'air est traversé par l'onde acoustique, elle est le siège de compressions et de dépressions successives. Ce phénomène crée une onde progressive longitudinale. Ces mouvements se propagent à une vitesse qui dépend du milieu et des conditions. La propagation du son doit se faire dans un milieu élastique : un gaz, un liquide ou un solide. Ainsi, on comprend qu'il n'y a pas de propagation possible du son dans le vide.



En parlant, les cordes vocales génèrent une onde acoustique, avec ses caractéristiques propres. Le larynx, permet de générer un souffle en expulsant de l'air, et les cordes vocales permettent ensuite de produire les sons grâce à un ensemble de fréquences. L'intensité des sons est donc directement liée à la puissance de l'air expulsé par les poumons. Ces variations de fréquences sont appelées formants et ce sont ces formants que les phonologues essaient de repérer dans un spectrogramme pour reconnaître les phonèmes prononcés. Ainsi, quand on veut reconnaître la voix d'un individu, on analyse donc les fréquences portées par le signal car ce sont elles qui permettent le mieux d'identifier les individus entre eux.

Il en est de même pour les oiseaux. Bien qu'au sein d'une même espèce, le chant soit globalement identique, les façons de produire ce chant varient d'un individu à l'autre. Il semble alors possible d'identifier l'espèce en analysant le signal résultant du chant de l'oiseau car tout comme les hommes, les oiseaux produisent des sons à des fréquences différentes.

La méthode de dénombrement des individus de l'espèce que nous proposons peut se décomposer en deux étapes : le repérage « acoustique » de l'espèce surveillée et ensuite le dénombrement des individus. Tout d'abord, chaque capteur peut repérer les cris propres à l'espèce étudiée. De nombreux travaux utilisent des techniques de classification (réseaux de neurones, support vector machines (Somervuo and Harma, 2004; Fagerlund, 2007, etc.) pour la reconnaissance des espèces animales. De surcroît, ces techniques peuvent être aujourd'hui partiellement applicables aux réseaux de capteurs sans fil. Lévy *et al.* (2006) ont menés des études pour qualifier les meilleures techniques d'enregistrement d'empreintes vocales sur des appareils dont les spécifications sont limitées (mémoire, vitesse, etc.).

Ensuite, les coordonnées des capteurs ayant été activées par les cris ainsi que les empreintes vocales détectées sont transférées à la station de base via ondes hertziennes. Cette station estime alors à l'aide d'algorithmes (Gros-Désormeaux *et al.*, 2009) plus ou moins sophistiqués le nombre d'oiseaux qui chantent en même temps. La surveillance de cette variable permet donc de suivre l'évolution comportementale de l'espèce ou même son habitat. Si dans le temps, elle venait brutalement à varier, cela pourrait impliquer une possible évolution de l'habitat ou de l'espèce elle-même.

La figure 1 décrit brièvement la méthodologie appliquée pour trouver notre variable. Des capteurs activés par le cri des oiseaux transmettent leurs coordonnées à la station de base qui enregistre ces informations dans une base de données. Subséquemment, des heuristiques de comptage permettent d'évaluer le nombre d'oiseaux qui ont criés à un instant.

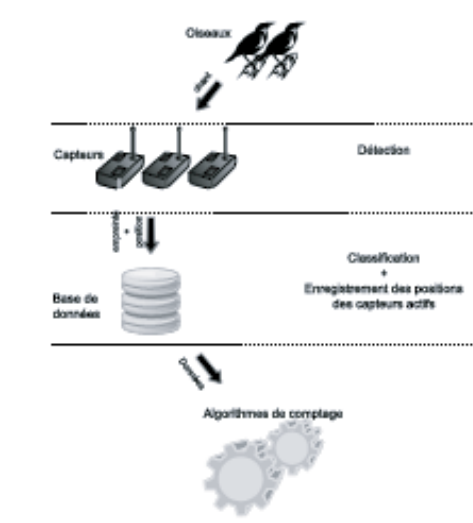


Figure 1. Système de comptage des oiseaux (LAMIA-UAG/LIFE+CAPDOM)

Nos algorithmes de comptage correspondent à une première étape dans la modélisation de l'habitat d'une espèce en voie de disparition. En effet, bien que les résultats des heuristiques de comptage se soient avérés satisfaisants (figure 2), nous attirons l'attention du lecteur sur le fait qu'il s'agit d'une simulation et qu'un déploiement du système ainsi qu'un support expérimental sur terrain est nécessaire pour valider une telle approche. En effet, bon nombre de paramètres pourraient invalider les heuristiques qui devraient être alors ajustés.

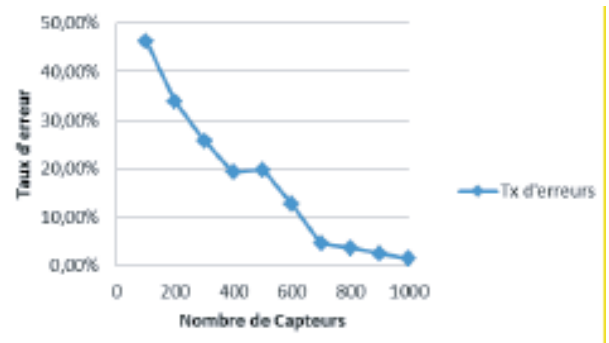


Figure 2. Taux d'erreurs pour l'estimation (LAMIA-UAG/LIFE+CAPDOM)

## Vers une modélisation de l'habitat du Moqueur

Pour modéliser un habitat, il convient de pouvoir surveiller toutes les variables pertinentes qui pourraient l'impacter. Nous projetons donc d'étudier d'autres variables numériques et qualitatives à l'aide de réseaux de capteurs (luminosité, humidité, température, etc.) afin de pouvoir qualifier l'habitat du Moqueur Gorge-Blanche. D'ailleurs, il ne fait aucun doute que la sauvegarde et la protection de ces espèces



C'est en 1954 que J. A. Barnes (Barnes, 1954), dans un article sur l'anthropologie, a introduit pour la première fois la notion de « réseau social » pour désigner des ensembles de relations entre individus ou entre groupes d'individus. Contrairement aux réseaux de communications qui ne représentent que les infrastructures de communications entre des objets, les réseaux sociaux mettent en évidence les relations, bien souvent sémantiques, que des entités sociales, ou des groupes d'entités sociales entretiennent les uns avec les autres. Le succès de sites communautaires tels que Facebook ou Twitter met d'ailleurs en exergue l'efficacité des réseaux sociaux. Il est donc paru naturel de les utiliser pour étudier et comprendre les comportements des animaux menacés. En effet, il est aujourd'hui d'usage de représenter les interactions sociales entre des individus par un réseau, qu'on nomme réseau social, ou les liaisons entre les individus peuvent prendre plusieurs formes, notamment « face-to-face interaction » qui constitue la plus fréquente et la plus importante d'entre elles (Duncan and Fiske, 1977). S'il est clair que l'analyse de tels réseaux permet d'obtenir des informations fondamentales sur les individus et leurs comportements, la collecte de telles données demeure encore un problème d'actualité. Si nous prenons le cas des oiseaux, les difficultés d'étude liées aux environnements souvent défavorables à toute observation humaine, rendent difficilement compte des comportements réels des oiseaux, ou du moins ne permettent d'obtenir qu'une visibilité partielle de ceux-ci. De plus, la présence de l'observateur peut elle-même engendrer des changements dans leurs comportements. Cependant aujourd'hui, une solution semble pouvoir être apportée par les réseaux de capteurs. La miniaturisation et les progrès technologiques dans les dispositifs de localisation géographique nous autorisent à penser que de nouvelles méthodes d'étude, mais également de collecte de ces interactions sociales peuvent être envisagées. Ces nouvelles possibilités ont par exemple été explorées à travers les GPS (Global Position System), qui sont aujourd'hui largement utilisés dans la collecte de données sociales, mais qui malheureusement présentent encore des inconvénients.

Nous envisageons de mener une étude afin de proposer une alternative à ce système en fournissant une architecture basée sur les réseaux de capteurs sans fil équipés de microphones.

En effet, les premières méthodes de collecte des interactions consistaient en une observation humaine des comportements des individus. Cette méthode consiste à observer les individus dans leur habitat naturel et à relever les interactions sociales entre eux. Quand cette analyse visuelle est possible, elle offre de bons résultats. Malheureusement, dans notre contexte d'étude, une observation humaine des



comportements des Moqueurs Gorge Blanche en danger sur la presqu'île de la Caravelle semble difficile. En effet, la densité de la végétation, qui est l'un des éléments caractéristiques de son habitat, rend difficile l'accès au site et la localisation des individus. De plus, la législation très stricte autour de ces oiseaux menacés exige qu'aucune modification ne soit apportée à leur habitat en cas de présence humaine (destruction de végétation, etc.), ce qui complique encore les possibilités d'étude. Un autre problème qui se pose dans toute étude de comportements est celui de la durée de l'observation. Typiquement, il serait intéressant de pouvoir observer ces oiseaux durant de longues périodes, voire même une observation permanente. Or, l'analyse visuelle ne permet d'obtenir que des relevés sur de courtes périodes. Il en résulte la nécessité d'exploiter d'autres techniques.

Dans cette architecture nous proposons de découper la zone en sous-zones, que nous appelons des régions (figure 3) et qui sont définies par des spécialistes en fonction de caractéristiques propres à la région. Classiquement, une région peut délimiter une zone dans laquelle se trouve un point d'eau, une autre peut au contraire délimiter une zone de fraîcheur ou de forêt dense, etc. L'avantage d'une telle définition est qu'elle permet par la suite d'obtenir des informations utiles sur les comportements des individus en fonction des caractéristiques d'une région. Le découpage en région devra donc se faire avec l'appui scientifique des spécialistes de l'espèce étudiée. Mais cette forme de délimitation n'est pas toujours possible, ce qui peut parfois nous pousser à définir les régions de façon arbitraire.



Figure 3. Découpage en régions (LAMIA-UAG/LIFE+CAPDOM)

La collecte des interactions s'effectue alors en 3 étapes :

1. Les capteurs de région enregistrent un son et vérifient s'il s'agit d'un chant de l'espèce étudiée. Si c'est le cas, ils envoient l'empreinte à la station centrale (par un chemin de capteurs) avec le numéro de la région.

2. La station centrale détermine les empreintes distinctes.

3. La station centrale crée de façon dynamique le réseau social en associant une empreinte à un individu.

Les interactions oiseau-oiseau sont des interactions de type face-to-face. Malheureusement notre système composé de capteurs équipés de microphones, ne nous permet pas de déterminer la position exacte d'un oiseau qui chante dans une région. En conséquence, pour mesurer ces interactions, nous allons considérer que chaque fois que plusieurs oiseaux sont détectés dans une même région, alors ils sont suffisamment proches pour prendre comme hypothèse qu'ils sont en relation. Dans ce cas, nous établissons des liaisons entre ces oiseaux. Si ces liaisons existent déjà, nous incrémentons leur valeur associée. Nous obtenons ainsi un graphe, liant les oiseaux entre eux, qui représente la fréquence de détection des oiseaux dans la même région.

L'hypothèse retenue pour dire que des oiseaux sont en interaction nécessite de réfléchir, entre autres, avec les spécialistes du domaine au découpage et à la taille des régions. En effet, si la région est trop étendue, de nombreux individus risquent d'être détectés dans la même région. De même, si le découpage est trop fin, les oiseaux réellement proches risquent d'être détectés comme étant dans des régions différentes.

Les réseaux de capteurs ouvrent aujourd'hui de nouvelles perspectives pour la préservation du Moqueur Gorge-Blanche à la Martinique. Les algorithmes de surveillance acoustique mis au point sont satisfaisants expérimentalement pour surveiller l'évolution démographique de l'espèce. Actuellement, des travaux se poursuivent sur d'autres variables issues de la surveillance des capteurs sans fil pour la modélisation de l'habitat de cet oiseau. En ce sens, les réseaux sociaux s'avèrent être une piste non négligeable pour en apprendre un peu plus sur le comportement de cette espèce.

L'émergence des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) offre également des perspectives intéressantes pour le traitement des nombreuses informations récupérées par les réseaux de capteurs. La mise en place d'un tel outil pour la gestion des informations collectées sur la presqu'île de la Caravelle permettrait d'offrir, dans un futur proche, un outil d'aide à la décision pour la préservation de ce patrimoine.

## Remerciements

Le recueil des données sur le Moqueur gorge blanche en Martinique a été en partie soutenu financièrement par la Commission européenne et le Ministère français de l'environnement, à travers le programme LIFE + de la CAP DOM, qui est coordonné au niveau national par la LPO / BirdLife France et localement à la Martinique par l'AOMA.

## Références bibliographiques

BARNES, J. A. (1954). Class and Committees in a Norwegian Island Parish. *Human Relations*, (7) :39–58.

CAI, J., EE, D., PHAM, B., ROE, P., and ZHANG, J. (2007). Sensor network for the monitoring of ecosystem : Bird species recognition. In *Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information*, pages 293–298. Queensland Univ. of Technol., Brisbane.

DUNCAN, S. and FISKE, D.W. (1977). *Face-to-face interaction : research, methods, and theory*. Halsted Press, Hillsdale, N.J., New York.

FAGERLUND, S. (2007). Bird species recognition using support vector machines. *EURASIP J. Appl. Signal Process.*, 2007(1) : 64–64.

GROS-DESORMEAUX, H., HUNEL, P., and VIDOT, N. (2009). Counting Birds With Wireless Sensor Networks. In *IWCMC 2009 Wireless Sensor Networks Symposium*, Leipzig, Germany.

LÉVY, C., LINARÈS, G., and BONASTRE, J.-F. (2006). Gmm-based acoustic modeling for embedded speech recognition. In *International Conference on Speech Communication and Technology*.

OSBORNE, P. E. (2006). *Using GIS, remote sensing and modern statistics to study steppe birds at large spatial scales : a short review essay*. Lynx Publications.

SOMERVUO, P. and HARMA, A. (2004). Bird song recognition based on syllable pair histograms. In *Acoustics, Speech, and Signal Processing*, volume 5, pages V–825–8 vol.5.

WARNEKE, B., LAST, M., LIEBOWITZ, B., and PISTER, K. S. J. (2001). Smart Dust: Communicating with a Cubic-Millimeter Computer. *Computer*, 34(1) : 44–51.





*Les îlets du Robert - DEAL Martinique*

# TÉMOIGNAGES de nouvelles perspectives pour la valorisation



# Un outil de protection : les réserves biologiques à la Martinique

Catherine GODEFROID

Une réserve biologique (RB) est une réserve située en forêt publique, relevant du régime forestier (gérée par l'ONF). Il s'agit d'un statut de protection fort (reconnu par l'UICN) s'appliquant aux espaces recelant des milieux naturels d'intérêt écologique et patrimonial majeur.

Une RB est créée sur proposition du propriétaire et du gestionnaire (ONF), par arrêté conjoint des ministères en charge de l'environnement et de l'agriculture, et après consultation locale et nationale. Elle se base sur un plan de gestion qui définit les enjeux de conservation et les actions à mener.

## Il existe deux types de RB :

► Les réserves biologiques intégrales (RBI) où il est laissé libre court à la dynamique spontanée des habitats. Les opérations sylvicoles, pastorales et agricoles y sont exclues, sauf cas particulier (lutte contre les essences exotiques, sécurité du public). Tout prélèvement y est également interdit.

► Les réserves biologiques dirigées (RBD) où les actes de gestion sont subordonnés à l'objectif de conservation. Les RBD sont notamment utilisées pour les habitats présentant un potentiel écologique fort mais qui doivent être restaurés.

## Les RB ont quatre objectifs principaux :

- Accroître la protection du site à l'aide d'un outil réglementaire fort ;
- Permettre une meilleure connaissance des espèces et des milieux en servant de sites privilégiés d'étude pour les scientifiques ;
- Informer, sensibiliser et canaliser le public ;
- Accentuer la surveillance.

En Martinique, nous souhaitons mettre en place un réseau régional de RB, qui serait représentatif de la diversité des types d'habitats forestiers, protégerait les habitats de certaines espèces menacées (tortues marines, oiseaux marins) et permettrait une meilleure connaissance de la dynamique de recolonisation (notamment des recrues d'essences locales sous mahogany).

Sur la carte suivante, les RB validées sont représentées en bleu, les RB en cours de création en vert et les RB en projet en rouge. La surface du futur réseau de RB serait de plus de 7000 hectares, ce qui représenterait à terme plus de 6 % de la surface de l'île (figure 1).

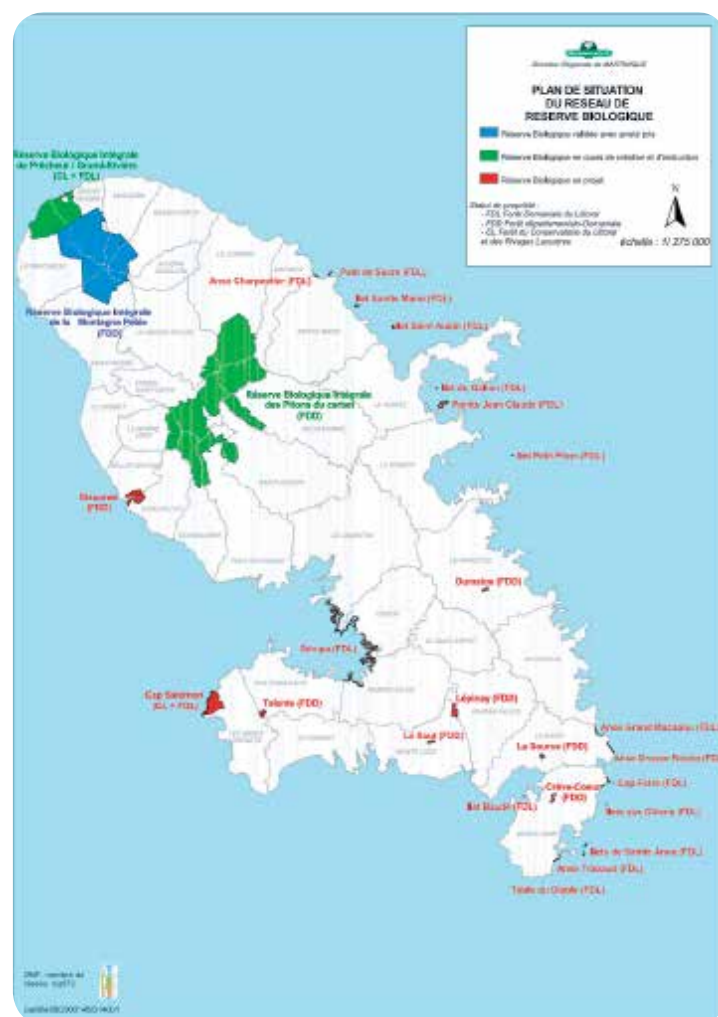
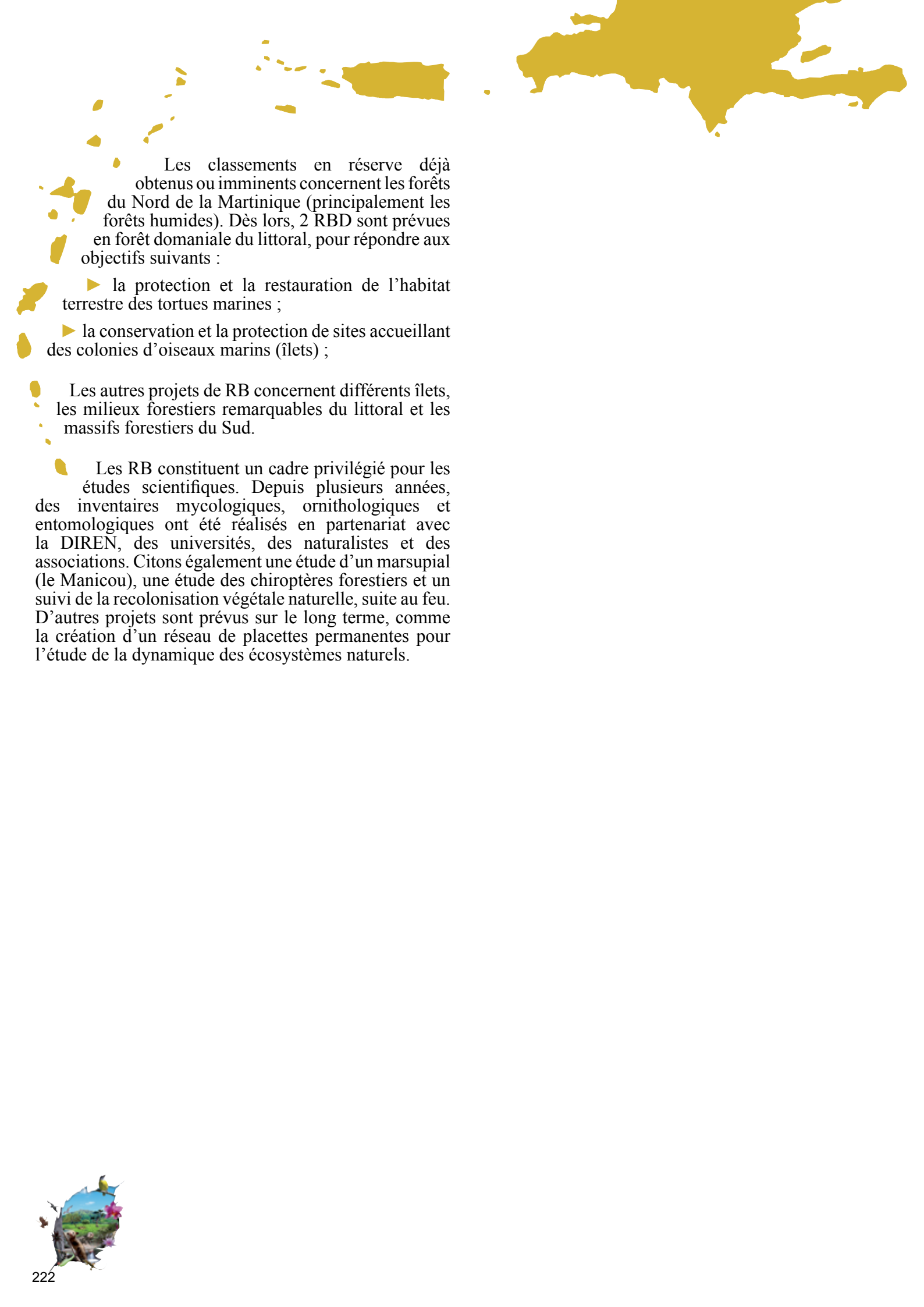


Figure 1. Réserve biologique intégrale (ONF)





Les classements en réserve déjà obtenus ou imminents concernent les forêts du Nord de la Martinique (principalement les forêts humides). Dès lors, 2 RBD sont prévues en forêt domaniale du littoral, pour répondre aux objectifs suivants :

- ▶ la protection et la restauration de l'habitat terrestre des tortues marines ;
- ▶ la conservation et la protection de sites accueillant des colonies d'oiseaux marins (îlets) ;

Les autres projets de RB concernent différents îlets, les milieux forestiers remarquables du littoral et les massifs forestiers du Sud.

Les RB constituent un cadre privilégié pour les études scientifiques. Depuis plusieurs années, des inventaires mycologiques, ornithologiques et entomologiques ont été réalisés en partenariat avec la DIREN, des universités, des naturalistes et des associations. Citons également une étude d'un marsupial (le Manicou), une étude des chiroptères forestiers et un suivi de la recolonisation végétale naturelle, suite au feu. D'autres projets sont prévus sur le long terme, comme la création d'un réseau de placettes permanentes pour l'étude de la dynamique des écosystèmes naturels.



# La réserve naturelle des îlets de Sainte-Anne : comment concilier protection et valorisation d'un site de reproduction d'oiseaux marins

Nadine VENUMIÈRE

La Martinique accueille sur son littoral et les îlets associés des colonies d'oiseaux marins, chaque année, durant leur période de reproduction. Deux sites concentrent une grande partie de ces colonies reproductrices : le Rocher du Diamant, situé sur le territoire de la commune du Diamant et les îlets Hardy, Percé, Burgaux et Poirier, sur le territoire de la commune de Sainte-Anne. Les premiers écrits sur ces colonies sont ceux du Père Pinchon en 1976 puis de Marcel Bon Saint-Côme. C'est à partir de 1983 que le Parc Naturel Régional de la Martinique, en collaboration avec Edouard Bénito-Espinal, ornithologue, lance le projet de création de réserve naturelle.

Les oiseaux nichant dans ces quatre îlets bénéficiaient du statut d'espèces protégées par arrêté du 17 février 1989. En revanche, afin de préserver le biotope de ces espèces et limiter le dérangement dû à la fréquentation de ces îlets même en période de reproduction, ces sites ont été classés Réserve naturelle nationale, le 11 août 1995. Bien que l'objectif principal fût alors de garantir des conditions favorables à la reproduction de ces oiseaux marins, la mission d'information du grand public apparaissait déjà dans les objectifs affichés.

## Présentation de la réserve et contexte administratif

La Réserve Naturelle des îlets de Sainte-Anne se trouve sur le territoire de la commune de Sainte-Anne dans le sud de la Martinique et se compose de quatre îlets : Hardy, Percé, Burgaux et Poirier pour une superficie totale de 5 ha 57. Ces îlets sont constitués de tables rocheuses grésocalcaires qui ont subi une dissolution importante par les eaux de pluie et l'eau de mer d'où l'aspect déchiqueté de leur surface et l'érosion marquée sur les falaises. Comme pour les secteurs de la côte sous le vent, les îlets sont caractérisés par une sécheresse relativement marquée. Les précipitations sont inférieures à 1200 mm par an, sachant que le substrat

géologique particulièrement filtrant ne permet pas une rétention des eaux de pluie. Les températures varient entre 25° et 31°. La sécheresse est accentuée par l'action du vent qui entraîne une forte évaporation. Les embruns portés par le vent sont à l'origine d'un apport de sel qui perturbe l'alimentation des plantes en eau et accentue encore l'effet de sécheresse.

Face à ces contraintes, la végétation est essentiellement composée de plantes littorales xérophytiques se développant sur substrat calcaire et présentant des adaptations aux conditions physiques (végétation rabougrie, hypertrophie des parties aériennes dans lesquelles sont accumulées des réserves d'eau, feuilles plus charnues). On y trouve du Pourpier bord de mer (*Portulaca oleracea* et *Sesuvium portulacastrum*, plus vers l'intérieur), du Gros chiendent (*Stenotaphrum secundatum*), du Poirier (*Tabebuia heterophylla*), du Ti-baume (*Croton flavens*), du Bois couleuvre (*Capparis flexuosa*), etc ; et également deux espèces rares renforçant l'intérêt patrimonial de ces îlets : *Lithophila muscoides*, endémique de la Martinique et présente uniquement sur les îlets Hardy et Aigrette et *Chamaesyce balbisii*, endémique des Petites Antilles et classée vulnérable selon les critères de l'IUCN. Ces espèces sont présentes sous forme de très petites populations (plaques de quelques centimètres représentant au total deux à trois mètres carrés).

L'intérêt majeur de ces îlets reste cependant la présence, chaque année, entre décembre et septembre de l'année suivante, de cinq espèces d'oiseaux marins : le Puffin d'Audubon (*Puffinus lherminieri*), le Noddi brun (*Anous stolidus*), la Sterne bridée (*Sterna anaethetus*), la Sterne fuligineuse (*Sterna fuscata*) et le Phaéon à bec rouge (*Phaeton aethereus*). Ces cinq espèces bénéficient au niveau régional, par l'arrêté du 17 février 1989, d'une protection en tout temps contre la destruction, la mutilation, la capture ou l'enlèvement, et qu'ils soient vivants ou morts contre leur transport, leur



colportage, leur utilisation, leur vente ou leur achat. Cette protection s'inscrit dans une démarche globale de protection des sites de reproduction des oiseaux marins. Depuis 2008, la DIREN a d'ailleurs mis en place dans le cadre du Plan national d'actions Oiseaux marins, un groupement oiseaux marins Martinique qui définit les actions à mettre en œuvre pour la conservation de ces colonies.

La gestion de la réserve naturelle a été confiée au PNR de Martinique et à l'Office National des Forêts par convention du 9 janvier 1997. Les missions des gestionnaires sont organisées autour de six domaines d'activité prioritaires : la surveillance du territoire et la police de l'environnement ; la connaissance et le suivi continu du patrimoine naturel ; les interventions sur le milieu naturel ; les prestations de conseil, études et ingénierie ; la création et l'entretien d'infrastructures d'accueil ; le management et le soutien. Le PNRM, concerné par ces six domaines d'activité s'appuie pour toutes ses actions de gestion, sur un outil obligatoire pour toutes les réserves naturelles, le plan de gestion qui fixe les orientations et actions à mener pour cinq ans. Le plan de gestion de la réserve naturelle des Îlets de Sainte-Anne est valable, de décembre 2007 à 2012, et définit les actions en faveur de : la gestion des habitats et des espèces ; l'amélioration de la connaissance scientifique ; l'accueil du public et la pédagogie à l'environnement. Les rapports d'activité annuels réalisés par le parc, permettent un contrôle de la gestion financière, administrative, scientifique et technique de la réserve par un comité de gestion réuni au moins une fois par an.

## La gestion de 1995 à nos jours

Depuis 1997, le PNRM réalise un suivi des populations d'oiseaux marins nichant sur cette réserve, sur la base d'un protocole réalisé en collaboration avec le CRBPO. Il s'agit essentiellement : de l'estimation des dates d'arrivée et de départ des espèces présentes sur la réserve ; de l'estimation des effectifs, par comptages à partir de photographies aériennes pour les colonies de sternes fuligineuses ; de l'appréciation de la répartition spatiale des espèces présentes sur la réserve ; de l'évaluation du succès reproducteur des espèces suivantes : Puffin d'Audubon, Noddi brun, Sterne bridée et Paille en queue en suivant des nids ; de l'enrichissement de la base de données de baguage relative aux Puffins d'Audubon et aux Pailles en queue.

L'essentiel des observations concerne l'îlet Hardy pour des raisons de commodité et parce que ce site accueille les cinq espèces se reproduisant sur la réserve. Les observations relevées par les gardes et chargés de mission scientifique, lors des patrouilles et missions de suivi ont permis

de déceler, sur la réserve la présence du rat noir (*Rattus rattus*) qui se manifeste essentiellement par la prédation qu'il exerce sur les œufs et les poussins. En 1998, la diminution importante du succès reproducteur de ces oiseaux a conduit le parc naturel régional à demander une expertise au laboratoire de faune sauvage de l'INRA de Rennes. Les préconisations de cette expertise ont été validées par le Comité de gestion de la réserve, à savoir l'éradication des populations de rats noirs. La méthode utilisée, à savoir une période de piégeage dans un premier temps suivi d'une phase d'appâtage, a été mise au point par l'INRA de Rennes.

Le PNR de Martinique a organisé, en novembre 1999, une opération de dératisation sur l'ensemble de la réserve, permettant la capture de 269 rats. Entre 1999 et 2010, plusieurs dératisations et contrôles se sont ainsi succédés sur les quatre îlets, permettant la capture de 682 individus.

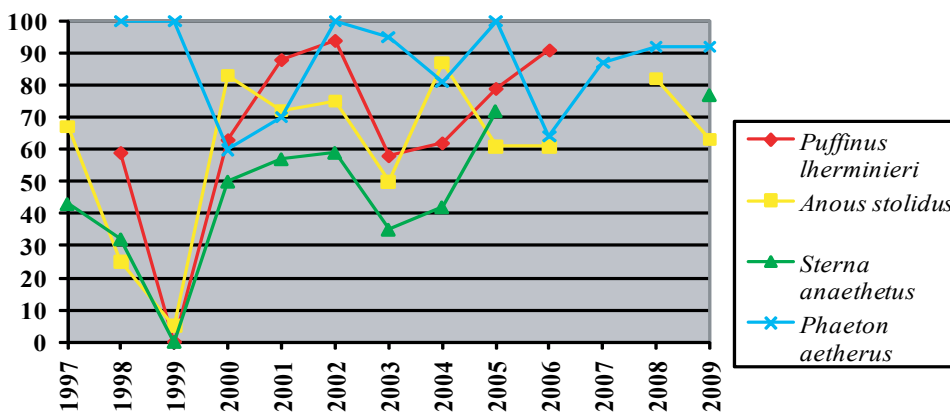
**Tableau 1.** Résultats des opérations de dératisation et de contrôle sur la réserve naturelle des îlets de Sainte-Anne

|               | Hardy | Percé | Burgaux | Poirier | Total      |
|---------------|-------|-------|---------|---------|------------|
| Décembre 1999 | 121   | 24    | 30      | 94      | 269        |
| Janvier 2001  | 3     | 0     | 1       |         | 4          |
| Janvier 2002  | 34    | 0     | 1       | 182     | 217        |
| Février 2003  | 0     | 0     | 0       | 0       | 0          |
| Février 2004  | 0     | 0     | 0       | 0       | 0          |
| Février 2006  | 0     | 0     | 0       | 0       | 0          |
| Octobre 2006  | 178   | 0     | 0       | 0       | 178        |
| Octobre 2007  | 1     | 0     | 0       | 0       | 1          |
| Janvier 2010  | 1     | 11    | 0       | 1       | 13         |
|               |       |       |         |         | <b>682</b> |





Le suivi de la reproduction de ces populations d'oiseaux marins corrélé aux résultats des opérations de dératisation et de contrôle a montré que les opérations de dératisation se sont accompagnées d'une augmentation du succès reproducteur pour trois des quatre espèces suivies, à savoir le Puffin d'Audubon, la Sterne bridée et le Noddi brun (figure 1). Le succès de reproduction du Puffin d'Audubon est passé de 0, en 1999, à des valeurs variant de 62 à 94, entre 2000 et 2006. La même évolution a été enregistrée pour la sterne bridée qui a connu un effondrement de son succès de reproduction 1999 puis une augmentation à partir de 2000. Les résultats des succès de reproduction du Noddi brun corroborent ses résultats. Le succès reproducteur des Pailles en queue ne semble pas avoir été influencé par la prédation par le rat noir. Le nombre de couples nichant sur la réserve est en revanche passé de trois couples, en 1998, à 12 à 14, entre 2006 et 2009, avec un succès reproducteur moyen de 83 %.



**Figure 1.** Evolution du succès reproducteur du Puffin d'Audubon, de la Sterne bridée, du Noddi brun et du Paille en queue, de 1997 à 2009 (PNR Martinique)

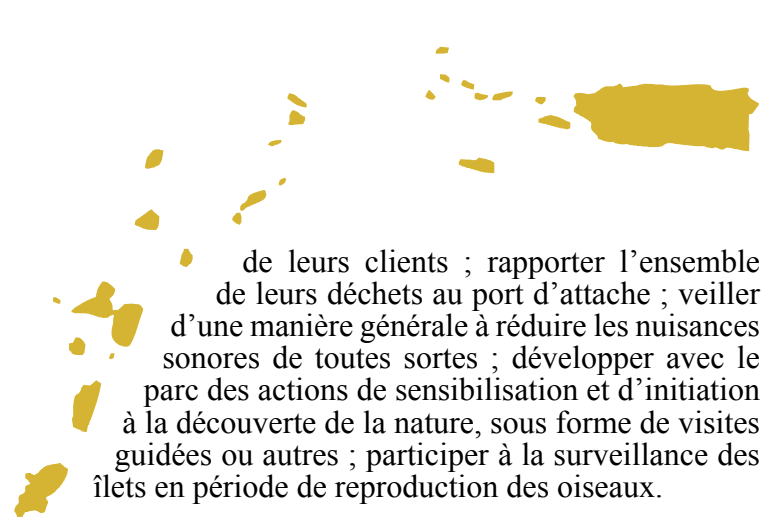
La reproduction des sternes fuligineuses n'a pu être suivie afin de limiter le dérangement des colonies. Les comptages et observations recueillis par les agents du PNRM ont permis de confirmer la sensibilité de ces colonies au dérangement par l'homme et par le Faucon Pèlerin (*Falco peregrinus*). La fréquentation du site maritime autour de la réserve a provoqué une modification de la répartition spatiale des colonies de sternes et plus particulièrement des sternes fuligineuses qui ont déserté l'îlet Hardy, îlet le plus fréquenté, certaines années. Les chiffres de 2010 sont assez encourageants. Des sternes bridées se sont de nouveau installées sur la façade ouest de l'îlet Hardy et les photographies aériennes réalisées, en 2010, et utilisées pour le comptage font état de 14 261 individus posés, dont 511 sur l'îlet Hardy, 1 635 sur l'îlet Percé, 388 sur l'îlet Burgeaux et 11 727 sur l'îlet Poirier.

Afin de déterminer l'origine des populations de rats fréquentant les lieux, une étude génétique a été réalisée sur les prélèvements opérés lors des opérations de dératisation de 1999 à 2002 et d'individus capturés sur les côtes martiniquaises proches de la réserve. Cette étude a permis de mettre en évidence : l'existence de flux d'individus entre les îlets et entre les îlets et la côte proche ; deux causes à l'échec de la tentative d'éradication de 1999, à savoir la survie de quelques individus sur l'îlet Poirier et une migration depuis la côte vers l'îlet Hardy, d'où les 217 rats capturés en 2002. Ceci souligne l'importance d'une veille systématique assurée par les agents chargés de la gestion de cette réserve naturelle (suivi scientifique, surveillance, etc.), la détection précoce de la présence de rats étant la seule garantie pour leur élimination.

Ces résultats, associés à l'observation d'un recul des colonies de sternes vers le centre de l'îlet Hardy ont été des arguments forts pour un renforcement de la réglementation. En effet, lors de la création de la réserve, la réglementation ne prévoyait une interdiction d'accès que sur les îlets. Les bancs de sable présents sur leur façade protégée et faisant partie du domaine public maritime n'étaient pas concernés par cette interdiction, d'où une fréquentation importante du public, même en période de reproduction. La fragilité de ces colonies d'oiseaux marins a poussé le parc naturel régional à demander un renforcement de la réglementation qui a conduit à la prise d'un arrêté préfectoral, datant du 14 avril 2005 et prévoyant deux périmètres de protection autour de chaque îlet : un de 50 mètres interdisant l'accès et un de 300 mètres interdisant le mouillage. Toutefois, la réserve se situant dans une zone des plus touristiques de l'île, afin de garantir l'accès aux richesses de ces îlets, le parc a installé des bouées d'amarrage sur corps morts permettant ainsi l'observation des oiseaux par les clients des éco-entreprises utilisant le site maritime autour de la réserve.

Parallèlement à cette démarche, le parc a mené un travail de concertation, dès 2003, avec des entreprises, afin de les sensibiliser aux enjeux écologiques du site. Cette démarche a été contractualisée sous la forme d'une charte de bonne conduite signée par les co-gestionnaires et huit utilisateurs professionnels du site maritime proche de la réserve s'engageant à : respecter la future réglementation avant la prise de l'arrêté créant les périmètres de protection ; diffuser l'information auprès






de leurs clients ; rapporter l'ensemble de leurs déchets au port d'attache ; veiller d'une manière générale à réduire les nuisances sonores de toutes sortes ; développer avec le parc des actions de sensibilisation et d'initiation à la découverte de la nature, sous forme de visites guidées ou autres ; participer à la surveillance des îlets en période de reproduction des oiseaux.

Cette réglementation a été renforcée, par arrêté préfectoral du 19 mars 2009, afin de pallier les variations de longueur du banc de sable de l'îlet Hardy, pouvant atteindre jusqu'à 70 mètres. Le périmètre d'interdiction d'accès a donc été reporté à 100 mètres autour de chaque îlet. Les démarches de renforcement de la réglementation ont été accompagnées par l'amélioration de la surveillance de la réserve avec : l'acquisition d'un scooter des mers, les agents disposaient déjà d'un bateau ; l'affectation au site de deux gardes animateurs à temps complet pour la surveillance, depuis 2009 ; la sécurisation de la mise à l'eau du matériel nautique de la réserve.

Compte tenu des enjeux de la conservation des réserves naturelles de France, l'Etat et le Regroupement des réserves naturelles de France ont mené une réflexion sur l'augmentation des moyens des gestionnaires, notamment ceux d'Outre-mer. Cette réflexion a abouti à la réalisation d'une nouvelle grille de calcul des dotations de l'Etat pour le fonctionnement des réserves naturelles de France. Cette dotation est constituée d'une part fixe, calculée à partir de la superficie des réserves, à laquelle est rajoutée une modulation tenant compte des spécificités de chacune, à savoir, les conditions d'accès, sa fréquentation, l'éloignement des gestionnaires d'outre-mer, etc. La dotation est ainsi passée de 8 662 euros en 2007, à 65 000 euros, en 2008, 99 709 euros, en 2009, puis 103 440 euros, en 2010, pour la Réserve Naturelle de Sainte-Anne. A cette dotation doit être rajoutée, chaque année, une participation de la Région qui a été d'un montant de 29 111 euros, pour un total de 132 551 euros pour le budget fonctionnement de l'année 2010.

Parallèlement à l'augmentation des moyens financiers, un réseau des gestionnaires d'espaces protégés TEMEUM a été constitué, afin de renforcer, à leur demande, les capacités des gestionnaires d'espaces naturels de Guyane, Martinique, Guadeloupe, Réunion et Mayotte, Saint-Pierre-et-Miquelon, Saint-Martin, Saint-Barthélemy, Wallis et Futuna, Polynésie française, Nouvelle Calédonie, des Terres Australes et Antarctiques françaises. En effet, une enquête auprès des gestionnaires ultramarins a souligné qu'ils font face à de nombreuses difficultés : éloignement et accès, communication avec les usagers, pratiques locales en contradiction avec la protection, etc. L'analyse de leurs réponses




a fait apparaître quatre axes stratégiques à développer : renforcer les capacités humaines de gestion d'espaces naturels ; faciliter les recherches de financements diversifiés ; favoriser et appuyer l'intégration territoriale et la reconnaissance des espaces naturels ; développer les échanges et la coopération éco-régionales.

## Perspectives

Le PNRM a acquis depuis 1995 des données scientifiques sur les oiseaux marins (reproduction des espèces, répartition spatiale, effectifs, fidélité au site et au nid, etc) nichant sur la réserve et souhaite réaliser un bilan de ces années de suivi. Les objectifs de cette étude sont : la réalisation d'un bilan des connaissances sur les espèces nichant sur la réserve grâce aux données récoltées de 1997 à 2010 (comptages, suivi de la reproduction, opérations de dératisation, baguage, etc) ; le dressage d'un état des lieux du statut de ces populations d'oiseaux marins (conservation, dynamique, menaces et risques) ; l'évaluation des effets des campagnes d'éradication des rats. Il vise aussi à favoriser la prise de décisions, en termes de protection de la biodiversité et de gestion scientifique de la réserve.

Cette étude doit être réalisée en 2011 et devrait fournir : une synthèse et analyse des données existantes, particulièrement la base de données de baguage de puffins d'Audubon et de paille en queue ; une adaptation du protocole de suivi, pour chacune des espèces nichant sur la réserve, et tenant compte du dérangement subi par ces colonies lors du suivi ; des éléments de réflexion sur d'autres études à engager (écologie alimentaire, effets de la pêche, etc) et sur une stratégie de gestion de ces îlets et des oiseaux marins y nichant. De même, les prélèvements effectués sur les individus capturés lors des opérations de dératisation de 2006 et 2010 seront analysés par le laboratoire de la faune sauvage de l'INRA de Rennes, afin de confirmer ou non l'hypothèse d'une nouvelle invasion.

La réserve naturelle des îlets de Sainte-Anne bénéficie d'un périmètre de protection marin de 300 mètres autour de chaque îlet. Cette zone, dans laquelle le mouillage est interdit, est très fréquentée par les plaisanciers et les professionnels du tourisme et bénéficie ainsi d'une protection des herbiers de phanérogames marines. Le parc souhaite réaliser une caractérisation de ces herbiers avec pour objectif : l'évaluation qualitative de cet écosystème marin, dont le rôle est important pour la protection du littoral et le maintien de la biodiversité ; l'évaluation de l'impact des périmètres de protection sur l'évolution des herbiers à phanérogames, grâce à un suivi de leur dynamique spatiale.



Le renforcement de la réglementation devrait être accompagné d'un ensemble d'actions d'information et de communication sur les dispositifs mis en œuvre et leurs enjeux. Le site, à cause de sa préservation, de la beauté de ses bancs de sable et de sa côte sous le vent propice à la baignade, est très convoité par les plaisanciers ou professionnels du tourisme, etc. Par ailleurs, le grand public, et particulièrement les scolaires doivent être sensibilisés aux enjeux de conservation des populations d'oiseaux marins et de préservation de paysages littoraux. Aussi, dans un premier temps, les nouveaux périmètres de protection seront matérialisés devant l'îlet Hardy, le plus fréquenté, par un balisage comprenant : cinq bouées à 100 mètres, marquant l'interdiction d'accès et quatre bouées d'amarrage sur corps-morts permettant l'observation.

Dans un second temps, quatre panneaux d'information seront installés aux principaux points d'accès au site maritime autour de la réserve. De plus, le parc éditera des livrets, affiches et dépliants présentant la réserve, qui seront remis aux offices de tourisme des communes du sud, aux enseignants, restaurants, etc. Des plaquettes plastifiées seront également réalisées pour une utilisation en mer afin d'illustrer les propos de l'animateur, lors des ballades proposées par les utilisateurs professionnels du site maritime autour de la réserve.

Dans le cadre de sa mission d'éducation à l'environnement, le parc souhaite également mettre en place une visite virtuelle de la réserve naturelle. Il s'agit de donner la possibilité au grand public et aux scolaires notamment, de voir, d'entendre, les richesses de ce site, en termes de biodiversité et de beauté des paysages, tout en respectant la réglementation. Grâce à des vues panoramiques, le visiteur se retrouvera virtuellement sur la réserve et pourra ainsi se déplacer sur les îlets et même se rendre en face sur la pointe Pointe Baham pour avoir une vue de l'ensemble des îlets de la réserve. Ce module, disponible sur DVD et Internet permettra de découvrir l'avifaune nicheuse, la végétation et les autres animaux de la réserve (crustacés, reptiles, limicoles, etc), et également le milieu marin compris dans le périmètre de protection entourant les îlets. Les professionnels fréquentant le site pourront également s'exprimer et montrer comment ils adhèrent à sa protection et l'utilisent en tant que ressource économique.

Par ailleurs, afin d'améliorer les conditions de travail des agents chargés aussi bien de la surveillance que de la gestion scientifique, le PNRM et l'ONF travaillent actuellement à un projet de construction d'un local attendant au hangar à bateau et disposant d'un niveau supérieur afin d'améliorer la vue sur la réserve et de fait, la surveillance. A plus long terme, un projet d'aménagement du site autour du hangar à bateau pourrait être mené et aboutir à la construction d'une Maison de la réserve, permettant au public de la découvrir, depuis la côte, grâce à des longues vue et

des outils de communication, tel que le module de visite virtuelle, et bénéficier d'une information directe, grâce à la présence d'animateurs.

La réserve naturelle des îlets assure, depuis 1995, les trois missions principales généralement fixées : protéger, gérer et faire découvrir. Les actions de gestion scientifique ont permis d'améliorer nos connaissances sur les espèces nichant sur la réserve, de mettre en place des mesures de gestion afin de garantir des conditions favorables à leur reproduction, de faire évoluer la réglementation en concertation avec les usagers, d'augmenter les moyens du gestionnaire et de rendre accessibles au grand public les richesses du site. De nombreuses actions restent à réaliser aussi bien en termes d'études scientifiques, qu'en termes de coopération avec la Caraïbe, d'aménagement ou de communication. Compte-tenu des menaces connues et celles à venir, comme les changements climatiques, il convient pour le Parc naturel régional de prendre en compte, dans son futur plan de gestion, des résultats et préconisations des futures études afin de poursuivre sa mission de conservation des colonies d'oiseaux marins.

## Références bibliographiques

### Articles

Michel PASCAL, Ronald BRITHMER, Olivier LOVELEC, Nadine VENUMIERE, « Conséquences sur l'avifaune nicheuse de la Réserve Naturelle des Ilets de Sainte-Anne de la récente invasion du rat noir (*Rattus rattus*), établies à l'issue d'une tentative d'éradication », *Revue d'écologie, Terre et vie* 59 (1-2).

### Rapports

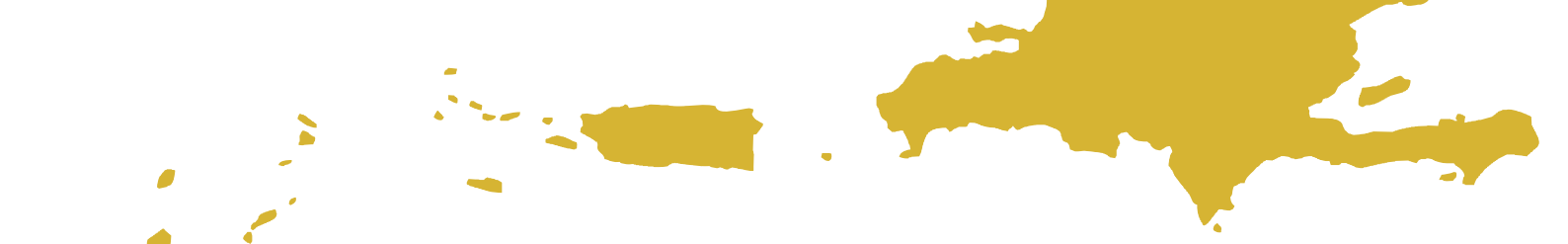
Biotope, 2001, « Plan de gestion de la Réserve naturelle des Ilets de Sainte-Anne », Parc Naturel Régional de la Martinique.

Jawad ABDELKRIM, Sarah SAMADI et Michel PASCAL, 2004, « Structuration génétique des populations insulaires allochtones de *Rattus rattus* des Ilets de Sainte-Anne – Aide à la gestion ».

DE MERCEY P. & JEREMIE S., 1999, « Etude de l'avifaune de la réserve naturelle des îlets de Sainte-Anne (Martinique) ; diagnostic écologique et bilan de la nidification 1997, 1998 et 1999 », Parc naturel régional de la Martinique.

AOMA, 2001, « Réserve naturelle des îlets de Sainte-Anne ; Suivi des populations sur la réserve naturelle des îlets de Sainte-Anne, année 2000 », Parc naturel régional de la Martinique.





AOMA, 2002, « Réserve naturelle des îlets de Sainte-Anne ; suivi ornithologique 2001. Parc naturel régional de la Martinique », Parc naturel régional de la Martinique.

AOMA, 2003, « Réserve naturelle des îlets de Sainte-Anne ; suivi ornithologique 2002. Parc naturel régional de la Martinique », Parc naturel régional de la Martinique.

AOMA, 2005, « Réserve Naturelle des Îlets de Sainte-Anne ; Suivi ornithologique et contrôle de l'éradication de la population de *Rattus rattus* année 2003 », Parc naturel régional de la Martinique.

CAROUGE, 2005, « Réserve naturelle des îlets de Sainte-Anne ; Suivi ornithologique et contrôle de l'éradication de la population de *Rattus rattus* année 2004 », Parc naturel régional de la Martinique.

CAROUGE, 2006, « La Réserve naturelle des îlets de Sainte-Anne, suivi ornithologique 2005 », Parc naturel régional de la Martinique.

CAROUGE, 2006, « La Réserve naturelle des îlets de Sainte-Anne, suivi ornithologique 2006 », Parc naturel régional de la Martinique.

PNRM, 2007, « Rapport d'activités de la Réserve Naturelle des Îlets de Sainte-Anne », Parc naturel régional de la Martinique.

LUREL, 2008, « Inventaire de la végétation de la Réserve naturelle des îlets de Sainte-Anne », Parc naturel régional de la Martinique.

CAROUGE, 2008, « La Réserve naturelle des îlets de Sainte-Anne, suivi ornithologique et campagne de dératisation 2007 », Parc naturel régional de la Martinique.

PNRM, 2008, « Rapport d'activités de la Réserve Naturelle des Îlets de Sainte-Anne », Parc naturel régional de la Martinique.

PNRM, 2009, « Rapport d'activités de la Réserve Naturelle des Îlets de Sainte-Anne », Parc naturel régional de la Martinique.

CAROUGE, 2010, « Campagne de contrôle et de dératisation, janvier 2010 », Parc naturel régional de la Martinique.



# Le projet de réserve naturelle régionale en Baie de Génipa : un outil de protection innovant pour la Martinique

Bénédicte CHANTEUR

Le Parc naturel régional a lancé en 2007 une étude préalable à la création d'une Réserve naturelle régionale (RNR) en Baie de Génipa, afin de poursuivre sa démarche de préservation et de valorisation du patrimoine naturel, de fournir les informations nécessaires à la justification de la mise en réserve naturelle et d'apporter au Conseil Régional, décisionnaire, les éléments permettant de constituer le dossier de création d'une RNR. La zone d'étude englobait l'ensemble des mangroves de la Baie de Fort-de-France, ainsi que les espaces naturels en arrière mangrove, les îlets (Petit, Gros, Morne Doré), et les herbiers marins du fond de baie. Il convient de rappeler les éléments forts qui font la richesse de la zone.

## La mangrove de la Baie de Génipa et les écosystèmes associés : présentation et intérêts écologiques

Cette mangrove est un patrimoine remarquable à l'interface terre-mer, regroupant près de 60% des mangroves de la Martinique, soit 1200 hectares.

Cette étendue constitue un réservoir de biodiversité, car c'est une mangrove aux peuplements matures et diversifiés : mangrove arborescente de front de mer, mangrove arbustive et arborescente dense à claire d'arrière-mangrove. Elle concentre 153 espèces végétales dont certaines très rares comme l'orchidée *Oncidium cebolleta*, voire unique au monde comme la broméliacée *Aechmea reclinata*.

C'est un lieu important pour l'avifaune, puisqu'il sert d'aire de reproduction, de nourrissage et de passage pour les migrateurs. On recense 93 espèces d'oiseaux dont 9 endémiques à la Caraïbe, 1 endémique à la Martinique et d'autres vulnérables ou en danger d'extinction. La faune y reste foisonnante et diversifiée avec de nombreuses espèces dont beaucoup de crustacés et insectes.

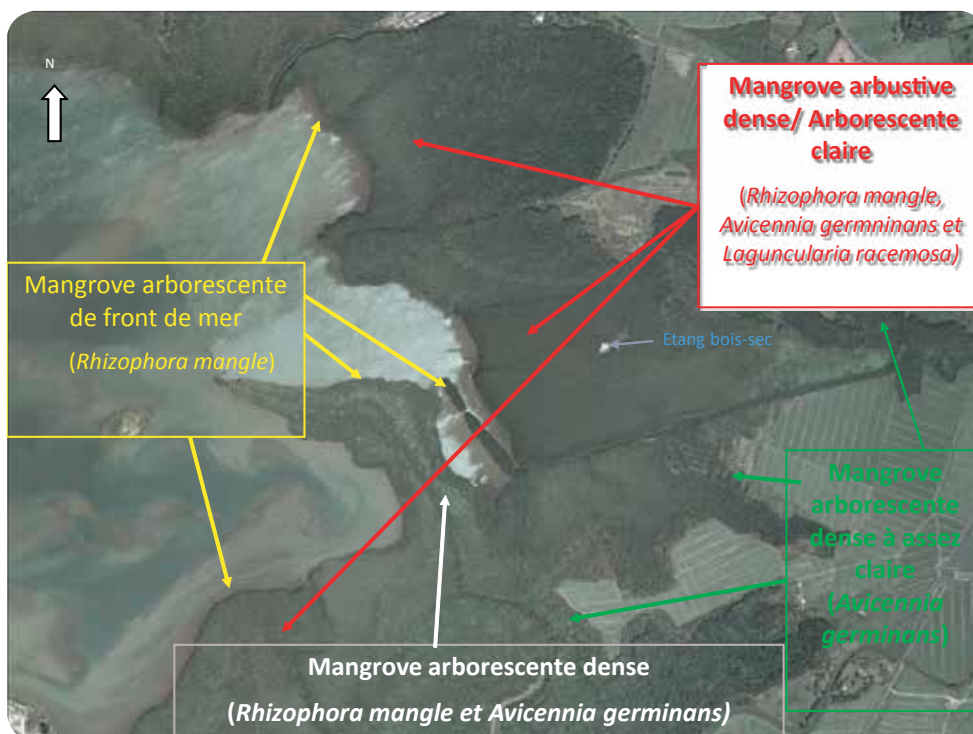


Figure 1. Typologie de la mangrove de Génipa (PNR Martinique)

L'écosystème mangrove assure des fonctions primordiales pour le développement de la biodiversité et le bien-être de l'homme. En effet, c'est un habitat et une nurserie pour de nombreuses espèces marines et des rivières, un puits à carbone contribuant à la diminution du gaz carbonique atmosphérique, un piège à polluant améliorant la qualité des eaux de rivières et garantissant une meilleure qualité des eaux littorales. Il constitue également un véritable système de protection contre la houle et l'érosion ; sans oublier le patrimoine paysager unique qu'il représente.



## Quel état écologique de la baie ?

La Baie de Génipa borde la plaine du Lamentin qui compte de multiples usages sur terre et en mer tels : la gestion forestière du domaine public maritime et de la forêt domaniale du littoral par l'ONF ; l'agriculture constituée principalement de canne à sucre et de pâturages ; l'apiculture ; la pêche traditionnelle, qui tient un rôle social important et qui alimente à la fois les ressources en produits de la mer, le patrimoine culturel et la ressource touristique ; la pêche illégale dans la baie (braconnage) ; la pêche plaisancière ; la plaisance dans la baie (accostage, mouillage dans la baie, bruit des scooters, déchets...) ; le tourisme vert (kayak notamment).

Cependant, la baie est le réceptacle de pollutions diverses, qui entraînent l'eutrophisation des eaux douces et marines, l'envasement des rivières et de la baie, la contamination de l'eau, des sédiments, de la chaîne alimentaire, avec des incidences importantes sur : la biodiversité (faune et flore) ; les paysages ; les activités humaines.

En outre, de futurs projets sont prévus dans la zone par les communes et communautés de communes environnantes : un sentier sur pilotis et une maison de la mangrove à Rivière-Salée ; un réaménagement à Port Cohé et deux créations de marinas à l'Etang z'Abricots et à Vatable ; l'aménagement de la plaine de Carrère ; l'aménagement du Quartier Canal-Ducos ; des nombreux projets urbains, dont certains en zone inondable ; un programme d'assainissement collectif et non collectif.

## La réserve naturelle régionale : un projet qui répond à une démarche globale

Il existe en Martinique deux réserves naturelles nationales, celle de la Caravelle et celle des Îlets de Sainte-Anne. Il n'y a aucune réserve naturelle régionale. Un dispositif de ce type est un espace naturel protégeant un patrimoine naturel remarquable par une réglementation adaptée tenant aussi compte du contexte local. C'est un site dont la gestion est orientée et évaluée de façon concertée, notamment grâce à un comité consultatif réunissant les acteurs locaux.

Quelles sont les différences entre réserve naturelle nationale et réserve naturelle régionale ? Le tableau 1 montre bien, lorsque l'on compare les procédures de classement des deux types d'outils, que le Conseil régional, dans le cadre d'une RNR, a plus de légitimité et de poids sur les points suivants : initiative de création, consultation et décision de création. Même l'avis scientifique est pris à l'échelon local car sur consultation du Conseil scientifique régional du patrimoine naturel (CSRPN).



Cliché 1. Broméliacée *Aechmea reclinata* (PNR Martinique)



**Tableau 1.** Procédures de classement des réserves naturelles (PNR Martinique)

|                     | Réserve Naturelle Nationale   | Réserve Naturelle Régionale  |
|---------------------|---|--|
| Législation         | Article R.332-1 à 14 du Code de l'Environnement   | Article R.332-30 à 40 du Code de l'Env   |
| Emission du dossier | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Services ou Etablissements publics (DIREN, DDAF, ONF)</li> <li>▶ Associations</li> <li>▶ Propriétaires</li> <li>▶ Collectivités locales</li> </ul>   | Services du Conseil Régional Propriétaires   |
| Avis scientifique   | Consultation du CNPN (Conseil National de Protection de la Nature) par le Ministre chargé de la Protection de la Nature   | Consultation du CSRPN (Conseil Scientifique Régional du patrimoine naturel) par le Président   |
| Consultations       | <p><b>Consultations locales par le préfet :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Enquête publique</li> <li>▶ Information du Président du Conseil Régional</li> <li>▶ Consultation des collectivités territoriales intéressées</li> <li>▶ Consultation des administrations civiles et militaires</li> <li>▶ Consultation de la commission départementale des sites, perspectives et paysages en formation de protection de la nature</li> <li>▶ Consultation de la commission départementale des espaces, sites et itinéraires relatifs aux sports de nature</li> </ul> <p><b>Consultations nationales par le Ministre chargé de la protection de la Nature :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ CNPN (Conseil National de la Protection de la Nature)</li> <li>▶ Ministres</li> </ul> | <p><b>Consultations locales par le Président du Conseil Régional :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Consultation des collectivités territoriales intéressées</li> <li>▶ Transmission du dossier au Préfet pour avis</li> <li>▶ Enquête publique sauf si accord des propriétaires dès la première notification de mise à l'enquête</li> </ul> <p><b>Consultations nationales par le Ministre chargé de la protection de la Nature :</b> uniquement en cas de désaccord des propriétaires ou des titulaires de droits réels</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Projet de décret élaboré par les services du ministre et communiqué au Président du Conseil Régional</li> <li>▶ Conseil d'Etat</li> </ul> |
| Classement          | <p><b>Classement par décret :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Par le Ministre chargé de la protection de la nature</li> <li>▶ Et le cas échéant, par les autres ministres chargés de l'exécution du décret</li> <li>▶ Puis par le Premier Ministre</li> </ul>  | <p>Classement par délibération par le Président du Conseil Régional</p> <p>En cas de désaccord des propriétaires ou des titulaires de droits réels, classement par décret en Conseil d'Etat</p>  |
| Publication         | Publication du décret au J.O.R.F.   | Publication de la délibération ou du décret au Recueil des actes administratifs du Conseil Régional  |
| Durée du Classement | Illimitée   | Définie par la Région<br>Le classement est renouvelable par tacite reconduction  |
| Gestionnaire        | Désigné par le Préfet   | Désigné par le Président du Conseil Régional   |

Le choix de l'outil réserve naturelle régionale permettra une protection efficace de notre patrimoine en danger par des moyens adaptés de mise en valeur et de surveillance, ainsi qu'une gestion globale et intégrée du site, prenant en compte l'ensemble des problématiques et des acteurs. En effet, lors de l'étude préalable à la création de la réserve, des séries de concertations ont eu lieu par « mondes » : agriculture/apiculture, pêche, chasse, tourisme, associations, administrations/collectivités, afin de connaître les usages existants sur la zone, et de discuter des attentes de chacun vis-à-vis du projet de réserve. Le Parc souhaite insister sur sa volonté de prendre des décisions concertées avec l'ensemble des

acteurs et usagers de la zone. Par exemple, la première ébauche de zonage de la future réserve, qui ne prenait pas en compte certaines problématiques liées à la pêche et à la plaisance, doit être rediscutée et réétudiée avec tous les acteurs concernés. Enfin, l'outil réserve naturelle régionale doit répondre à une initiative locale et servira à prendre des décisions également au niveau local. Ainsi, le Parc naturel régional de la Martinique et le Conseil régional souhaitent que cet outil suscite une responsabilisation et une appropriation par tous les Martiniquais de cet espace naturel qu'est la mangrove de la Baie de Génipa.



## Une Réserve Naturelle Régionale à l'interface terre/mer

Il faut noter qu'en plus du caractère innovant qu'est la réserve naturelle régionale en Martinique, le site destiné à être protégé se trouve à l'interface terre/mer. Dans cette partie, nous ferons donc une analyse de la notion d'interface terre/mer appliquée à la Baie de Fort-de-France : quels enjeux implique-t-elle ? Quels types d'actions en découleront ? Avec quels acteurs et outils déjà en place ou pas ? De quels moyens aura-t-on besoin pour le gardiennage et la surveillance de cette future réserve ? Le site de la Baie de Génipa tire sa richesse non seulement des espaces naturels en arrière mangrove, des îlets et des herbiers marins du fond de baie, autant d'éléments qui touchent les milieux terrestres et marins ; mais surtout de l'ensemble des mangroves de la Baie de Fort-de-France, qui symbolise l'interface terre/mer. En effet, la mangrove est une sorte de forêt amphibie, dominée par les palétuviers, et qui s'installe dans les estuaires ou fonds de baie des régions tropicales.

La Baie de Fort-de-France compte près de 1200 hectares de mangrove, soit 60% des mangroves de la Martinique concentrées dans une seule zone. Cet ensemble naturel aurait connu des zones de régression lors des constructions de ports, de zones industrielles, et suite à l'extension de l'urbanisation et de l'agriculture, et des zones d'engraissements au niveau des embouchures des Rivières Lézarde et Salée. Mais cette baie est également proche de la plus grande zone urbaine de l'île, l'agglomération foyalaise, avec un bassin versant très étendu, réparti sur une dizaine de communes. En outre, l'interface terre/mer de la Baie de Fort-de-France dispose d'une gestion complexe liée à l'imbrication de multiples compétences et services de l'Etat : le Domaine public maritime (DPM) géré par la DEAL ; la mangrove du DPM soumise au régime forestier gérée par l'ONF ; les 50 pas géométriques, domaine privé de l'Etat, soit Forêt domaniale du littoral (FDL) gérée par l'ONF ; la navigation maritime et la pêche dans la baie gérées par la Direction des affaires maritimes (DAFMAR) ; le régime de la chasse maritime géré par le Préfet, la DAFMAR assistée de la DDE, de la DAF et des services fiscaux ; la surveillance de la chasse maritime opérée par l'ONF et l'ONCFS.

Les actions prévues dans le cadre de la future réserve seront des actions de protection, de gestion et de valorisation de la biodiversité. Il importe qu'elles soient menées par l'organisme gestionnaire de la future réserve et appliquées par les gardiens affectés. Le concept à privilégier serait la mise en place d'une sorte de réseau de communication/surveillance avec certains acteurs volontaires (pêcheurs, chasseurs, etc...) de la zone et les gardiens de la réserve. En

effet, lors des réunions et concertations avec ces acteurs, certains ont fait savoir leur volonté d'aider le Parc dans la démarche de connaissance et de protection du site, et ont émis le souhait d'être formés au métier de garde de la réserve.

### Une réserve naturelle implique des actions de :

- Gestion et Protection : surveillance et gardiennage selon la réglementation et le zonage de la réserve par des gardiens de l'environnement sur terre et en mer ; création d'un « réseau de surveillance » avec certains acteurs de la zone (pêcheurs par exemple) ; mise en place de suivis scientifiques sur des espèces animales et végétales à enjeux (*Aechmea reclinata* par exemple) ; réflexion et étude sur des moyens de protection naturelle de la mangrove (par exemple lors d'événements climatiques majeurs) ; expérimentation de restauration hydraulique et écologique de la mangrove.
- Valorisation : communication sur les études, espaces et espèces clés de la réserve (sans pour autant tous les localiser) ; éducation à l'environnement en partenariat avec les gardiens de la réserve et les acteurs de la zone, par des visites ciblées de la réserve par les scolaires ou le public, et par des initiatives d'associations ou de scolaires dans la protection ou la valorisation d'espèces.

La future réserve qui compte près de 1200 hectares de mangrove, à l'interface terre/mer et plus de 2000 hectares en zone marine, nécessitera une brigade nautique pour la surveillance en mer, en plus des gardes de la réserve en partie terrestre.

La gestion intégrée des zones côtières est un enjeu mondial qui doit être appréhendé de façon locale et le projet de réserve naturelle régionale en Baie de Génipa, outil innovant à l'interface terre/mer, s'inscrit parfaitement dans ce dispositif de protection et d'aménagement.

### Références bibliographiques

Acer Campestre, Liederman Consultants, 2006, *Inventaire des zones humides de la Martinique, Rapport de synthèse*, Parc Naturel Régional de la Martinique.

BRITHMER R. *et al.*, 1998, *La mangrove de la Martinique*, PNRM/Carbet des Sciences.

CHIFFAUT A., 2006, « Guide méthodologique des plans de gestion de réserves naturelles ». Réserves Naturelles de France/MEED/ATEN, *Cahiers Techniques*, No. 79.

Collectif, 2006, *Code de l'Environnement*, Dalloz.

COURTINARD P., 2006, *Plaine sucrée, Rivière salée*, PCP éditions.

IARE, IEA, 2000, *Etude de protection et de mise en valeur de la baie de Génipa*, Parc Naturel Régional de la Martinique.

Impact Mer, 2009, *Etude préalable à la mise en Réserve Naturelle Régionale de la Baie de Génipa*, Parc Naturel Régional de la Martinique.



# Ecotourism at the Asa Wright Nature Centre: a tool for educating children about conservation and biodiversity in Trinidad

Rachael WILLIAMS

Because the islands of Trinidad and Tobago are of continental origin, they share a multitude of flora and fauna from a relatively wide spectrum of biological taxonomic groups well beyond the ratio of their small land mass. Such biodiversity is visibly abundant in the easternmost parts of the Northern range of Trinidad. It is in one such fecund valley that the Springhill property of the world famous Asa Wright Nature Centre, (AWNC), is located.

Springhill has gained and sustained international attention during its 43-year history precisely because of this easy access to spectacular wildlife varieties. Traditionally, the communities adjacent to the AWNC had been utilising biodiversity for supporting rural lifestyles through hunting, fishing, and hillside agriculture - mainly cocoa, coffee and citrus - that mimicked forest ecosystems. But, within the last two decades, these rural practices, (of utilizing only what was needed, and living within the carrying capacity of forests), have changed significantly, and have now been replaced by unsustainable uses of biodiversity.

## The Asa Wright Nature Centre (AWNC)

In 1967, in an effort to conserve the rich biodiversity resources of its 175-acre agricultural plantation estate, Springhill, which had then fallen on hard economic times, the Asa Wright Nature Centre (AWNC) was established as a not-for-profit Trust using the \$75,000 USD raised by a group of American conservationists led by renowned wildlife artist, Don Eckelberry, and his wife, Virginia.

Its founding purpose was to provide a Centre open to the public for recreation and the study of tropical wildlife, as well as to preserve the wildlife and rainforest of the Arima Valley. The mission of the AWNC is therefore: *"To preserve a part of the Arima Valley in its natural state; to create a conservation and study area; and to protect the wildlife thereon for the enjoyment and benefit of all persons of this and succeeding generations"*.

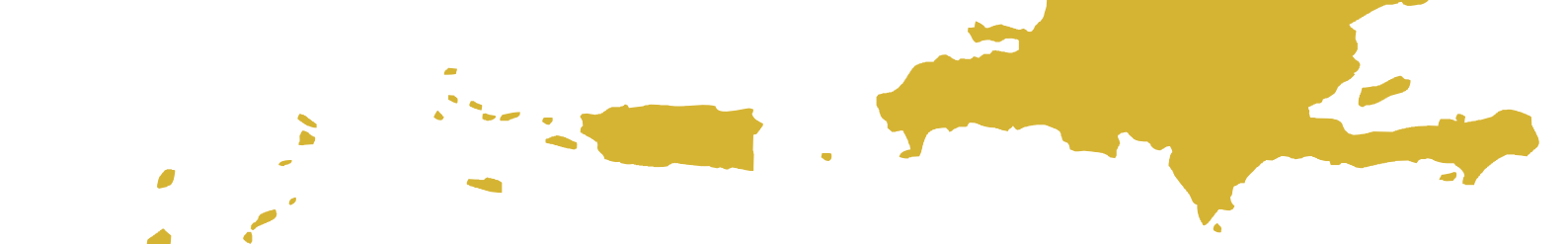
All activities at the AWNC derive from its mission and vision statements. They focus on conservation of the environment through multiple-use strategies, including protection of valued ecosystems, habitats, and species; rehabilitation of degraded areas; promotion of compatible economic opportunities; and research, educational and recreational activities for the benefit of humanity.

The AWNC provides a unique setting for an incredible assortment of flora, fauna, and ecosystems, e.g., rainforest and other Neotropical<sup>1</sup> forest ecosystems. One hundred and seventy (170) species of birds have been recorded on the Centre's grounds, including, the special attraction - its breeding colony of *Steatornis caripensis* - the nocturnal Oilbird, or Guacharo. Other sightings include Bell Birds, Manakins, Raptors, Ornate Hawk Eagles, Toucans, and among the *endangered species*, the Trinidad Piping Guan or Pawi.

The AWNC has been self-sustaining for all of its history and funds its conservation programme through development and management of an ecotourism business. A focal point for nature based tourism in Trinidad and Tobago for the past 43 years has been the tours of the AWNC. Profits from these were used to increase the physical growth of its land holdings from 175 acres in 1967 to 2000 acres in 2001.

<sup>1</sup> In biogeography, the Neotropical zone is one of the world's eight terrestrial ecozones. This ecozone includes South and Central America, the Mexican lowlands, the Caribbean islands, and southern Florida, because these regions share a large number of plant and animal groups. It is sometimes used as a synonym for the tropical area of South America, although the ecozone also includes temperate southern South America.





However, as a result of the fall in travel following the 2001 World Trade Disaster in the United States and with the more recent worldwide economic downturn, its programmes has had to be limited to those related to operations related to the centre only and to conservation and education programmes. One such intervention into conservation education is the development of two programmes, the Valley Schools Outreach Programme (VSOP) which started in 2008 and the Teacher Training workshops. These workshops started in the late 90's and continue in different formats, the latest of which is to be implemented at the centre in the near future. For 2010-2011 a grant was obtained from the J.B. Fernandes Memorial Trust I to expand the VSOP which was originally developed by the AWC to increase environmental awareness in children from six to eight years living in the Arima Valley.

## The Valley Schools Outreach Programme (VSOP)

The main objective in developing the VSOP was to connect the "great outdoors" with standard primary school classroom subjects and to offer support to the teachers engaged in teaching about the environment (based on the science syllabus). Currently there is only one person employed at the AWC who is delivering this programme in the schools. She operates as both tour guide and teacher with the centre.

### The existing primary school science syllabus

The science syllabus is structured from Infant 1 to Standard 5 (ages 5-11). There are 6 strands through each year of the primary school syllabus which help students to develop important concepts in primary science. The strands are intended to help the students develop a sound understanding of the living and material world as they relate to:

1. Living things
2. Ecosystems
3. Matter and Materials
4. Structures and Mechanisms
5. Energy
6. Earth and Space

Material taught in each strand is subdivided into categories that explore the following: concepts, objectives, enquiry skills, suggested teaching/learning activities and suggested assessment activities.

It is to be hoped that the VSOP will raise awareness within the students from an

early age, and plant the seeds of curiosity and respect for the natural world. The delivery of the VSO programme follows a pattern of :

- ▶ an initial meeting with the Principal of each school for in-depth discussion on the content of the programme; and when necessary,
- ▶ a follow-up meeting with the Teachers who will be directly involved in handing down the programme.
- ▶ each term three schools are selected to deliver the VSO programme for one day in a week. At present, the programme is targeting children in Standards 2 and 3 - typically ages 8 to 9 years old.

### Other Objectives of the VSOP

- ▶ To enhance basic English skills (grammar and spelling as well as creative/poetry writing).
- ▶ While investigating nature.
- ▶ To enhance creative art skills and imagination by various activities using nature.
- ▶ To be able to identify characteristics of animals, plants and ecology.
- ▶ To excite students with nature that exists in their own school-yard.
- ▶ To encourage them to develop their sense of interest and curiosity.
- ▶ To help them learn to respect and appreciate the nature around them, because we all have a role to play in the environment.

From these objectives, three programmes, conducted at each school's location, were designed to complement the existing primary school Science syllabus. These are:

1. Interesting Insects
2. Terrific Trees and Plants
3. Fun with Food Chains

The objectives of each programme and one associated activity are listed below.





## Interesting Insects (Ages 8-12 yrs)

### Objectives

- 1) To understand the important role that insects play – as pollinators, part of the food chain.
- 2) To learn the characteristics of insects e.g. three body parts, compound eyes, six legs, two antennae, an exoskeleton, breathes through holes in the sides of their bodies, wings.
- 3) To practice drawing and writing skills.
- 4) To further develop their use of spelling, adjectives, and adverbs.
- 5) To use poetry as a way of developing students' imagination.

### Associated Activity

Explain acrostic poems [simple poems in which the first letter of each line forms a word or phrase (vertically)] to the children and have them create one and share with the class. If there is extra time the children may draw an insect that was found along the walk outside. According to age group play dough could be used for sculpting an insect.

## Terrific Trees and Plants (Ages: 7-10 yrs)

### Objectives

- 1) To be able to identify the parts of a plant/tree.
- 2) To learn the important uses of plants/trees.
- 3) To understand why we need to co-exist with the plants/trees in order to survive.
- 4) To have fun colouring with parts of plants/trees e.g. flowers and leaves.

### Associated Activity

Explain to the students that they are going to colour with Nature using the different leaves and flowers. Demonstrate by crushing a leaf and rubbing it on paper to create an interesting pattern/shape: use different leaves for varying shades of green. Repeat the same exercise using flowers.



## Fun with Food chains (Age: 8- 12 yrs)

### Objectives

- 1) To understand a food chain.
- 2) To learn the meaning of the words- producers, primary consumers, secondary consumers, tertiary consumer, herbivore, carnivore, omnivore.
- 3) To understand our role as part of the food chain.
- 4) To learn to create/identify different kinds of food chains in the environment.
- 5) To further develop writing, spelling, and creative skills.

### Associated Activity

Ask students if they ever wanted to be a Reporter and have them 'interview' their favourite animal. Have them think of 10 interesting questions they'd like to ask their favourite animal if it could speak. Be creative: Also, allow the students to share their questions with the rest of the class.



To date the VSOP programmes have been taught in sixteen schools within Arima. Four of these schools have been revisited.

| School | No. of students taught | Programmes taught at schools   | Year | Teachers' suggestions   |
|--------|------------------------|--|------|---|
| 1 *    | 60                     | Interesting Insects  | 2008 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Recommend the programmes to other schools.</li> <li>▶ Follow up lessons.</li> <li>▶ More personnel to accommodate bigger class size.</li> </ul>  |
| 2      | 45                     | Terrific Trees and Plants  |      |   |
| 3      | 25                     |  |      |   |
| 4 *    | 72                     | Fun with Food chains   |      |   |
| 5      | 60                     |  |      |   |
| 5      | 72                     | Interesting Insects<br><br>Terrific Trees and Plants<br><br>Fun with Food chains | 2009 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Recommend the programmes to other schools.</li> <li>▶ More programmes on regular basis.</li> <li>▶ Follow up lessons.</li> <li>▶ Two sessions per week.</li> <li>▶ Programmes should be taught at all levels in primary school.</li> </ul> |
| 6      | 65                     |  |      |   |
| 7 *    | 51                     |  |      |   |
| 8      | 102                    |  |      |   |
| 9      | 66                     |  |      |   |
| 10     | 53                     |  |      |   |
| 11     | 115                    |  |      |   |
| 12     | 58                     |  |      |   |
| 13     | 38                     |  |      |   |
| 15     | 20                     | Interesting Insects  | 2010 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Well organized programmes.</li> <li>▶ Excellent planning.</li> <li>▶ More lessons.</li> <li>▶ Good transition from one aspect to the other.</li> <li>▶ Follow up lessons</li> </ul>  |
| 16     | 98                     | Terrific Trees and Plants  |      |   |
| 17     | 84                     |  |      |   |
| 18     | 65                     | Fun with Food chains   |      |   |
| 19     | 81                     |  |      |   |
| 20     | 62                     |  |      |   |

\*School whose students visited the Asa Wright Nature Centre at the end of the VSOP.

## Teacher training workshops

Teacher training workshops have been in existence at the AWNC since the late 1990's. The most recent of these workshops will be offered to those teachers whose schools are already involved in the VSOP. Before the start of each school term, selected teachers will be invited to attend a weekend (Friday p.m. to Saturday p.m.) workshop retreat at the Centre which will provide opportunity for total immersion in the gifts of Nature. There will also be some teaching and practice.

Themes for Teacher-workshops will run parallel to, and follow the structure of, the VSOP as implemented in the schools. Also included will be some general instruction on local ecology, current environmental issues - such as climate change, and the role of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), and in general allow for the exchange of ideas for the practice of conservation on a daily basis.

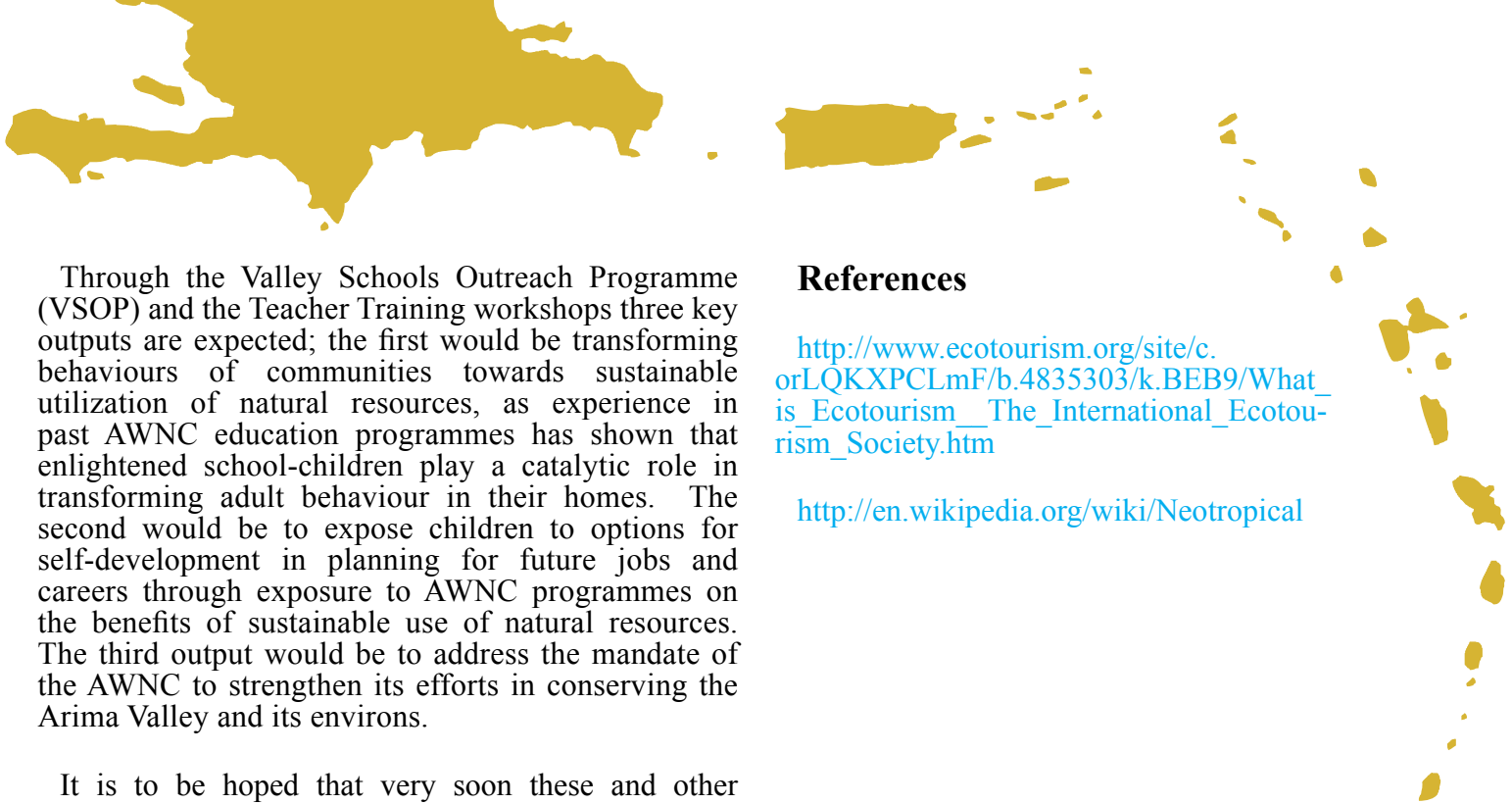
Volunteer-interns, (e.g., university students), interested in providing assistance during the school term, and teachers from schools outside of the Arima valley area are also welcome to attend these workshops. In this way the programme could be extended into more schools. The AWNC Tour guides and staff will participate and make invaluable input at these sessions. The development of these workshops is ongoing.

## Conclusions

The AWNC has embodied all the principles of Ecotourism (already defined) and continues to do so with more emphasis now on conservation and environmental education programmes.

Children and teachers have responded positively to the VSOP by requesting follow up lessons and more teachers to accommodate larger class sizes, recommending that the programme be introduced to other schools and be taught to other age groups (not currently taught), and asking for more trips to the Asa Wright Nature Centre.





Through the Valley Schools Outreach Programme (VSOP) and the Teacher Training workshops three key outputs are expected; the first would be transforming behaviours of communities towards sustainable utilization of natural resources, as experience in past AUNC education programmes has shown that enlightened school-children play a catalytic role in transforming adult behaviour in their homes. The second would be to expose children to options for self-development in planning for future jobs and careers through exposure to AUNC programmes on the benefits of sustainable use of natural resources. The third output would be to address the mandate of the AUNC to strengthen its efforts in conserving the Arima Valley and its environs.

It is to be hoped that very soon these and other programmes will be extended to communities beyond the Arima Valley area. It is also hoped that the activities at this Nature Centre will continue to generate so much enthusiasm among teachers and students that Environmental Education programmes will self-propagate, and eventually gain the recognition of the Ministry of Education as being essential to all schools' curricula.

The long term aspiration is towards satisfying the eco-needs of the present population with such awareness and sensitivity that those of future generations are not compromised.

## Acknowledgements


I wish to thank the following members of the Education and Research Committee at the *Asa Wright Nature Centre*: Dr Judith Gobin, Mr. Ken Fournillier, and Mr. Atkin Isaac; with special thanks to Ms Denise Etienne who provided essential information and suggestions used in this paper. Many thanks to Professor Julian Duncan for 'opening my eyes' in the '80s' to the beauty of nature while I was an undergraduate student in his Botany class at the University of the West Indies, Trinidad. He was most instrumental in my being today on this path of teaching and working in the field of Environmental Education. My thanks also go to the members of the Board of the *Asa Wright Nature Centre* for nominating me to its membership in January of this year. Most importantly I have to thank the Divine for encouraging me to submit an abstract for this symposium. Thank you all.

## References

[http://www.ecotourism.org/site/c.orLQKXPCLmF/b.4835303/k.BEB9/What\\_is\\_Ecotourism\\_The\\_International\\_Ecotourism\\_Society.htm](http://www.ecotourism.org/site/c.orLQKXPCLmF/b.4835303/k.BEB9/What_is_Ecotourism_The_International_Ecotourism_Society.htm)

<http://en.wikipedia.org/wiki/Neotropical>





# Participatory forest management in the Caribbean: lessons on making it work, livelihood benefits and conservation benefits

*Neila BOBB-PRESCOTT, Nicole LEOTAUD*

This paper analyses the results of research on participatory forest management (PFM) conducted by the Caribbean Natural Resources Institute (CANARI)<sup>1</sup> in partnership with the forestry authorities in three island nations in the English-speaking Caribbean – the Commonwealth of Dominica, Jamaica and Trinidad and Tobago. The research was funded by the National Forest Programme Facility of the Food and Agricultural Organisation (FAO) and the European Commission Programme on Tropical Forests and other Forests in Developing Countries.

In the last decade, there has been increasing interest internationally in the use of PFM driven by demands for greater equity in the allocation of forest resources and the failure of traditional forestry approaches to achieve objectives of sustainable development (Geoghegan, 2002). This interest is being mirrored in the islands of the Caribbean, where policies are becoming gradually more supportive, interest and capacity are increasing (among government agencies and their civil society, private sector and community partners), and testing is being done of a range of formal and informal approaches designed to improve rural livelihoods and forest conservation.

The increasing interest in and testing of PFM in the islands of the Caribbean is reflected in a survey conducted by CANARI in late 2001 and early 2002 to assess the use of PFM in seventeen cases in ten countries of the region<sup>2</sup> and stakeholder perceptions of the ecological, economic, social, institutional, and policy impacts it has had (Geoghegan, 2002). The paper concluded that “many cases appear to be providing environmental and socio-economic benefits, but the extent of these benefits

has not been quantified and the negative impacts are not well understood” and further that “Since the success of PFM arrangements appears to depend on the provision of acceptable benefits to stakeholders, greater attention is needed on optimizing returns” (p vi). This research highlighted the need to develop systems for assessing the economic and social benefits and other impacts of PFM in order to effectively make the case to decision-makers justifying the investment in human and other resources required for participatory approaches. It further recognised that the success of PFM depends on the provision of environmental and socio-economic benefits to stakeholders, whose involvement in PFM arrangements often reflects an interest in increased income, improved livelihood security, or enhanced quality of life through the improved management of forest resources (Geoghegan, 2002).

In an attempt to start to address this need, CANARI undertook a wider research project to explore what type of institutional arrangement(s) for forest management optimise(s) the socio-economic benefits to the rural poor in the islands of the Caribbean. This paper presents findings from four case studies of PFM on:

- ▶ How can we catalyse and facilitate effective participation of all stakeholders in forest management?
- ▶ Do participatory approaches contribute to increased benefits to the livelihoods of people, especially of forest users from rural communities?
- ▶ Do participatory approaches contribute to improved conservation of forests?

<sup>1</sup> CANARI is a regional non-governmental policy research organisation dedicated to the equitable participation and effective collaboration of Caribbean communities and institutions in managing the use of natural resources critical to development in the insular Caribbean (CANARI, 2009).

<sup>2</sup> Antigua and Barbuda, Cuba, Dominica, Dominican Republic, Grenada, Haiti, Jamaica, St. Lucia, St. Vincent and the Grenadines, and Trinidad and Tobago





## Methods

### Conceptual frameworks

CANARI used several conceptual frameworks to guide the research:

1. concepts on action learning;
2. an adaptation of the livelihoods framework developed by the Department for International Development (DFID);
3. classifications of the various types of participation;
4. CANARI's work on understanding capacities needed for effective participation;
5. a summary framework developed to illustrate the complex system influencing impacts of forest management arrangements on livelihoods.

### Action learning

The action learning process is characterised by acquisition of relevant knowledge, experiential learning, collaborative learning in groups and creative complex problem solving. It was ideal for use in the research because it can facilitate:

- ▶ Participatory research;
- ▶ Addressing problems and issues that are complex and cannot be easily resolved;
- ▶ Finding solutions to underlying root causes of problems;
- ▶ Determining new policy and strategic directions or to maximise new opportunities;
- ▶ Generating creative ideas.

### The DFID livelihoods framework

The DFID livelihoods<sup>3</sup> framework (Department for International Development, 1999) that defined types of livelihoods assets was used as a foundation, but political capital and cultural capital were added as distinct from social capital, as these were felt to be of paramount importance in Caribbean islands. The framework is based on the idea that human well-being is determined by the extent to which individuals and households have access to a range of types of "assets", which are usually defined as:

- ▶ Human assets: education, skills, talents, health
- ▶ Financial assets: income, savings and access to credit
- ▶ Social assets: family, community and wider social networks
- ▶ Physical assets: standard of housing, access to transportation, etc.
- ▶ Political assets: access to and influence over decision-making processes
- ▶ Natural assets: ownership or access to natural resources, including land, and ecosystem services
- ▶ Cultural assets: to be defined

Although cultural assets were raised as important they were never properly defined or explored in the case studies and will not be discussed in this paper. Adaptation of the DFID framework to better capture local priorities is being done by many others (Schreckenber *et al*, 2010).

### Types of participation

There are many different degrees or types of participation. The level of stakeholder involvement in decision-making for natural resource management is a measure of the depth of the participatory process. Classification schemes have been developed to characterise types of participation, for example, as given in table 1. This highlights some of the power issues that are raised when determining the type of participatory approach.

<sup>3</sup> The research adopted the livelihoods definition by Chambers & Conway (1992, p. 7-8) that: "a livelihood comprises the capabilities, assets (stores, resources, claims and access) and activities required for a means of living: a livelihood is sustainable which can cope with and recover from stress and shocks, maintain or enhance its capabilities and assets, and provide sustainable livelihood opportunities for the next generation; and which contributes net benefits to other livelihoods at the local and global levels and in the long and short term."



**Table 1.** Types of participation (Bass *et al.*, 1995).

| Type                                     | Characteristics  |
|--|--|
| 1. Manipulative participation            | Participation is simply a pretence, with 'people's representatives on official boards but who are unelected and have no power  |
| 2. Passive participation                 | People participate by being told what has been decided or has already happened. It involves unilateral announcements by an administration or project management without any listening to people's responses. The information being shared belongs only to external professionals   |
| 3. Participation by consultation         | People participate by being consulted or answering questions. External agents define problems and information gathering processes, and so control analysis. Such a consultative process does not concede any share in decision-making, and professionals are under no obligation to take on board people's views   |
| 4. Participation for material incentives | People participate by contributing resources, for example labour, in return for food, cash or other material incentives. [People] ... are involved in neither experimentation nor the process of learning. It is very common to see this called participation, yet people have no stake in prolonging technologies or practices when the incentives end  |
| 5. Functional participation              | Participation is seen by external agencies as a means to achieve project goals, especially reduced costs. People may participate by forming groups to meet predetermined objectives related to the project. Such involvement may be interactive and involve shared decision-making, but tends to arise only after major decisions have already been made by external agents. At worst, local people may still only be co-opted to serve external goals   |
| 6. Interactive participation             | People participate in joint analysis, development of action plans and formation or strengthening of local institutions. Participation is seen as a right, not just the means to achieve project goals. The process involves interdisciplinary methodologies that seek multiple perspectives and make use of systemic and structured learning processes. As groups take control over local decisions and determine how available resources are used, so they have a stake in maintaining structures and practices |
| 7. Self-mobilisation                     | People participate by taking initiatives independently of external institutions to change systems. They develop contacts with external institutions for resources and technical advice they need, but retain control over how resources are used. Self-mobilisation can spread if governments and NGOs provide an enabling framework of support. Such self-initiated mobilisation may or may not challenge existing distributions of wealth and power  |

## Capacities for participation

CANARI (Krishnarayan, 2002) considers capacity for participatory approaches to encompass the following elements:

- ▶ *World view/philosophy:* Values, attitudes, principles and beliefs of respect for all people and the contribution that they can make. Trust and openness to allow other people to play an equitable role in decision-making.
- ▶ *Culture:* Willingness to work with other stakeholders towards shared objectives and a belief that this can be effective.
- ▶ *Organisational structure:* Communication channels to receive input, share information, and facilitate discussion, debate and negotiation internally and with partners. Clear definition of roles, functions, lines of communication and mechanisms for accountability.

- ▶ *Adaptive culture and strategies:* Practices and policies so that structures and mechanisms can be adapted to respond to changes in the natural resource being managed, the patterns of use of this resource, and the needs, interests, roles and responsibilities of all of the stakeholders involved.
- ▶ *Linkages:* An ability to develop and manage relationships with individuals, groups and organisations. Multi-disciplinary and inter-sectoral approaches bringing together government agencies, academia, private sector, NGOs, CBOs, communities and individuals.
- ▶ *Skills, knowledge and abilities (competence):* Technical skills and knowledge in the specific management area how to effectively facilitate or engage in participatory processes (e.g. communication and interpersonal skills, ability to negotiate, ability to speak clearly and communicate effectively in front of a large group).



- **Material:** Technology, equipment, materials and finance to support the effective implementation of the participatory process, with equitable allocation among stakeholders.

### Summary framework

The conceptual framework developed (*figure 1*) recognised that the socio-economic impacts on the poor as a result of institutional arrangements<sup>4</sup> for forest management are not only affected directly by the type of arrangements, but also by the external forces (enabling and challenging) and the internal capacities of stakeholders involved. It maps out the complex interplay occurring among these elements reflecting concerns with overly simplified frameworks raised by Schreckenber *et al* (2010).

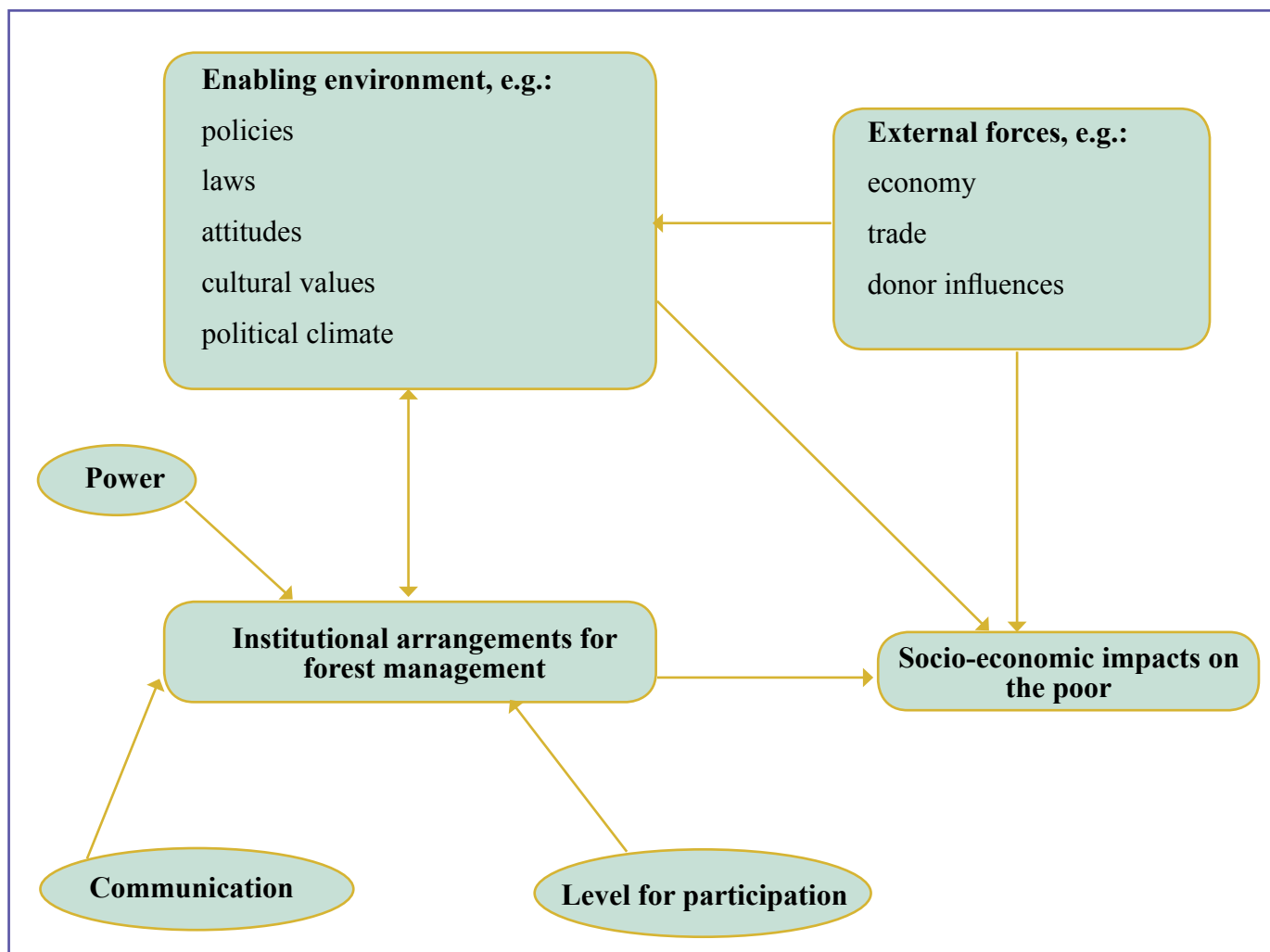


Figure 1. CANARI conceptual framework for the research on livelihood impacts of PFM initiatives.

<sup>4</sup> Institutional arrangements comprise both 'the rules of the game' and 'the players'. They can occur at all levels and can be formal, permanent or transitory. The arrangements can be between people, policies, legislation, practices, culture, structures, design and change processes. (Krishnarayan, 2002)



## The action learning approach to selecting case studies

The research on livelihood impacts of PFM was conducted using a multi-stakeholder Action Learning Group (ALG)<sup>5</sup>. The ALG validated, analysed and distilled learning from research, disseminated, advised on dissemination and applied where appropriate learning on institutional arrangements that optimise the socio-economic benefits to rural poor from forests to their organisations and institutions.

Using criteria they developed, the ALG selected twenty case studies from the project countries. Some of these as well as other initiatives were visited and analysed by national stakeholders during national workshops or by the ALG in field visits during ALG meetings and were written up as short case studies. From the twenty selected case studies, four were short-listed for in-depth analysis by an expert in the country and sector and are presented in this paper. The in-depth case study research included desk research, field visits, and interviews and focus group sessions with key stakeholders. For the case study on Fondes Amandes, participatory research methodologies were used that included community mapping and a transect walk.

## The case studies

A brief description of the four case studies is provided in table 2.

<sup>5</sup> The ALG was comprised of individuals from key national and regional institutions who could contribute skills, knowledge or experience to research and capacity building on forests and livelihoods and who were in a position to serve as 'change agents' by sharing learning on project findings within their countries, institutions and sectors. The group contained representation from government, private sector and civil society, including forest users, from the forestry and poverty reduction and rural livelihoods sectors and other relevant sectors (e.g. tourism, agriculture) in the project countries, as well as representatives of relevant regional organisations and technical and financial support agencies.

Table 2. Case studies reviewed

| Case study  |
|---|
| <p><b>Name:</b> <i>Warmmae Letang: A case study of community-based tourism within the Morne Trois Pitons World Heritage site, Dominica</i></p> <p><b>Country:</b> Dominica</p> <p><b>Description:</b> Formation of a CBO was encouraged by the United Nations Educational Scientific and Cultural Organisation (UNESCO) through its Community Management of Protected Areas Conservation Project (COMPACT) project. The CBO formed, Warmmae Letang, was given formal management responsibilities and rights to conduct revenue-generating tourism activities for the freshwater lake area in the Morne Trois Pitons National Park, which is a World Heritage Site. Formal agreements were signed with the two government agencies with responsibility for tourism and forest management. Development and functioning of the CBO was also supported by the United Nations Development Programme (UNDP) Global Environmental Facility Small Grants Programme (GEF-SGP).</p>   |
| <p><b>Name:</b> <i>Conserving the Grande Riviere Watershed: A case study of collaborative forest management in north-east Trinidad</i></p> <p><b>Country:</b> Trinidad and Tobago</p> <p><b>Description:</b> Grande Riviere Tourism Development Organisation (GRTDO) is a CBO supported by the tourism development agency in government. It is conducting income-generating ecotourism activities in the adjacent Matura National Park and has informal use rights for a government-constructed visitor centre. GRTDO is also contracted by a second government agency to work in a reforestation programme to conserve the forest and develop trails to provide livelihood benefits. The group also worked with a university to conduct participatory research that fed into development of a protected area management plan for the National Park.</p>  |
| <p><b>Name:</b> <i>Improving watershed management and community livelihoods: a case study of the Fondes Amandes Community Reforestation Project</i></p> <p><b>Country:</b> Trinidad and Tobago</p> <p><b>Description:</b> Fondes Amandes is a CBO developed in a community settled partly on state lands (without legal tenure) which became concerned with how rampant annual forest fires threatened their hillside crops. The CBO formed now manages the watershed with informal endorsement and support from government. This is reflected in a 'letter of comfort' by the government which gives the community a measure of security that they will not be evicted. Fondes Amandes is also contracted by the government in its reforestation programme and has recently received a grant of approximately US\$300,000 under the national government's Green Fund.</p>  |
| <p><b>Name:</b> <i>Consolidating Change: Lessons from a Decade of Experience in Mainstreaming Local Forest Management in Jamaica</i></p> <p><b>Country:</b> Jamaica</p> <p><b>Description:</b> Establishing Local Forest Management Committees (LFMCs) is the main mechanism for formal community participation in forest management in Jamaica. The 1996 Forest Act, the 2001 National Forest Management and Conservation Plan and the Forest Policy identify stakeholder and community participation, through the LFMC mechanism, as a key implementation strategy towards meeting the country's forestry and watershed management goals. These LFMCs are set up in critical watersheds and are intended to play monitoring, advisory, and management roles within their local area. There are eight LFMCs now operating in Jamaica and the Forestry Department aims to have 12 by 2013. If this target is met, 46% of Jamaica's 26 defined watersheds will include local arrangements for management through the LFMC mechanism.</p> |

## Results and discussion

### Catalysing and facilitating effective participation of all stakeholders in forest management

The first key lesson emerging from the case studies is that building trust between the state agencies and the community partners involved and a belief by state agencies that community partners can play an effective role in management are essential in participatory forest management. Although participatory management is supported by a legal and policy framework in Jamaica, the LFMC study emphasises the importance of the culture shift needed within the Forestry Department to accept the new roles created in the participatory management arrangement and to some extent to build the trust needed for success. Similarly, the Warmme Letang study notes that although the state agreed in principle to the participatory management arrangement and issued a legal agreement, the tone in the agreement conveyed doubts about the capacity of the local group for management and this contributed to undermining efforts at building trust between the state and the community partner. On the other hand, the Grande Riviere case study admits that although the concept of participatory management was not institutionalised in Trinidad and Tobago, key stakeholders involved in the management of the forest believed in the concept and trust existed among the parties in this arrangement. Interviewed forestry officers said “We can’t do it alone” and “The community are our eyes.” The GRTDO representative in a 2007 workshop reflected on the close relationship that they had with the lead government agency, saying that “National Parks is our second parent.” This trust contributed to a successful arrangement even where a formal enabling legal and policy environment was missing.

The second key lesson identified was that the benefits to livelihoods from stakeholders participating in participatory management arrangements must be clearly identified and communicated so that all stakeholders involved see benefits. The case studies illustrated some contribution to building various livelihood assets from the participatory management arrangements. However, these were often in the areas of strengthened human, social, natural, physical and political assets, rather than financial. Communities should be sensitised about the other, non-financial, livelihood assets that can be strengthened through participatory arrangements. For example, in the Grand Riviere community, CBO members have enhanced their skills and knowledge (human assets) in several areas because of the variety of training programmes offered to them. These included tour guide training (which featured identification of plant and wildlife species), involvement in scientific research, a forest-use survey of the Matura National Park, and involvement in the government reforestation scheme. In particular, an effort should be made to promote visible tangible benefits to community partners in the short term

to sustain interest in participation. In the Warmme Letang case, the inability of the initiative to generate adequate revenue within the first year to provide a reasonable income to the members contributed to the sharp decline in participation.

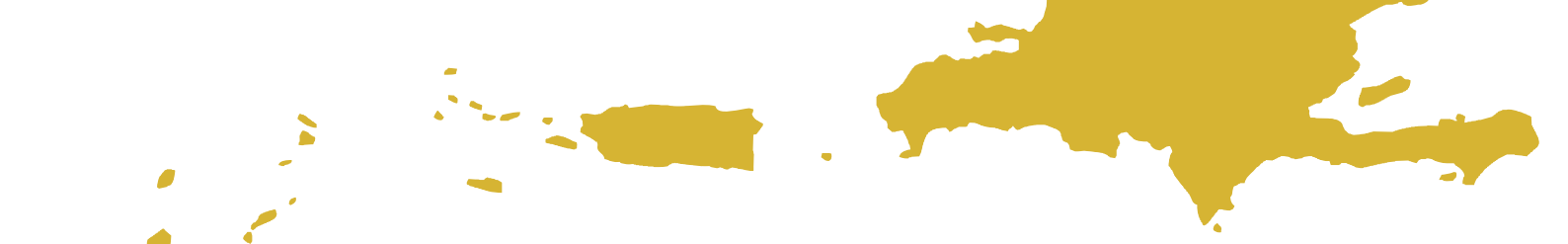
State agencies also need to be made aware of additional benefits to livelihoods that can be provided through participatory arrangements. In the Grand Riviere case study, the Forestry Division was able to access additional human resources for management of the Matura National Park by establishing an arrangement between them and the GRTDO. Enhanced natural assets such as increased forest cover and improved ecosystem services were also seen. State agencies should be sensitised to the contribution to building social assets, for example through building wider social networks and relationships.

Thirdly, although it is important to promote the opportunities to increase livelihood assets because of entering into participatory management, attention should be paid to clearly defining the expected livelihood benefits from the start and managing the expectations of community members on what it is realistic to expect to achieve. The Jamaican LFMC approach deliberately takes steps to manage expectations of community members in newly formed LFMCs by including realistic facts on limitations on human and financial resources available to the arrangement. This was not done in Warmme Letang, where the expectations of community members of what the livelihood benefits would be in the first couple years of the arrangement surpassed the feasibility assessment done for the project. This understandably fuelled disenchantment with the initiative.

Fourthly, all the case studies illustrate that strong leaders in the community who have a consistent commitment to the initiative are key to the success of the arrangement. Fondes Amandes’ Akilah Jaramogi has led her group and has been engaged in conservation of the St. Anns watershed for nearly 40 years. Grande Riviere’s retired councillor, Michael James, continues to serve the community and contributes many unpaid working hours to the initiative. Although, the LFMC case study does not identify particular individuals, CANARI is aware through its other work that the longest surviving and undoubtedly most successful LFMC can attribute its success largely to a committed, strong and long-serving Project Manager.

All of the case studies cautioned that the training offered should be sustained, should address emerging capacity needs and should not take place solely at the beginning of entering into the arrangement. As the PFM initiative is implemented new challenges arise that may need to be





addressed through targeted capacity building.

Finally, participatory forest management arrangements should be designed based on an assessment of the capacities of key stakeholders so that the arrangement is realistic and can be implemented. State agencies should have capacities that include skills in facilitation of participatory processes, communication with non-technical audiences, knowledge of models and experiences in community forestry, proposal writing and project management, and how to support development of community organisations. The Jamaican Forestry Department, a newly converted Executive Agency, employed a Rural Sociologist as a full time staff member to liaise between the LFMCS and the Forestry Department. This has been very successful in enabling effective mobilisation of communities, building strong relationships between the communities and the Forestry Department, and providing sustained and effective support for the establishment of CBOs. Community partners on the other hand need to have technical expertise in forestry management, communication skills, networking and advocacy skills, and skills in organisational development and management. The Grand Riviere community benefited from over 15 years of conservation and community development training that enabled them to assume the position as an effective community partner in the management of Matura National Park.

### **Livelihood and conservation benefits**

Appendix 1 summarises findings from the four case studies on the contributions to livelihood assets: human, social, physical, political, financial and natural. Contributions to natural assets reflect contributions to forest conservation. There was generally a positive contribution to all of these livelihood assets. Clear contributions were made to enhancing human, social and political assets through enhanced skills and knowledge, relationships, and voice to solve community problems, and influence on management at the technical as well as political levels. Some cases had a contribution to improving physical assets through improved roads or facilitates in the communities, but this was not clear in all cases. However, the enhanced political voice was noted as important to advocate for better community services. Some increase in financial assets was also noted, but there was a lack of clear and comprehensive data on what were the actual benefits going to members of the CBOs and the wider community. Three of the cases identified improvements to the natural assets, for example through improved ecosystem services (e.g. soil conservation and improved water quality).

Some of the benefits to livelihood assets were unanticipated, ranging from the

creation of relationships with key change agents in forest management in the country to the formation of CBOs that contribute to broader community development outside of their initial mandate of forest management and sustainable forest-based livelihoods.

Some negative impacts were identified on social assets in the Warmmae Letang and Fondes Amandes cases. For example, in the Warmmae Letang case, animosity was created within the community because of the perception that benefits were being inequitably distributed.

The interactions among the livelihood assets were not specifically assessed but interesting examples of positive and negative feedback can be identified. In the Grande Riviere case study, one of the community leaders and founder of GRTDO was a former local government official and he used his connections with people in the Forestry Division and other government departments to lobby for allocation of state land for the Visitor Centre and camp ground. Here social and political assets were used to enhance physical assets. Contrastingly, when political assets were used by the leader in the Warmmae Letang case study, this had a negative impact on social assets with partners from the Forestry Department and other government agencies, who mistrusted the political influence being exerted on the initiative and were hesitant to support the community initiative.

Distribution of benefits was difficult to assess in the case studies due to the lack of data. But the case studies generally reported direct benefits for members of the CBOs involved, as well as some benefits being spread to the wider community. For example the Grande Riviere case study highlighted where the ecotourism initiative being run by the CBO resulted in training and employment opportunities for members of the wider community.

Although there was a serious lack of data collection to measure changes in livelihood assets (discussed below), in one case where data was being collected it is interesting to note that conflict arose due to the widely different perceptions of the government agency and the CBO about what the target was in terms of desired results and how this should be measured, which were not negotiated at the start of the initiative. FACRP estimated that it has planted over 35,000 seedlings up to 2009 and replanted 75% of the NRWRP project area, which the FACRP base map shows to be 110 acres in total. However, NRWRP currently only credits FACRP with reforestation 14.4 acres out of a total of 41 acres under its project funding, estimates that FACRP hotly contested. They argued that not only did the surveyor miss large areas in the upper reaches of the project, but that NRWRP fundamentally misconstrued its work. Rather than establishing plantations, FACRP said that it is restoring the forest ecosystem through enrichment (spot) planting amidst natural regeneration of trees and shrubs.



## Conclusions

The four case studies of PFM arrangements in the Caribbean islands all reflect generally enhanced livelihood assets, including forest conservation.

However, the data is qualitative and not specific in most cases as there is no empirical data being collected by stakeholders to verify the results being achieved. There are also no clear targets established to assess outputs and outcomes. The lack of institutionalised monitoring and evaluation systems is a systemic problem within state agencies in the Caribbean islands and most CBOs also have weak capacity in this area. There are several key lessons that can be drawn from the case studies about how to improve this assessment of benefits, which CANARI will take forward in its ongoing work in this area:

- ▶ Firstly, desired benefits should be identified at the start of the arrangement. The government forest managers and communities may identify different desired benefits and these may need to be negotiated. Clarifying expectations, especially of communities, is essential to avoid potential disillusionment and conflict.
- ▶ Once the desired benefits have been agreed, measurable targets and indicators should be set in order to better track the impacts of the PFM arrangement. Defining indicators to track results at the levels of outputs, outcomes and impacts is important. These can be a combination of qualitative and quantitative indicators that are internally or externally defined. Achieving a balance between these will help to ensure relevance to the local communities while facilitating comparison across case studies.
- ▶ Baseline data and ongoing systematic and comprehensive data should be collected as far as possible. Longer-term monitoring and evaluation are necessary to also explore if there are any trade-offs between conservation benefits and other livelihood assets and how these are determined.
- ▶ While there is clear value in the independent collection and analysis of data, participatory research methods should also be used so that communities and government agencies can themselves monitor and evaluate the results of their investment in the participatory management arrangement. “Assisted self-evaluations” are recommended (Borrini-Feyerabend 2010).
- ▶ There should be ongoing refinement of the conceptual frameworks used to ensure that these are relevant to the local context, reflect new ideas from other practitioners in the field, and facilitate analysis of the complex interactions (for example

among livelihood assets) and issues of equity (for example with access to benefits and power in determining the institutional arrangement).

Exploring PFM approaches and how these can benefit local communities is even more relevant now in the face of international drivers emphasising:

- ▶ poverty alleviation and the Millennium Development Goals;
- ▶ meeting biodiversity conservation targets set under the Convention on Biological Diversity while addressing equity and access and benefit sharing;
- ▶ establishing protected areas and concerns about the impacts of these on local communities;
- ▶ developing strategies to reduce emissions from deforestation and forest degradation and what the impacts (positive and negative) would be on local communities;
- ▶ how local communities which are highly dependent on natural resources can build their livelihood assets to strengthen their resilience to climate change;
- ▶ enhancing livelihood opportunities offered to rural communities during this period of global financial crisis.

Much work remains to be done to assess what is being achieved and learnt by PFM initiatives in the Caribbean islands seeking to optimise benefits to local livelihoods as well as biodiversity conservation.

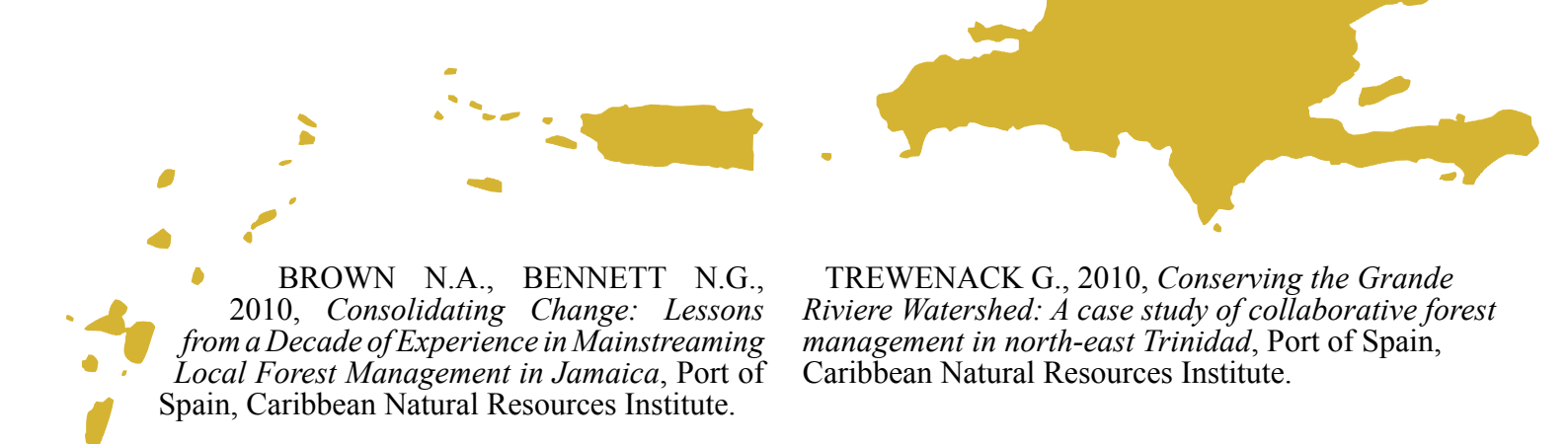
## References

BASS S., DALAL-CLAYTON B., PRETTY J., 1995, “Participation in Strategies for Sustainable Development”, *Environmental Planning Issues No. 7*, London, International Institute for Environment and Development.

BORRINI-FEYERABEND G. 2010, “*Bio-cultural diversity conserved by indigenous peoples and local communities*”. Companion Document to IUCN/CEESP Briefing Note No. 10. Tehran, CENESTA.

BORRINI-FEYERABEND G., 1996, “Collaborative management of protected areas: tailoring the approaches to the context”, *Issues in Social Policy*, Gland, International Union for the Conservation of Nature.





BROWN N.A., BENNETT N.G., 2010, *Consolidating Change: Lessons from a Decade of Experience in Mainstreaming Local Forest Management in Jamaica*, Port of Spain, Caribbean Natural Resources Institute.

CANARI, 2009, *Thirty years in support of participatory resource management: The case of the Caribbean Natural Resources Institute*, Port of Spain, Caribbean Natural Resources Institute.

CHAMBERS R., CONWAY G, 1992, “Sustainable rural livelihoods: practical concepts for the 21st century”, *IDS Discussion Paper No. 296*, Brighton, Institute for Development Studies.

Department for International Development, 1999, *Sustainable livelihoods guidance sheets*: <http://www.nssd.net/pdf/sectiont.pdf>.

GEOGHEGAN T, 2002, *Participatory forest management in the insular Caribbean: current status and progress to date*, Port of Spain, Caribbean Natural Resources Institute.

GEOGHEGAN T., 1997, *Rural Development through Heritage Tourism: Guidelines for the Caribbean*. Port of Spain, Caribbean Natural Resources Institute.

KRISHNARAYAN V., GEOGHEGAN T., RENARD Y., 2002, *Assessing Capacity for Participatory Natural Resource Management*, Port of Spain, Caribbean Natural Resources Institute.

McDERMOTT M., 2010, *Improving watershed management and community livelihoods: a case study of the Fondes Amandes Community Reforestation Project*, Port of Spain, Caribbean Natural Resources Institute.

PERRY-FINGAL B., 2009, *Warmmae Letang: A case study of community-based tourism within the Morne Trois Pitons World Heritage Site, Dominica*, Port of Spain, Caribbean Natural Resources Institute.

SCHRECKENBERG K., CAMARGO I., WITHNALL K., CORRIGNA C., FRANKS P., ROE D., SCHERL L.M., RICHARDSON V., 2010, *Social Assessment of Conservation Initiatives: A review of rapid methodologies*, *Natural Resources Issues No. 22*, London, International Institute for Environment and Development.

TREWENACK G., 2010, *Conserving the Grande Riviere Watershed: A case study of collaborative forest management in north-east Trinidad*, Port of Spain, Caribbean Natural Resources Institute.



Appendix 1. Summary of livelihood benefits / negative impacts

| Human  | Social  | Physical   | Political  | Financial   | Natural  |
|--|---|--|--|---|--|
| <p>Wamme Letang</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 10 tour guides trained in identification of local flora and fauna, kayaking, boating, first aid.</li> <li>▶ Group of women developed skills to run a catering business.</li> <li>▶ Leader developed small business management skills.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ A negative impact was seen in the spilt created in the community as people competed for control of limited resources and access to benefits. In the absence of conflict management, animosity and suspicion resulted.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Related to development of the site for ecotourism, the government improved 2.5 miles of road access to the area.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ None attributed.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Minimal - just able to keep the project afloat for the 3 year agreements with the government.</li> <li>▶ Some members from the wider community were able to get a modest income from providing produce, catering, tour guide, security and transport services.</li> </ul>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ The CBO was not given responsibility for forest management and no increase in natural assets were attributed.</li> </ul>  |
| <p>Grande Riviere</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Skills were enhanced in conservation and forest management through participation in a variety of training programmes of the Matura National Park and involvement in the NRWFP reforestation scheme.</li> <li>▶ An unexpected positive outcome reported was empowerment and esteem-building of some of the employees, particularly the women.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ GRTDO representatives developed relationships within the community, with key government agencies (in forestry, tourism and others), NGOs and the regional university.</li> <li>▶ GRTDO has strong relationships with a number of forest officers, especially from the National Parks and Wildlife Division, who worked and trained in the community.</li> <li>▶ GRTDO's social assets are reflected in its influence within the Grande Riviere community on a wide range of issues as the group is involved in all aspects of community life.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Conservation initiatives, both related to forests and turtles, have contributed to the improvement in physical infrastructure in Grande Riviere, primarily through the construction of the visitors centre, car park, camp ground and nature trails.</li> <li>▶ There was development of trails in the forest that can be used for recreation.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Community and CBO leaders in Grande Riviere have developed strong political assets.</li> <li>▶ Successful advocacy, primarily through GRTDO's founder, led to the allocation of state lands to build the visitors centre, car park and camp ground.</li> <li>▶ Increased capacity of and respect for GRTDO facilitates effective advocacy on issues related to conservation, community and enterprise development.</li> <li>▶ There is active representation of the community in a range of decision-making bodies including the Matura National Park Stakeholder Management Committee, the Turtle Village Trust, and the Matura to Matelot CBO network.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ GRTDO members have had increased income because of employment as tour guides and in the NRWFP.</li> <li>▶ The wider community is substantially benefitting from jobs in hotels, food outlets, beach front craft shops, clubs and private stores that cater to tourists.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Forest management and conservation efforts have improved the quality of water in the rivers, reduced illegal tree extraction, and illegal mining of aggregate. This also contributed to maintaining beach quality.</li> <li>▶ There was improved ecosystem services, wildlife conservation and wind protection as a result of replanting degraded and cleared forest and agricultural gardens.</li> <li>▶ Opportunities for agroforestry were provided, subject to permission being granted for access to agricultural land.</li> </ul> |





| Human   | Social   | Physical   | Political  | Financial  | Natural   |
|---|--|--|--|--|---|
| <p>Fondes Amandes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▲ FACRP has provided formal and informal opportunities for capacity building both to support project implementation and to develop individual skills and knowledge that can be applied more widely, notably skills in leadership, human resource management and various aspects of managing a non-profit organisation.</li> <li>▲ Other areas of capacity building have included: nursery and reforestation skills; carpentry and equipment repair; fire prevention/ fire fighting; tour guiding; organic gardening; soil conservation; animal husbandry; nursery and propagation skills; community recycling/composting; community-based tourism; craft and cottage industries; anger management; financial literacy; and music and cultural arts.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▲ There has been positive enhancement of social assets of FACRP with strong relationships built with: donors (national trust funds, embassy, corporate sponsors); technical assistance agencies (e.g. FAO); conservation NGOs; key government agencies working in forest management, tourism, community development; and other CBOs nationally and regionally.</li> <li>▲ FACRP's major contribution to building social assets in the wider community has probably been in the promotion of 'youth empowerment' through school visits, summer camp, drumming circles and youth employment.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▲ FACRP has contributed to the improvement of the community's physical assets through: development of infrastructure and acquisition of equipment that serves FACRP directly and the community indirectly (e.g. the nursery, the Resource Centre, nature trails, computers, projector, Global Positioning System (GPS) units, pickup truck, weed whackers, shovels and other tools); development of infrastructure for shared FACRP and community use (e.g. the welcome shed); and supporting the call for infrastructure and services for the whole community (e.g. electricity, phone, cable and internet service and roadside pipes bringing water into the community).</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▲ FACRP has built connections with influential people and a wider public that has become aware of FACRP due to its outreach efforts, awards and promotion by partners. FACRP is now able to influence politicians who previously "didn't know this place exists", with the following results: reduced risk of eviction and loss of access to land and resources; invited to input into many national fora seeking better government service; increased success in overcoming bureaucratic obstacles encountered by FACRP in its projects; and appointment of the head of the FACRP on the Board of the Environmental Management Authority.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Over the 2000-2010 period, FACRP secured grant funding of just over US\$850,000 and in 2010 secured a government grant (from the Green Fund) of nearly US\$320,000. A large proportion of these funds is spent in the community, primarily on wages. Currently about 20% of the working-age population in Fondes Amandes is employed by FACRP. Most other employees are from neighboring communities or are related to Fondes Amandes residents.</li> <li>▲ FACRP is also committed to enhancing community income by encouraging entrepreneurship and identifying other revenue-generating opportunities, including: hiring FACRP workers for additional jobs whenever the opportunity arises, (e.g. for leading tours, drumming, and catering for workshops and groups of visitors); securing occasional work for the drummers and a crew that does landscaping, putting in firebreaks, etc.; and providing training in skills that could lead to small business development.</li> <li>▲ FACRP has consistently emphasised to community members the importance of saving and investment for personal financial management and enterprise development. It has sponsored the organisation of sou-sous (collective savings clubs), at least one of which is still functioning.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▲ FACRP has contributed to enhanced biodiversity and ecosystem services, including improved water flow and quality and reduced siltation and flooding in the Fondes Amandes watershed and downstream.</li> <li>▲ Local observers report that over the course of the last two decades, the fire climax system of grass, bamboo and cocorite palm that once dominated the Fondes Amandes watershed has been replaced by a diverse and flourishing agro-ecosystem.</li> </ul> |



| Human   | Social   | Physical  | Political  | Financial  | Natural  |
|---|--|---|--|--|--|
| <p>LFMCs</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ The Forestry Department has provided training for LFMC members in forest-related areas, and through partnerships with other organisations it has facilitated training for the LFMCs in other areas, such as small business development and operations, tourism and tour-guiding.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ The LFMCs have brought people in the community together under a set of common interest related to use of forest resources and forest management activities.</li> <li>▶ They have been able to work together to solve wider problems in the community.</li> <li>▶ The LFMC communities are now perceived differently by foresters, are considered active co-stewards and are valued for the contributions that they have made to forest activities, particularly their role in reducing illegal activity in the reserves and for their ability leverage funding for forest and biodiversity conservation work from sources that are not available to the Forestry Department.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Several of the LFMCs have acquired infrastructure such as an office, a gazebo, a nursery, a visitor centre and a green house.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ The LFMCs have provided communities with an avenue to communicate their priorities to the Forestry Department, and this in turn has influenced the Department's decision-making.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ The LFMCs have been able to raise funds from various local and international donors for their activities. To date they have raised more than US\$600,000 from various sources.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ The LFMCs have provided communities with a mechanism for formal access to forest lands and use of forest resources. In some instances this has regularised traditional use and access.</li> </ul> |



# Les enjeux, les outils et les méthodes de sensibilisation à la biodiversité dans les établissements scolaires : des spécificités dans les établissements ultramarins ?

Magalie FERMENT

## La biodiversité, une nouveauté en milieu scolaire

Si 2010 a été l'année internationale de la biodiversité, cette dernière avait déjà fait son apparition dans le milieu scolaire depuis quelques années. Cependant, il est intéressant de se demander comment et pourquoi cette thématique a émergé dans les programmes des établissements du premier degré.

### Une thématique des années 2000

Vers la fin des années 70<sup>1</sup> apparaissent les premiers textes relatifs à l'approche de la thématique « développement durable » dans le milieu scolaire. Cependant il faudra attendre 2004 pour que ces textes soient remis aux goûts du jour. Autrement dit, il a fallu attendre une trentaine d'années pour que l'approche de la thématique en milieu scolaire soit repensée. Or, entre temps, beaucoup de notions, de problématiques et de questionnements ont vu le jour et les préoccupations ont tourné autour des moyens, des méthodes pédagogiques pour insérer au mieux la thématique et ses enjeux dans le quotidien scolaire.

### Faire naître une prise de conscience à la base ?

À l'origine de cette démarche d'intégration de la thématique « développement durable » dans les programmes scolaires, il y a peut-être, plus qu'une volonté d'éduquer à la prise en compte de l'environnement, le souhait de faire naître une prise de conscience et ce dès le plus jeune âge, des effets des actions de l'homme sur son environnement. Or on sait que plus la sensibilisation se fait tôt, plus les réflexes s'effectuent automatiquement et plus l'élève, futur citoyen, aura de facilités à intégrer la problématique liée au thème enseigné. Il s'agit donc d'arriver à ce que chaque citoyen prenne en compte son

environnement et soit conscient de sa fragilité, du fait qu'il puisse disparaître et que les actions de l'homme jouent fortement contre lui. Ce n'est qu'après cela que l'homme pourra élaborer des stratégies de conservation et de protection à l'intérieur de son espace.

L'un des objectifs des programmes de 2008<sup>2</sup> en matière de science pour le cycle 3 est « Être responsable face à l'environnement, au monde vivant, à la santé ». Il y a donc là une véritable intégration de la notion de responsabilité dans les programmes scolaires. Chacun est responsable de ses actes et se doit de préserver l'environnement qui lui est proche et ce, quel que soit son âge ou sa condition. Ces mêmes programmes prévoient la sensibilisation des élèves aux thèmes de la pollution, du traitement des déchets ou des problématiques de l'eau. Autrement dit, les thématiques du développement durable ont désormais pleinement leur place dans l'espace scolaire.

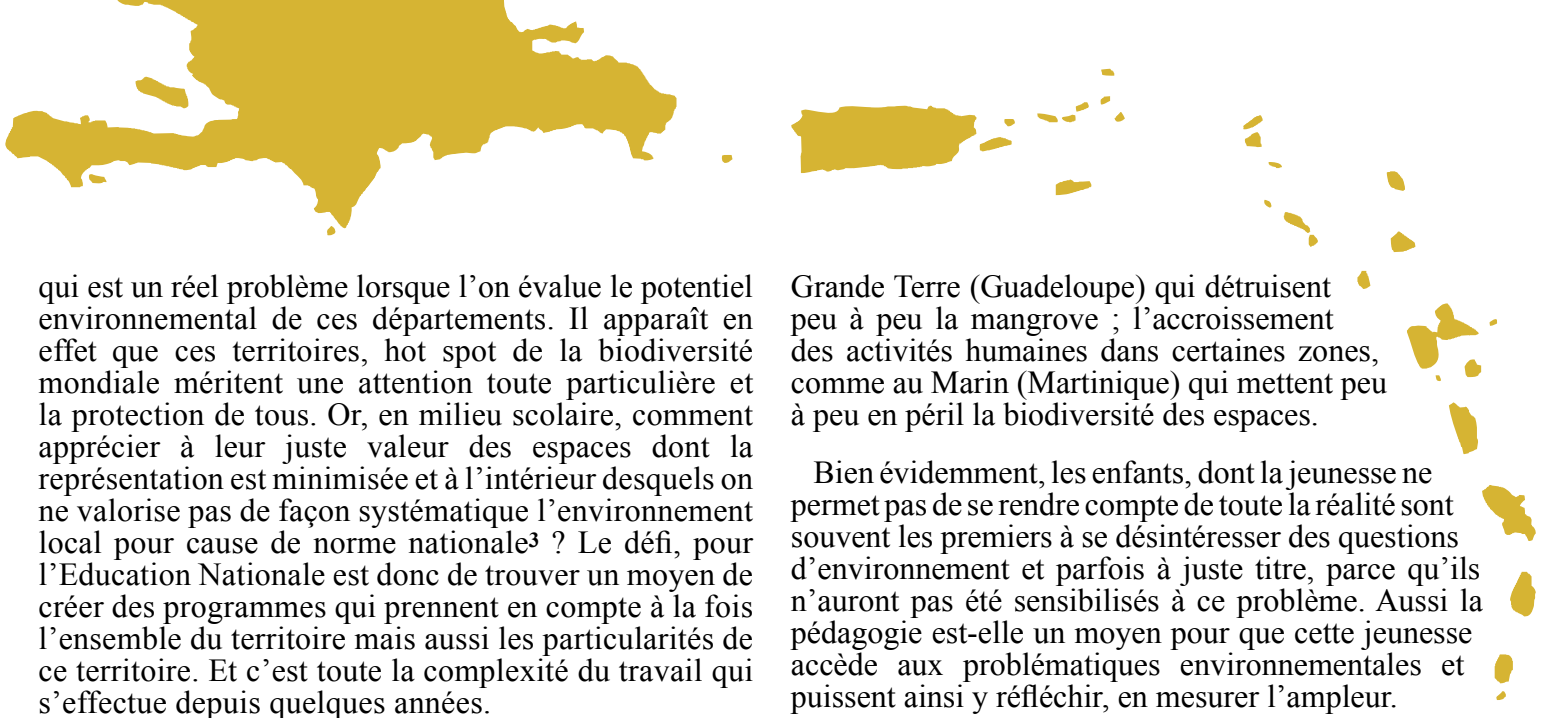
### La France : un problème de territoire

Nous l'avons vu, des efforts ont été faits dans ces programmes scolaires « nouvelle génération » pour intégrer les problématiques du développement durable en prenant en compte les conceptions actuelles qui y sont liés et ce sur tout le territoire. Mais l'éclatement géographique de la France ne facilite pas cette démarche de pédagogie au développement durable. En effet, les départements d'outre-mer sont souvent les plus démunis pour l'enseignement de telle thématique ; cette dernière, pour être compréhensible par tous et pour toucher un public maximum, doit non seulement être étudiée en classe mais aussi bénéficier d'un écho au niveau des pouvoirs publics et être l'objet d'action locale. Or on se rend compte que parfois, les moyens matériels et humains font défaut ou sont tout simplement insuffisants pour adopter des stratégies adéquates. Ce

<sup>1</sup> Circulaire n° 77-300 du 29 août 1977

<sup>2</sup> BO hors-série n°3 du 19 juin 2008





qui est un réel problème lorsque l'on évalue le potentiel environnemental de ces départements. Il apparaît en effet que ces territoires, hot spot de la biodiversité mondiale méritent une attention toute particulière et la protection de tous. Or, en milieu scolaire, comment apprécier à leur juste valeur des espaces dont la représentation est minimisée et à l'intérieur desquels on ne valorise pas de façon systématique l'environnement local pour cause de norme nationale<sup>3</sup> ? Le défi, pour l'Education Nationale est donc de trouver un moyen de créer des programmes qui prennent en compte à la fois l'ensemble du territoire mais aussi les particularités de ce territoire. Et c'est toute la complexité du travail qui s'effectue depuis quelques années.

### **Sensibilisation : la formation de l'éco-citoyen par une éducation à la citoyenneté**

Si les thématiques du développement durable sont importantes dans l'apprentissage scolaire, c'est parce qu'elles participent aussi aux réflexions qui entrent dans la formation des futurs citoyens. Il est donc important de les mettre en avant tout au long du processus d'apprentissage de l'enfant, pour que celui-ci arrive, à l'âge adulte, fort de la connaissance de cet aspect de la citoyenneté dans son « bagage citoyen<sup>4</sup> ».

### **Les enfants d'aujourd'hui seront les hommes de demain**

On ne cessera jamais de le répéter, ce sont les jeunes générations qui sont appelées à avoir les clés du monde entre leurs mains. De ce fait, en terme de pédagogie, il convient de les sensibiliser sur les sujets d'importance et ce dès le plus jeune âge. Or comment intéresser l'individu à son espace, à son environnement ?

Il semble qu'il soit prédisposé à se soucier de son confort et de son bien être personnel. Or ces deux aspects passent souvent par une abstraction de tout ce qu'il y a autour et se font souvent au détriment de son environnement. En Guadeloupe et en Martinique, la pollution, l'urbanisation, l'agriculture, l'industrie, etc. ont fortement modifié la géographie mais aussi l'ensemble des paramètres environnementaux. Aujourd'hui, par le fait de l'action humaine, certaines zones sont dans un état déplorable. On peut citer par exemple la dégradation progressive de l'écosystème corallien due à l'expansion démographique et économique des îles<sup>5</sup> ; les projets de construction en

<sup>3</sup> Tous les petits français doivent avoir une connaissance commune de la France et de ce qui la constitue. Or ce qu'on constate c'est que trop souvent ce qu'on entend par « la France », c'est l'hexagone. Cependant, on sait que la spécificité et la diversité du pays ne permettent pas de le résumer à l'unique hexagone.

<sup>4</sup> Entendons par là l'ensemble des outils que l'enfant va acquérir tout au long de son apprentissage pour devenir pleinement citoyen à l'âge adulte.

<sup>5</sup> Source Diren Guadeloupe

<sup>6</sup> Se référer à la récente étude de la Croix Rouge qui a pour sujet « Les français face aux catastrophes naturelles, ça n'arrive qu'aux autres ».

Grande Terre (Guadeloupe) qui détruisent peu à peu la mangrove ; l'accroissement des activités humaines dans certaines zones, comme au Marin (Martinique) qui mettent peu à peu en péril la biodiversité des espaces.

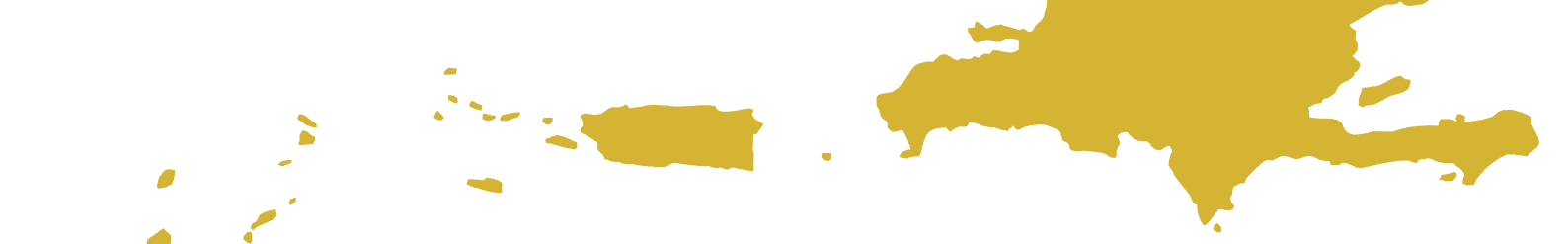
Bien évidemment, les enfants, dont la jeunesse ne permet pas de se rendre compte de toute la réalité sont souvent les premiers à se désintéresser des questions d'environnement et parfois à juste titre, parce qu'ils n'auront pas été sensibilisés à ce problème. Aussi la pédagogie est-elle un moyen pour que cette jeunesse accède aux problématiques environnementales et puissent ainsi y réfléchir, en mesurer l'ampleur.

### **L'éco-citoyen, un citoyen responsable**

Le futur citoyen, encore en apprentissage doit être intéressé aux problématiques environnementales car ainsi il deviendra aussi un éco-citoyen. Qu'est-ce que cela implique? Et bien tout simplement que l'enfant, individu, intégrera tant les notions de citoyenneté, de laïcité, de partage, les concepts de liberté et de respect, que ceux de protection de l'environnement, de développement durable ou de biodiversité. Bien sûr, c'est extrêmement difficile car si la majorité des gens intègre assez bien les problématiques communautaires, celles du savoir vivre ensemble – car elles concernent la vie de tous les jours et ont des répercussions au jour le jour – celles liées à l'environnement sont le plus souvent mises de côté, tant qu'elles n'interviennent pas directement dans la vie quotidienne du citoyen<sup>6</sup>. Il s'agit donc non seulement de gérer le « je ne suis pas informé » mais aussi le « je suis informé mais ça ne me préoccupe pas ». Autrement dit, en matière d'environnement, le désintérêt est peut-être plus préjudiciable que le manque d'information, car de nos jours, rares sont ceux qui ne sont pas informés sur les risques environnementaux et sur les enjeux du développement durable. Mais tant que les répercussions ne se ressentent pas de façon concrète, la plupart des gens se désintéressent de ces problématiques qui font pourtant partie du quotidien. Cette attitude de rejet des responsabilités est éloignée de la citoyenneté car elle met de côté le fait que nous sommes tous concernés par les problèmes environnementaux et que l'avenir de la planète entière est dans les actions quotidiennes de chacun.

Au niveau scolaire, il faut donc faire comprendre aux élèves que si les problématiques environnementales ont souvent des répercussions à long terme, ils subissent déjà eux-mêmes les conséquences des actes de leurs aînés. En effet, certaines catastrophes ou certaines maladies (comme les maladies respiratoires) pour ne citer que cela, trouvent leurs origines dans des erreurs ou des négligences de nos aînés. Il est donc primordial que les jeunes générations prennent conscience de cela et qu'elles agissent en citoyen responsable,





en éco-citoyen, pour tenter de réparer ce qui a déjà été fait, mais aussi pour laisser le moins de stigmates sur l'environnement qu'elles laisseront aux générations futures.

### **La reconnaissance sur le terrain, un moyen de se rendre mieux compte des problématiques environnementales**

Comme nous l'avons dit précédemment, sans l'éclairage des adultes, les jeunes générations ne se rendent pas compte de ce qu'était le monde avant eux, de l'impact que l'homme a eu sur son environnement. Or, il est important qu'elles sachent quels effets les activités de l'homme peuvent avoir sur l'environnement et ceci, au quotidien. Pourtant, et particulièrement dans les milieux insulaires que sont la Guadeloupe et la Martinique, la nature fait savoir à l'homme que ses actions lui font du mal. Encore faut-il savoir interpréter les signes de ce mal. Avancée des mers sur le littoral, disparition de certaines espèces végétales ou animales, de certaines espèces de coraux également mais aussi développement de nouvelles maladies, de nouveaux virus, résistance de certains germes ou d'insectes nuisibles à des traitements, etc. Signes que l'on ne perçoit pas à première vue mais qui pourtant sont annonciateurs d'un malaise environnemental. Heureusement, la Guadeloupe et la Martinique bénéficient encore de quelques zones où l'environnement est à peu près préservé et de quelques espèces aujourd'hui protégées qui témoignent d'une richesse biologique exceptionnelle. C'est de ces zones qu'il faut se servir pour montrer aux jeunes générations que l'environnement qui les entoure n'a pas toujours été ainsi et que son équilibre ne tient qu'à un fil.

Les sorties en milieu rural, en montagne ou sur le littoral sont donc des occasions pour les équipes pédagogiques d'aborder les thématiques environnementales. Mais elles ne doivent servir que d'appui à un type de pédagogie et non de pédagogie en elle-même. Dans les territoires où ces lieux se prêtent aux loisirs, la dimension pédagogique et son approche du thème feront la différence dans la formation des futurs éco citoyens. Ces derniers, conscients des responsabilités qu'ils auront face à son environnement, seront plus à même de le préserver et de transmettre leur savoir, ainsi que leur conscience du monde.

### **Développement durable : insularité, biodiversité et scolarité**

Il est alors important de s'intéresser aux différents moyens mis en œuvre dans les académies de la Guadeloupe et de la Martinique et des différentes approches mises en œuvre face aux thématiques du développement durable. Nous ne nous intéresserons ici qu'au Premier degré.



### **Les politiques académiques**

Pour comprendre l'enseignement et la sensibilisation qui sont menés dans les Antilles françaises, il faut savoir comment se positionnent les deux académies. Or, faisant partie intégrante du territoire national, elles ne sauraient agir en dehors des directives imposées en la matière par le Ministère de l'Education Nationale. Cependant, les particularités insulaires doivent être prises en compte dans l'abord de la thématique aux Antilles. Il est donc important pour les deux académies de faire un travail qui soit en accord tant avec l'exigence nationale qu'avec les particularités locales. Mais comment procéder ? En effet, il est difficile, pour certains aspects du développement durable, de faire coïncider les exigences nationales et celles des îles car les représentations, les contextes et les enjeux ne sont parfois pas les mêmes.

Ce qu'on observe concernant les politiques menées dans les deux académies, c'est qu'il y a globalement un effort d'adaptation des programmes nationaux aux problématiques insulaires, surtout en matière de biodiversité. En effet, la richesse et la diversité de la faune et de la flore, terrestre et sous-marine permettent d'aborder la thématique en s'appuyant sur des exemples pris directement dans l'environnement proche des élèves. Mais les catastrophes naturelles ou le traitement des déchets font aussi partie des sujets qui touchent directement les élèves dans les territoires insulaires et il est donc particulièrement recommandé de les traiter en classe. Des stages, des séminaires et des propositions de méthodes sont mises en œuvre par les rectorats afin d'aider les enseignants dans leur travail. Au niveau institutionnel, il n'y a donc pas d'obstacle à une adaptation des méthodes pour aborder la thématique développement durable en milieu scolaire.

### **La question des outils pédagogiques**

Peut-être dans les outils mis à la disposition des équipes pédagogiques. En effet, s'il est facile pour un enseignant de créer un exercice en prenant en compte son environnement proche, il lui est plus difficile de s'appuyer sur des ouvrages ou sur d'autres outils pédagogiques qui prennent en compte véritablement les réalités des espaces insulaires guadeloupéens et martiniquais. Se souvenant des impératifs institutionnels, il n'est pas difficile d'en comprendre les causes. Or il est très difficile pour les élèves de s'approprier les thématiques du développement durable et d'en comprendre les enjeux s'ils ne se retrouvent pas dans les exemples qui leurs sont proposés dans les manuels ou par leurs professeurs. Bien sûr, comme pour l'histoire, les programmes scolaires ont évolué et tentent d'intégrer des particularités des départements d'outre-mer. Mais si généralement le « nos ancêtres les gaulois » n'est plus d'actualité dans les classes ultramarines, les hêtres, chênes, marmottes et autres animaux du bestiaire européen sont toujours très présents dans les manuels scolaires utilisés en Guadeloupe et en Martinique. L'association Civisme

et démocratie (CIDEM), en partenariat avec les deux rectorats et le Ministère de l'Éducation Nationale développe depuis peu des outils qui tentent d'offrir aux équipes pédagogiques des Antilles françaises (ainsi qu'aux deux autres départements d'outre-mer) des manuels qui soient adaptés à leur environnement et qui rendent plus concrètes les thématiques du développement durable aux jeunes apprenants.

Les figures 1 et 2 sont des exemples d'outils que le CIDEM adapte en Guadeloupe et en Martinique avec l'aide des communautés pédagogiques.



**Figure 1.** Poster utilisé dans l'hexagone par les équipes pédagogiques pour l'abord de la thématique biodiversité (CIDEM)



**Figure 2.** Adaptation du poster utilisé dans l'hexagone par les équipes pédagogiques pour aborder la thématique de la biodiversité dans des établissements du 1<sup>er</sup> degré en Guadeloupe et en Martinique (CIDEM)

## La biodiversité : facteur de valorisation des îles en milieu scolaire

En créant ces outils, le CIDEM n'a pas pour but de créer des moyens spécifiques à chaque département d'outre-mer mais bien d'intégrer les réalités ultramarines dans les outils pédagogiques nationaux. Autrement dit, ces outils sont conçus pour l'étude de la thématique développement durable en France hexagonale comme dans les départements d'outre-mer mais ils doivent aussi servir à montrer en hexagone les spécificités de ces départements et donc la grande diversité française. En effet, et de façon paradoxale, les réalités ultramarines en matière de développement durable sont très peu connues du public scolaire dans l'hexagone.

Or, quand on sait la place qu'occupent la Guadeloupe et la Martinique (ainsi que les autres départements d'outre-mer) dans la biodiversité mondiale, il convient de s'interroger sur les effets de ce manque de représentativité au niveau national. Car en effet, on ne peut comprendre les enjeux du développement durable dans ces espaces que s'ils sont mis en avant au niveau national. De même, cette mise en avant peut renforcer le sentiment d'appartenance nationale et favoriser l'écocitoyenneté car cette dernière serait alors un gage de la conservation de la biodiversité des autres îles. Il est donc primordial que les petits guadeloupéens et martiniquais se rendent compte de la richesse de leurs îles mais aussi des dangers qui planent sur elles, afin de préserver au mieux les écosystèmes.



# Le Système d'information sur la nature et les paysages : un outil de mise en valeur des connaissances sur la nature et les paysages

Marion PATIN, Gaëlle SIMIAN, Alain PIBOT

## Contexte historique

1992 : la Convention sur la Diversité Biologique (CDB) insiste sur la nécessité de stopper la perte de biodiversité.

2004 : la Stratégie Nationale pour la Biodiversité (SNB) identifie le besoin de mieux connaître notre milieu naturel. Il est fait alors le constat d'une dispersion de la production de données sur la nature, et la nécessité de rassembler les informations afin de faciliter leur accès et leur partage. Dans ce sens, la directive Inspire de 2007 fixe des échéances aux pays membres de l'Union Européenne concernant la mise à disposition des données cartographiques.

2007 : publication de la circulaire du 11 juin 2007 relative à la mise en œuvre du Système d'Information sur la Nature et les Paysages (SINP).

Au départ plutôt intéressé par le milieu terrestre, ce système d'information a été adapté en 2009 au milieu marin et ses spécificités (découpage territorial, vocabulaire, etc.).

Le SINP prépare ainsi la mise en place en 2010 de l'Observatoire National de la Biodiversité (ONB) qui sera le fournisseur d'une information synthétique dédiée au rapportage national et international (Inspire, DCE, DCSMM, etc.).

## Les objectifs

Le SINP vise à rassembler la connaissance et à la structurer afin de faciliter la mobilisation des informations sur le patrimoine naturel.

Il permet dans un premier temps de :

- ▶ recenser l'ensemble des acteurs intervenant dans la production, la diffusion ou la valorisation des données sur la nature et les paysages, afin de pouvoir faire un premier bilan de l'état de nos connaissances sur les milieux naturels ;
- ▶ identifier les lacunes de connaissance et permettre ainsi d'orienter les politiques d'acquisition des données ;
- ▶ recenser les différentes méthodes de collecte des données afin notamment de pouvoir engager la réflexion sur les protocoles utilisés, la mise en place de standards, la validité scientifique des méthodes et ainsi initier une concertation entre les acteurs afin d'harmoniser la production de données ;
- ▶ enfin, d'améliorer l'accès à l'information pour tous, les décideurs politiques comme le grand public.

Valoriser, diffuser, échanger, sont les maîtres mots du SINP : valoriser le travail des producteurs de données, faciliter les échanges entre acteurs, apporter l'information aux décideurs pour une meilleure prise en compte de l'environnement dans les décisions de politique publique.

## Le contexte national

A la base de la production de connaissances se trouve la donnée. Elle peut être collectée aussi bien par des dispositifs de recherche que des suivis ou inventaires, par les sciences participatives ou la modélisation. Ces données vont alimenter des systèmes d'information (SI). Il existe différents systèmes d'information selon les thématiques : géologie, SI Eau, etc. Le SINP va s'intéresser quand à lui à la thématique « nature et paysages ». L'ensemble des SI va donc recenser l'existant. Ensuite, le contenu de ces SI sera utilisé pour traduire la donnée produite en descripteurs, qui à leur tour iront renseigner des indicateurs via des observatoires tel que l'Observatoire national de la biodiversité (ONB), créé en 2010. Les indicateurs renseignés pourront alors traduire



l'information « brute » en une donnée interprétée, compréhensible par tous (figure 1).

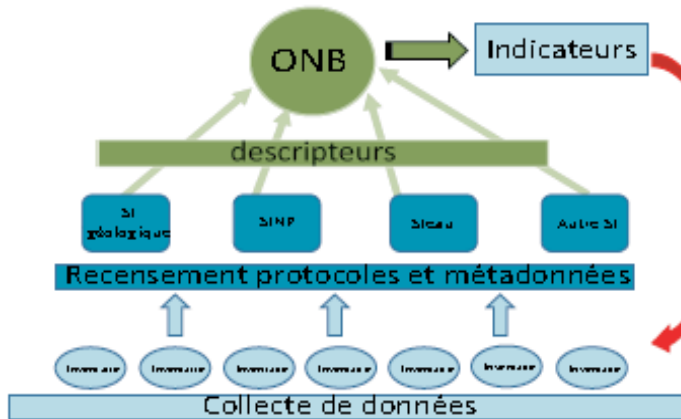


Figure 1. Inventaires – SINP – ONB (MEEDDM)

A titre d'illustration, ci-dessous, les acteurs « marins » de l'outre-mer enregistrés dans l'Inventaire des dispositifs de collecte de données nature et paysage (IDCNP) sont classés par statut (figure 3).

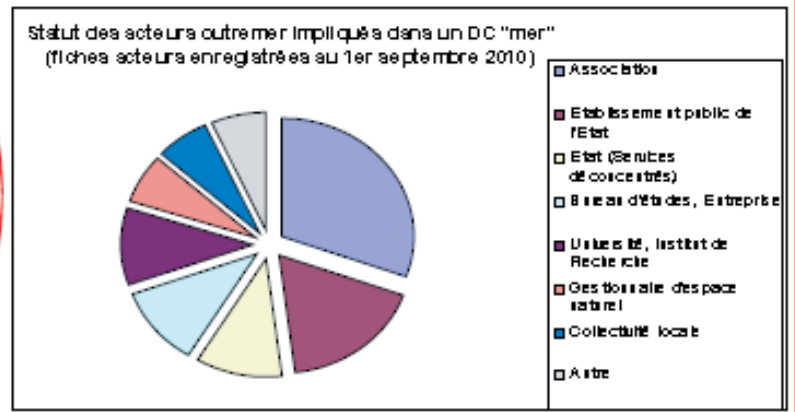


Figure 3. Statut des acteurs outre-mer impliqués dans un DC « mer » (MEEDDM)

## Mise en œuvre

### Les acteurs du SINP

Sont acteurs de ce système d'information tous les organismes et toutes les personnes intervenant dans la production, la diffusion, ou la valorisation de l'information naturaliste (figure 2). Le Ministère de l'écologie (MEEDDM) est le maître d'ouvrage au niveau national. Sa mise en place est découpée en trois volets : terre, mer et paysage, dans lesquels sont impliqués plusieurs établissements selon leurs compétences respectives. Si le volet « paysage » tend à être intégré progressivement aux deux autres volets, il a en revanche été souligné l'importance de distinguer les particularités inhérentes au milieu marin, notamment en termes d'échelle des découpages territoriaux (par entités biogéographiques marines), de vocabulaire utilisé, ou de gouvernance administrative.

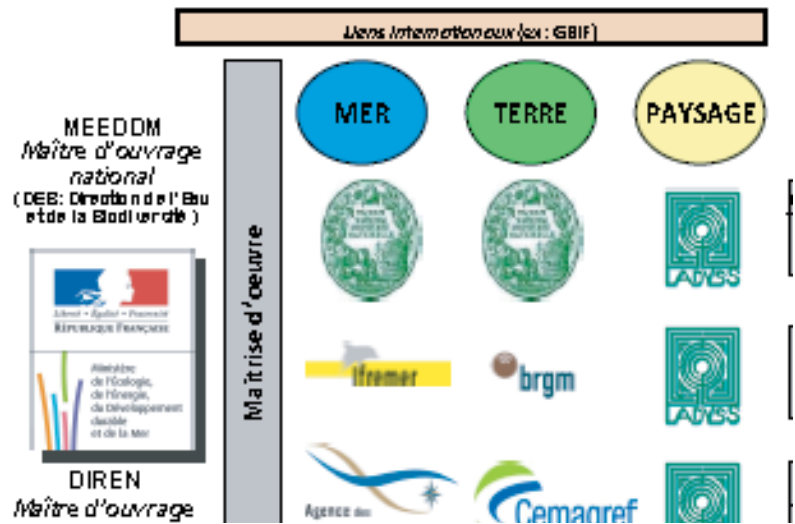


Figure 2. Les acteurs du SINP (MEEDDM)



## L'Inventaire des dispositifs de collecte nature et paysages

On entend par « dispositif de collecte » : « Tout dispositif (tout moyen) qui permet par mesure ou non [observation] d'acquérir des données (des connaissances) [nature et paysage] selon un protocole prédéfini et librement consultable. Les données ainsi collectées doivent être fiables, pérennes et actualisées. (...) Le dispositif de collecte doit être organisé afin de collecter de manière régulière ou suffisamment pérenne les informations. Ces données produites par les dispositifs de collecte ne sont pas obligatoirement informatisées. »<sup>1</sup>.

Le but initial du SINP est de pouvoir dresser un état des lieux de la production de données en France (métropole et outre-mer) sur la thématique de la nature et des paysages : quels dispositifs de collecte sont mis en place, quels sont les acteurs impliqués dans ces dispositifs (du producteur de la donnée au financeur), et où sont stockées les données récoltées. Il ne s'agit dans un premier temps que de métadonnées. On s'intéressera essentiellement aux dispositifs de type « suivi » ou « inventaire », laissant de côté les études ponctuelles de type « études d'impact ».

Le SINP se décline en trois types de fiches (figure 4) de métadonnées à renseigner :

- ▶ la fiche Dispositif de collecte, dans laquelle est mis en priorité le renseignement du protocole associé ;
- ▶ la fiche Base de données, qui renseigne sur le lieu et la forme de stockage des données associées au dispositif de collecte.
- ▶ la fiche Acteur, qui permet d'identifier les différents intervenants impliqués dans le dispositif de collecte.



Figure 4. Exemples de fiches métadonnées SINP (MEEDDM)

Ces fiches de métadonnées alimentent l'IDCNP, accessible sur le site <http://inventaire.naturefrance.fr>. Il s'agit d'un site participatif, c'est-à-dire que chaque responsable d'un dispositif de collecte (DC) est le gestionnaire de ses propres fiches, qu'il peut créer et mettre à jour. Les informations fournies sont accessibles via le site Internet ci-dessus, grâce à un moteur de recherche. Pour être consultables en ligne, les fiches doivent au préalable être soumises à une série de validations (scientifiques et techniques).

## Etat actuel de l'inventaire IDCNP pour le milieu marin

Au premier octobre 2010, l'IDCNP propose 475 dispositifs en ligne (329 terre / 146 mer) tous domaines thématiques et géographiques confondus. A ces chiffres il convient d'ajouter un grand nombre de dispositifs encore non validés et donc non accessible mais en cours d'enregistrement (environ 200 pour les DC marins).

Attention, les statistiques ci-dessous portent sur l'ensemble des DC enregistrés pour le domaine marin au 1er octobre 2010, et ne reflètent donc pas la réalité du volume de DC mis en place dans chacun de ces territoires, la mise en place du SINP étant en cours (dans les mois à venir pour la Guyane par exemple). Les effectifs annoncés ici sont donc évolutifs, en augmentation permanente (figures 5).

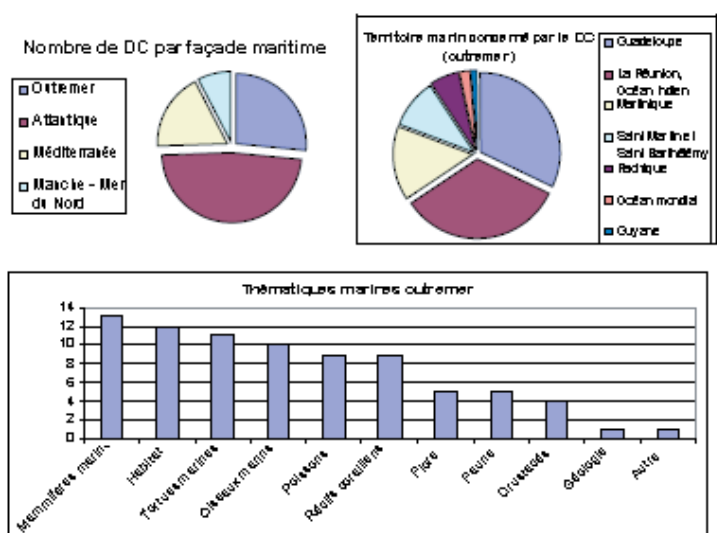


Figure 5. Inventaires IDCNP en 2010 (MEEDDM)

<sup>1</sup> D'après Sandre, Dispositif de collecte, présentation des données, version 2003 - 2, 25.11.2004, p. 7



Les statistiques présentées ci-dessus concernent uniquement les dispositifs de collecte en milieu marin. Le même type de statistiques pourrait être fait pour le milieu terrestre, ou terrestre et marin confondu (sauf en terme de territoire, ceux-ci étant basés sur des découpages différents : administratif pour le terrestre, biogéographique, à l'échelle de la façade pour le marin).

## Le futur portail du SINP

Un portail sera mis en place début 2011 par l'Observatoire National de la Biodiversité (ONB) afin de permettre l'accès facilité au catalogue des métadonnées et aux données, ainsi qu'un accès à des analyses. A terme, le SINP pourra donc permettre d'aller plus loin avec la possibilité (non systématique) d'accéder non plus seulement à la métadonnée mais aux données elles-mêmes. L'accès aux données se fera par les fiches DC (métadonnées) de chaque producteur. Un viewer permettra aux utilisateurs de consulter les données sur une interface de type « SIG en ligne » avec des fonctions de zoom et d'interrogation offrant la possibilité à chacun de choisir un espace, une espèce, une donnée, etc et ainsi de créer sa propre carte. Les données libres de droits pourront être téléchargées à partir de ce portail. Enfin, à plus long terme, le portail pourra offrir un accès à des statistiques ainsi qu'à des indicateurs de biodiversité traduisant l'état et l'évolution de la diversité biologique à différentes échelles.

Le portail est basé sur une architecture répartie, c'est-à-dire que les données ne sont pas centralisées dans une seule base de données (figure 6). Ainsi, chaque producteur peut, s'il le souhaite, connecter sa base de donnée personnelle dès lors que celle-ci respecte les critères d'interopérabilité. Sinon, il est encouragé à stocker ses données dans des bases existantes comme par exemple :

- ▶ l'Inventaire national du patrimoine naturel (INPN) pour les données de présence/absence faune et flore, bancarisées par le MNHN ;
- ▶ SEXTANT pour les cartographies marines de référence (Carmen pour le milieu terrestre) ;
- ▶ Quadrige pour les données bancarisées par l'Ifremer (données environnementales notamment).

L'accès aux données se fera évidemment uniquement avec l'accord du producteur, et selon le degré de précision choisi. Les données financées par des fonds publics ont légalement l'obligation d'être rendues publiques (convention d'Aarhus, 1998), en dehors des réserves liées aux délais de publication, et de celles qui sont dues à la confidentialité

nécessaire à la protection de certains patrimoines sensibles.

## Pourquoi participer ?

Vous avez peut-être déjà été contacté à propos du SINP par la Direction régionale de l'environnement (DIREN) de votre région, ou par un chargé de mission SINP Mer pour les dispositifs de collecte en milieu marin ; sinon, vous le serez sans doute prochainement. C'est avec la plus large participation que le SINP trouve sa raison d'être et apporte une plus value à tous ceux qui y participent :

- ▶ mise en valeur de son travail et des données ;
- ▶ mise en place d'une véritable transparence dans la production de données grâce à l'identification de tous les acteurs impliqués dans leur collecte, du maître d'ouvrage au producteur, en passant par le(s) financeur(s) ;
- ▶ mise à jour permanente de ses données, tout en restant maître des informations mises à disposition et de leur accès ;
- ▶ accès à ses données et à celles de ses partenaires, permettant ainsi de croiser des informations de présence de certaines espèces avec des paramètres environnementaux par exemple ;
- ▶ orientation vers un stockage des données sécurisé respectant les normes d'interopérabilité et les standards de diffusion ;
- ▶ contribution aux débats et apport d'information aux décideurs politiques, par exemple pour répondre aux directives européennes (DCE, DCSMM, etc) nécessitant le renseignement d'indicateurs de biodiversité.

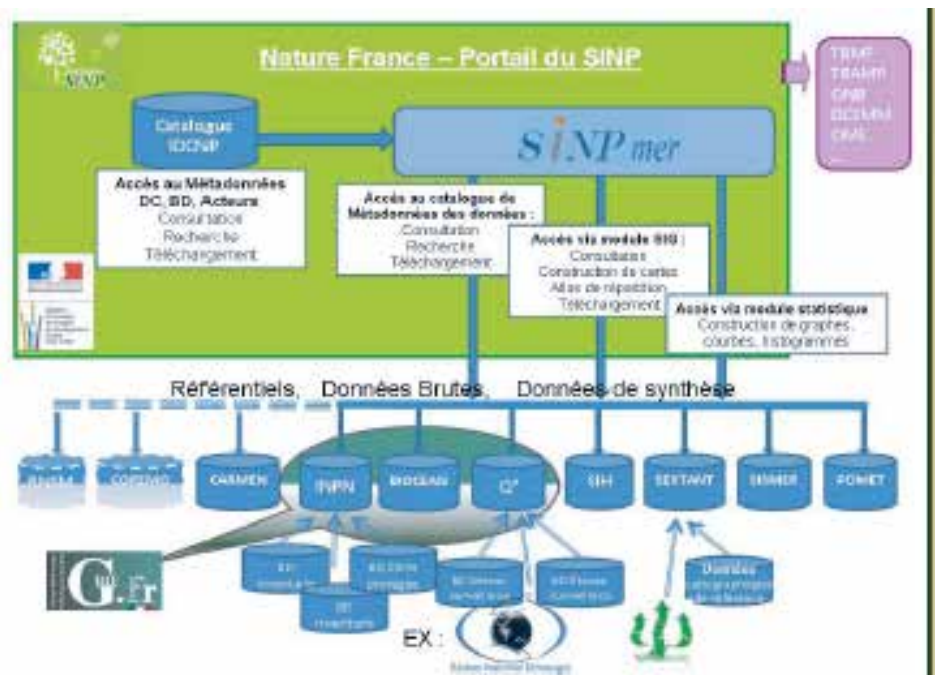


Figure 6. Vue générale de l'organisation du SINP Mer (IFREMER)



Bouliki - DEAL Martinique

**3<sup>ème</sup> partie**

**Quelle  
Gouvernance ?**



*Association*



*Association SÈVE*



# Gouvernance et biodiversité insulaire : le cas des Antilles françaises

Maurice BURAC

En matière de conservation de la nature et de développement durable, les Petites Antilles partagent de nombreux points communs. Dans cette partie du monde, les changements environnementaux constituent une donnée permanente, exacerbée depuis la colonisation. Les données géologiques, topographiques, climatiques, environnementales, économiques, sociales et politiques ont conduit à des formes d'occupation, de mise en valeur, qui se caractérisent actuellement par une dégradation et une modification généralisées de la diversité biologique. Confrontées à l'appauvrissement de la biodiversité insulaire, au cours des dernières décennies, les instances internationales et nationales ont multiplié les lois, décrets, arrêtés, directives visant à protéger les espèces endémiques. En quelques années, la lutte contre cette perte de biodiversité est passée du stade de déclarations non suivies d'effets au stade de la multiplication d'initiatives, d'accords nationaux, régionaux, multilatéraux, avec une participation plus ou moins franche des politiques nationales, des ONG, de la société civile. Dans cette communication, nous nous pencherons plus particulièrement sur le cas des Antilles françaises.

## Sensibiliser les populations à la réduction de la biodiversité : un objectif partagé dans les Petites Antilles

### Les acteurs concernés

Même si chaque pays conserve toute sa souveraineté sur son environnement, l'ONU, par son programme spécifique à la Caraïbe et bon nombre d'institutions jouent la carte de la coopération régionale, en ce qui concerne la conservation du littoral, la gestion des ressources ou le développement durable. Des cadres politiques, institutionnels et juridiques sont définis. La prise en compte des zones terrestres à enjeux pour la conservation de la biodiversité (*figure 1*) ainsi que celle des zones marines (*figure 2*) devient de plus en plus une préoccupation partagée.



Figure 1. Zones terrestres à enjeux pour la conservation de la biodiversité dans la Caraïbe (Wege *et al.*, 2010)





Figure 2. Zones marines à enjeux pour la conservation de la biodiversité dans la Caraïbe (Wege et al., 2010)

Même les plus petits territoires participent activement à l'élaboration de traités et de conventions sur l'environnement. Ils sont représentés dans les instances internationales, le manque de ressources pénalisant généralement leurs actions. L'aide de donateurs bilatéraux, comme le Canada, les États-Unis, la France, le Royaume-Uni ou multilatéraux, comme l'Union européenne, la Banque mondiale, la Banque interaméricaine de développement ou la Banque caraïbe de développement (CDB), ne suffit plus. Les petites îles doivent trouver de nouvelles solutions. En matière de conservation de la biodiversité, les gouvernements comptent de plus en plus sur les interventions de l'Union internationale pour la conservation de la nature et des ressources (UICN, 2007).

À la Conférence de la Convention des Nations Unies sur la diversité biologique tenue à Nagoya, du 18 au 29 octobre 2010, les 193 pays membres - à l'exception des États-Unis qui n'ont jamais ratifié cette convention - ont signé le protocole sur l'accès aux ressources génétiques et le partage des avantages tirés de leur exploitation. Ce protocole concerne le secteur de l'industrie pharmaceutique et cosmétique à travers l'utilisation et le commerce de ces produits. Elle devrait déboucher sur une nouvelle répartition des bénéfices entre pays industrialisés du Nord et pays du Sud, producteurs de ces ressources. Plusieurs objectifs visent à réduire au moins de moitié la perte des habitats naturels, dont les forêts, ou encore à renforcer la protection des aires protégées terrestres et marines (Fondation Nicolas Hulot pour la nature et l'homme, 30 octobre 2010).

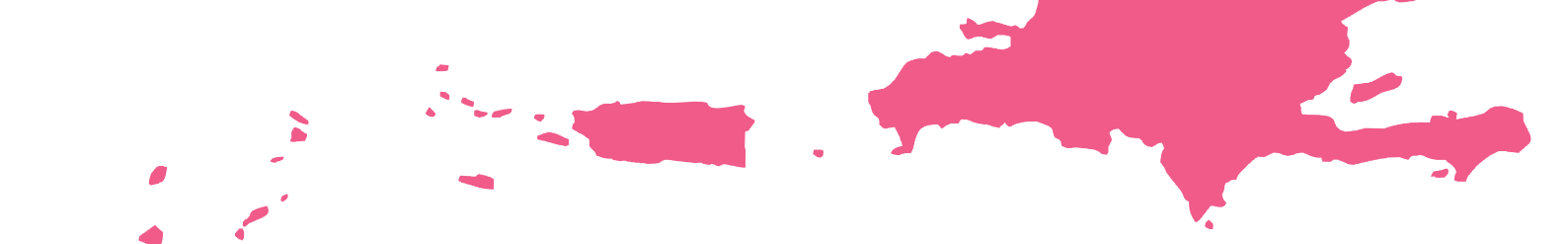
La conservation de la nature et le développement durable, très tôt, se trouvèrent au cœur des préoccupations d'organismes intergouvernementaux comme l'Association des États de la Caraïbe (AEC) ou le Marché commun Caraïbe (CARICOM). Divers programmes ou institutions relatifs à la gestion de l'environnement et à la conservation de la nature sont structurés au sein du CARICOM. C'est le cas notamment du *Caribbean Community Climate Change Centre* (CCCCC), créé à Belize en 2005, en vertu de la convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) ou de la *Caribbean Disaster Emergency Response Agency* (CDERA), installée à la Barbade et chargée d'apporter information et assistance aux pays membres,

en cas de catastrophes naturelles. La création du marché unique (CSME) et la consolidation de l'Organisation des États de la Caraïbe orientale (OECS) entendent prendre en compte l'harmonisation des réglementations et politiques environnementales. Avec l'*Environment and Sustainable Development Unit* (ESDU), l'OECS entend fournir des services relatifs à la gestion des ressources naturelles et de l'environnement à tous ses membres, dans le cadre notamment de la Déclaration de St Georges (Grenade). Le projet *Protected Areas and Associate Livelihoods* (OPAAL) visant au renforcement de la diversité biologique est d'ailleurs cofinancé par l'Organisation des États Américains (OEA), le gouvernement français, à travers le Fonds français pour l'environnement mondial (FFEM) et le Fonds pour l'environnement mondial (FEM), par le truchement de la Banque mondiale.

## Partager le diagnostic

Dans son analyse de la situation environnementale des pays de la Caraïbe publiée en 2007, les spécialistes de l'UICN reconnaissaient que les changements en cours et qui aggravent la pauvreté relevaient de quatre facteurs : les marchés extérieurs, les modes de consommation, l'évolution démographique et la dépendance (UICN, 2007). Les marchés mondiaux et les relations commerciales extérieures, en déterminant les modèles d'utilisation des ressources, modifient les moyens d'existence dans les pays producteurs et concentrent les pressions sur des zones et des ressources





particulières. Dans le cas de l'économie bananière des Antilles françaises, les impacts de la culture sur les bassins versants, en ce qui concerne les défrichements et l'érosion, sur les cours d'eau et les fonds marins, s'agissant des pollutions, sont très liés à la demande du marché mondial. Les impacts du tourisme international, en termes d'artificialisation du milieu, de dégradation des écosystèmes côtiers et marins, se font sentir sur les littoraux, espace convoité par différents utilisateurs, depuis les promoteurs de complexes touristiques, jusqu'aux candidats aux logements sur les 50 pas géométriques, en passant par les pêcheurs. La crise aiguë que connaît le tourisme en Guadeloupe et en Martinique diminue ces impacts mais affecte en même temps l'économie et l'emploi.

L'évolution des modes de consommation, résultat de changements culturels ou conséquence du développement d'activités grosses consommatrices d'eau comme l'irrigation agricole, le tourisme de masse, ou d'énergie, sont aussi à l'origine des mutations environnementales. La non maîtrise des besoins en eau et en énergie, aussi bien dans les îles montagneuses arrosées que dans les îles basses et sèches, à forte potentialité en énergie renouvelable interpelle de plus en plus gouvernants et populations.

La croissance démographique et l'urbanisation rapide induite des zones côtières et des bassins versants sont à l'origine d'une forte consommation d'espace et d'une artificialisation des espaces, synonymes de perte et de fragmentation des habitats naturels. Les besoins en logements des populations ne sont pas assurés, faute de réserves foncières opérationnelles suffisantes. Soumises à des pressions de toutes sortes, les collectivités locales n'arrivent pas à faire face aux besoins exprimés et ne peuvent empêcher la surdensité des zones insalubres ou une urbanisation qui envahit de plus en plus les flancs des collines et demeure soumise aux aléas naturels et aux risques géologiques et climatiques. L'occupation sans titre des littoraux persiste, en dépit des interventions d'organismes spécialisés comme l'Agence d'aménagement des cinquante pas géométriques aux Antilles françaises. La gestion de l'eau, de l'énergie, des déchets, de l'assainissement suppose en permanence des réajustements.

Quant au danger des changements climatiques, susceptible d'affecter les petites îles à travers l'élévation du niveau de la mer, synonyme d'aggravation de l'érosion littorale, d'inondations, de pollution des nappes phréatiques ou de dégradation des récifs coralliens, il a été à l'origine d'interpellations de différents gouvernements dans la région. De plus en plus de spécialistes s'interrogent sur les risques du réchauffement climatique en ce qui concerne les habitats naturels, notamment les récifs coralliens, les précipitations, les

dérèglements du temps dans une région déjà affectée par de violents ouragans. La nécessité d'aborder ces questions à un niveau régional, afin d'aider les îles exposées et à faible capacité d'adaptation, n'a échappé à aucun observateur. La possibilité de tirer parti des marchés d'échange des émissions de carbone est un autre élément positif susceptible de favoriser l'approche régionale.

La dépendance vis-à-vis de l'extérieur demeure très forte, dans ces conditions, dans les îles. Le morcellement territorial et géopolitique des Petites Antilles, la limitation des ressources, l'imbrication des systèmes environnementaux, économiques, politiques et sociaux condamnent les gouvernements à s'engager dans la coopération régionale.

## Les politiques publiques

Les États indépendants, les Pays ou territoires d'outre-mer (PTOM) des Petites Antilles, les départements français d'Amérique ont été associés à l'élaboration de divers instruments en matière de politique environnementale, à partir d'initiatives internationales, régionales ou nationales. À des conventions comme celle des Nations Unies sur le droit de la mer et le respect des limites maritimes, celle relative à la protection et la mise en valeur du milieu marin dans la région des Caraïbes (Convention de Cartagena, 1983), ou à des accords régionaux, comme la Déclaration de principe de St Georges sur la durabilité environnementale, adoptée par les pays de l'OECS, ont été ajoutés bien d'autres, au fil des années, qui complétèrent les législations nationales. La principale difficulté réside dans l'application des réglementations qui découlent, la gestion de l'environnement étant par nature principalement nationale. Les ressources limitées des institutions étatiques chargées de cette gestion, les concessions faites après interventions politiques aux intérêts économiques puissants des îles sont autant de handicaps limitant la portée des politiques publiques.

La part des banques multilatérales, comme la Banque mondiale, la Banque interaméricaine de développement (BID), ou la Banque Caraïbe de Développement (CDB) au financement de la gestion environnementale s'est affirmée depuis les années 1980. Cela est vrai en ce qui concerne par exemple le traitement des eaux usées, la gestion des déchets solides ou celle des bassins versants. La multiplication des organisations non gouvernementales de l'environnement (ONGE) nationales a favorisé la sensibilisation du plus large public aux problématiques floristiques et faunistiques et au développement durable. De petites entreprises locales ont aussi apporté leur contribution à la gestion de l'environnement. Cela dit, dans ce domaine, en dépit de progrès certains, le contrôle, la réglementation et l'approche réactive aux problèmes de l'environnement constituent les axes privilégiés retenus par la gouvernance locale.

Le Programme régional du PNUE pour l'environnement des Caraïbes (PEC) qui s'appuie sur une unité de coordination régionale basée à Kingston, en Jamaïque, concerne la conservation marine et côtière, à travers l'application de la Convention de Cartagena et de ses trois protocoles. Ces derniers sont relatifs à la coopération en matière de lutte contre le déversement des hydrocarbures ; aux zones et à la vie sauvage spécialement protégées (SPAW) ; à la pollution due à des sources et activités terrestres (LBS). Générateur d'expertise régionale, le programme intéresse l'ensemble des territoires de la région, y compris la Guadeloupe et la Martinique. Appelé à faciliter la régionalisation des conventions et initiatives mondiales, notamment la Convention sur la diversité biologique (CDB), ou encore l'Initiative internationale pour les récifs coralliens et le Réseau mondial de suivi des récifs coralliens, le PEC est à l'origine du soutien de l'élaboration de différents plans d'action ayant pour objectif la protection d'espèces marines en danger, y compris les tortues et les mammifères marins. La coopération avec la France, en ce qui concerne le sous-programme SPAW, est d'ailleurs acquise au travers du Centre d'activité régionale basée en Guadeloupe (UICN, 2007). Quant au sous-programme LBS, avec le projet du FEM relatif à la réduction du ruissellement des pesticides en mer des Caraïbes, il ne peut laisser indifférentes les populations des îles bananières affectées par la pollution à la chloredecone, utilisée dans la lutte contre le charançon du bananier.

La coopération régionale, y compris les actions de caractère économique, comme la certification de produit touristique durable (certification Green Globe et Blue Flag) est devenue multiforme dans la Grande Caraïbe. La création, en 2007, par Cuba, la République Dominicaine et Haïti (figure 3) du premier Corridor biologique des îles Caraïbes, long de 1600 kilomètres, visant à limiter la perte en diversité biologique et à favoriser les relations entre l'homme et la nature, mettant en réseau plusieurs

aires protégées des trois pays est une autre initiative porteuse d'avenir.

La volonté de préserver la diversité biologique a conduit à la mise en place de dispositifs variables de gestion du portefeuille environnemental de la part des gouvernements. La création de ministères exclusivement ou principalement dédiés à l'environnement (Barbade), le choix d'une institution nationale de gestion de l'environnement (Trinidad-et-Tobago), l'attribution des portefeuilles de l'environnement aux ministères déjà responsables de l'agriculture (Dominique, Saint-Kitts), de la santé (Grenade, Saint-Vincent-et-les Grenadines), de la planification nationale et du développement (Nevis, Sainte-Lucie) sont les formules le plus souvent adoptées. La création d'un dispositif de coordination des principales agences responsables de l'environnement a été aussi retenue à la Barbade et à Grenade (UICN, 2007).

En fonction des choix stratégiques retenus par les gouvernements locaux et les moyens mobilisés, des agences ou services bien individualisés traitent différents domaines, que ce soient la gestion intégrée des zones côtières (Barbade), la foresterie, la pêche, la gestion de l'eau ou des déchets. Si dans les pays et territoires dépendants des Etats-Unis, des Pays-bas et du Royaume-Uni, comme les Îles Vierges, les Antilles néerlandaises, Anguilla, ou Montserrat, la gestion de l'environnement incombe aux gouvernements décentralisés, dans les départements français de la Guadeloupe et de la Martinique, cette compétence relève du gouvernement central, à travers la Direction régionale de l'environnement (DIREN), placée sous l'autorité du préfet de région. La législation française s'applique à ces territoires, généralement après adaptation à leur situation locale.

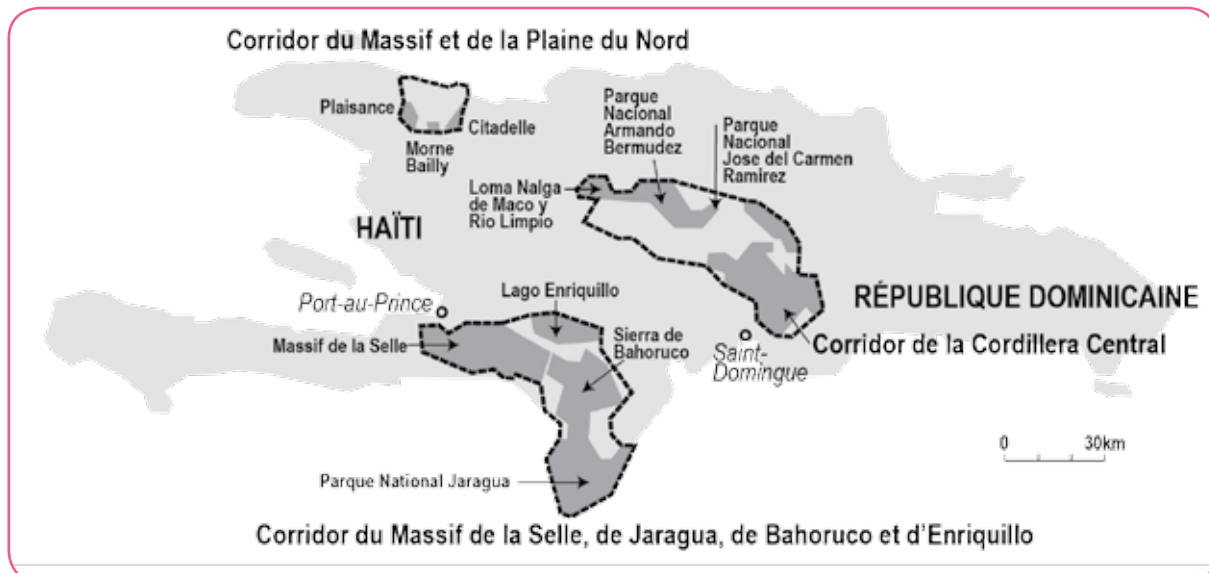



Figure 3. Corridors biologiques de la République Dominicaine et d'Haïti (GEODE Caraïbe)






Que ce soit pour les îles dépendantes de métropoles extérieures ou pour la Martinique et la Guadeloupe, ce sont les gouvernements métropolitains qui arrêtent les décisions politiques, lors des négociations d'accords et de processus multilatéraux dans la région. Les dotations en ressources propres, en personnel qualifié, en compétences environnementales, les systèmes de gouvernance locale, très variables d'un pays à l'autre, déterminent la réalité concrète des actions sur le terrain. En fonction des politiques mises en œuvre, si certains territoires sont dotés de stratégies nationales de développement durable, la plupart disposent d'une politique nationale de l'environnement, d'une stratégie nationale de gestion de l'environnement ou de l'équivalent, réalisé dans les pays de l'OECS avec l'assistance financière le plus souvent de l'Agence canadienne de développement international (ACDI).

Le renforcement de la présence de l'UICN dans la région des Caraïbes est un nouvel atout de nature à renforcer la conservation biologique. Cette organisation mondiale comptait 20 membres dans la Caraïbe insulaire en 2007, soit quatre gouvernements et seize ONG. Sur le continent, elle rassemblait en plus trois membres ONG à Belize et un en Guyane. Longtemps, les actions de l'union se déroulèrent principalement à Cuba et en République Dominicaine, même si de nombreux membres régionaux participaient aux travaux de la Commission de sauvegarde des espèces (CSE) et de la Commission mondiale des aires protégées (CMAP). Suite à la Troisième session du Congrès de l'organisation, tenue à Bangkok, en Thaïlande, en 2004, la résolution demandant au secrétariat de l'UICN de renforcer l'action de l'organisation dans la Caraïbe insulaire a été suivie d'effet. Le programme conçu à cette occasion a permis de dresser une analyse de la situation pour les Caraïbes (UICN, 2007) concernant aussi bien la diversité biologique, que les tendances et problèmes relatifs aux écosystèmes et au bien-être.

L'Initiative de l'UICN pour les Caraïbes : Programme 2009-2012 a été présentée aux participants de la région, au Congrès mondial de la nature de Barcelone, en décembre 2008, et approuvé (UICN, 2008). Il devrait faciliter les conditions d'un meilleur engagement en matière de conservation et de développement durable et aider à renforcer la participation de caraïbéens comme membres actifs des commissions, à côté des experts spécialistes basés dans les autres parties du monde, notamment en Europe ou en Amérique du Nord. Plusieurs organisations internationales membres de l'UICN interviennent dans la région, en particulier *The Nature Conservancy*, *le Worldwide Fund for Nature (WWF)*, *Conservation International* ou *le World Resources Institute*.

Le bureau régional de l'UICN pour l'Europe (BRE) et le comité français réalisent des programmes de



conservation destinés aux territoires d'outre-mer, avec une sensibilisation à l'importance de la biodiversité, aux thématiques sur les changements climatiques et les espèces envahissantes. L'un des objectifs fixés par le comité français de Bioverseas, réseau informel d'acteurs de la conservation dans l'outre-mer européen, comprenant notamment la Ligue de protection des oiseaux, le WWF International, le WWF France ou le comité français pour l'UICN, est de mettre au point des mécanismes de financement novateurs pour soutenir le plan d'action pour la biodiversité des territoires français, notamment en matière d'espèces envahissantes. Le Comité français de l'UICN siège aussi au Comité de l'initiative française pour les récifs coralliens (IFRECOR) chargée d'élaborer les outils de gestion de ces écosystèmes, y compris dans l'outre-mer.

## Vers une implication plus efficace des pouvoirs publics dans les îles françaises

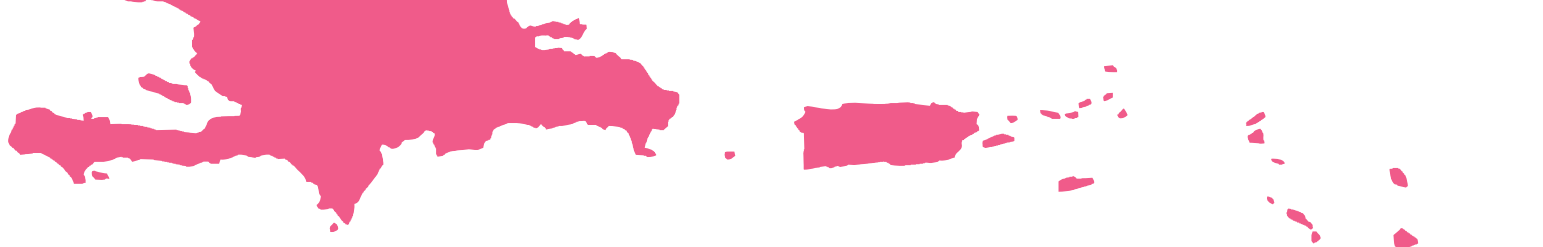
### De nouvelles orientations dans la politique environnementale de l'État

L'implication de plus en plus forte de l'Union européenne et de la gouvernance française dans le développement durable, le renforcement des moyens mis à la disposition des DIREN pour leurs différentes missions, depuis leur création en 1991, ont permis progressivement d'améliorer les conditions d'une meilleure conservation de la nature en Guadeloupe, en Martinique et dans les nouvelles collectivités autonomes de Saint-Barthélemy et de Saint-Martin, même s'il reste énormément d'actions concrètes à réaliser.

Placée sous l'autorité du préfet de région, la Direction régionale de l'environnement, service déconcentré du Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer a pour objectif de promouvoir le développement durable. Pour cela, elle doit mettre en application des politiques en faveur de l'environnement et favoriser la prise en compte de ce dernier dans les autres politiques. Elle exerce diverses missions en matière de collecte et de diffusion des connaissances relatives à l'environnement, de protection et de pérennisation des ressources nécessaires au développement, de réduction des pollutions et des nuisances du cadre de vie, de prévention des risques naturels majeurs. La DIREN apporte une expertise à la réalisation des documents de planification locale et d'aménagement du territoire, remplit une mission d'accompagnement et de conseil technique aux collectivités et établissements publics dans leur politique environnementale. Elle développe divers partenariats avec les associations en vue de sensibiliser davantage à l'environnement et de promouvoir les comportements écologiques et l'éco-citoyenneté. Concilier environnement et développement économique, participer activement aux actions de coopération régionale menées avec les pays de la Caraïbe sont d'autres objectifs mis en œuvre par ce service.







Après une longue période où la politique de l'environnement appliquée dans ces territoires se résumait à l'application pure et simple des lois et règlement de la République, sans leur adaptation nécessaire sur le terrain, même si la loi prévoyait ces adaptations, on est passé à une phase nouvelle, caractérisée par une plus grande participation des élus locaux, des associations ou organisations de défense de l'environnement, des groupements socioprofessionnels (marins pêcheurs, petits agriculteurs...), du public, à la définition de cette politique. Du coup, les interpellations des services de l'État par ces différents acteurs, auxquelles il faut ajouter, les entreprises, les organisations syndicales et politiques font de plus en plus débat. Il faut dire que longtemps, dans les sociétés de plantation des Antilles, coincés entre la plantocratie, d'une part, soucieuse de tirer parti au maximum de la monoculture et, d'autre part, les autres forces socio-économiques moins représentatives, d'un point de vue parisien, et en absence d'une entité politique locale mettant en avant la défense de l'environnement, les services de l'État avaient fort à faire pour régler les conflits liés aux problématiques de la préservation et de la conservation de la diversité biologique.

Les politiques publiques mises en œuvre dans les départements français d'Amérique, en favorisant les productions de rente et les importations susceptibles d'être soumises à fiscalité, et dont le montant entre dans le budget des collectivités locales, contribuèrent longtemps à encourager les modes de production et de consommation en contradiction avec le maintien de la biodiversité et de l'objectif du développement durable. Insuffisamment adaptées aux exigences à long terme des territoires, en dépit des moyens mobilisés, elles n'ont pas pris en compte les impacts sur la diversité biologique et parfois sur la santé des populations.

Les orientations de la Commission européenne, notamment dans sa communication du 26 mai 2005 « Stratégies pour les régions ultrapériphériques : bilan et perspectives » et du 22 mai 2006 « Enrayer la diminution de la biodiversité à l'horizon 2010 et au-delà », ainsi que la résolution au Troisième Congrès mondial de la nature de l'UICN, intitulée « Politique européenne et biodiversité d'outre-mer » ont préparé la voie au « Grenelle de l'environnement et de la mer ». La volonté de mettre l'accent sur un développement endogène dans l'ensemble de l'outre-mer français, exprimée notamment à travers du « Grenelle Environnement » et à l'occasion des États généraux tenus dans les différents territoires et en France métropolitaine, au cours de l'année 2009, témoigne des nouvelles orientations de l'État français.

Les nouvelles collectivités autonomes de Saint-Barthélemy et de Saint-Martin, créées en 2007 ont réclamé et obtenu la compétence en matière de politique environnementale. Le député martiniquais Serge Letchimy, dans le cadre du débat sur le projet de loi relatif à la mise en œuvre du Grenelle Environnement

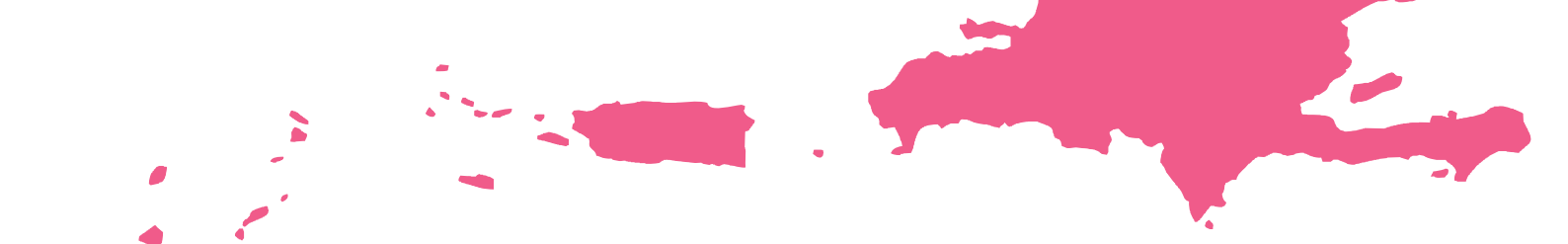
a présenté et défendu l'amendement 45, relatif à la situation de l'outre-mer sur le plan environnemental. Adopté par le parlement, cet amendement doit permettre aux collectivités françaises d'outre-mer de bénéficier, de la part de l'État, de choix stratégiques spécifiques qui seront déclinés dans le cadre de mesures propres. Ces choix comporteront notamment un cadre expérimental pour le développement durable, au titre d'une gouvernance locale adaptée, reposant sur les dispositions de l'alinéa 3 de l'article 73 de la Constitution.

De nos jours, de nombreux facteurs continuent toutefois à limiter l'action en matière de conservation de la biodiversité. Le grand nombre de niveaux de compétences plus ou moins redondantes émanant de l'État, des collectivités locales – communes, communautés de communes ou d'agglomération, département, région et organismes associés - est un frein à l'action appropriée. La transformation des communes de Saint-Barthélemy et Saint-Martin en nouvelles collectivités d'outre-mer autonomes, exerçant les compétences de commune, de département et de région sera très intéressante à évaluer d'ailleurs, à l'avenir, en matière de gestion de l'environnement.

L'absence d'adhésion d'une partie des élus locaux et de la population aux objectifs du SAR, élaboré par le Conseil régional, en Martinique, par le préfet de région, en Guadeloupe, ajouté à la non compatibilité des règlements des POS-PLU aux orientations du SAR ont fondamentalement limité les objectifs attendus des politiques régionales. L'impossibilité de mettre en œuvre une politique globale d'aménagement et d'environnement prenant en compte l'interactivité des phénomènes physiques, biologiques, ou économiques dans des îles densément peuplées où les milieux subissent fortement les catastrophes naturelles et l'anthropisation explique bon nombre de difficultés actuelles et la poursuite de l'érosion biologique. Même si les services impliqués dans la politique d'environnement sont de plus en plus compétents et la réglementation abondante, la gestion efficace des aires protégées fait défaut. La résilience des milieux est impossible à obtenir dans ces conditions.

En quelques années, des aires protégées à statuts divers ont été créées, profitant de la richesse des dispositifs expérimentés et appliqués dans le monde entier. La Guadeloupe et la Martinique comptaient chacune près de 70 000 hectares en aires protégées, relevant de statut de parc national, de parc naturel, de réserves naturelles, d'arrêté de protection de biotope, de site classé, de terrains relevant du conservatoire du littoral, de réserve biogénétique, de site Ramsar (Biodiversité et conservation en outre-mer, 2003). Ce qui manque, c'est une gestion rationnelle avec de véritables





programmes de conservation s'appuyant sur la législation en vigueur et des données scientifiques (Philippe Joseph, 2009). Parc national en Guadeloupe, quasiment forestier, s'étendant sur 20% de l'archipel et administré par l'État, parc naturel régional, en Martinique, couvrant 65% du territoire, conservatoire du littoral et des rivages lacustres ont des bilans très limités, en termes de préservation et de conservation biologique.

Par rapport aux politiques publiques d'infrastructures, d'équipement, y compris touristique, de logement, qui se traduisent par une urbanisation plutôt mal maîtrisée, synonyme d'artificialisation de plus en plus des espaces naturels, et qui mobilisent une grande partie des ressources investies, la conservation de la nature, en dehors d'une réglementation abondante manque surtout de volonté politique de la part de l'ensemble des acteurs sur le terrain. La non intégration de la biodiversité dans les politiques sectorielles continue à favoriser sa disparition.

Divers engagements de la France dans les pays de l'OECS voisins de la Guadeloupe et de la Martinique, en matière de coopération dans le domaine du développement durable ont été entrepris par l'intermédiaire de son ambassade à Sainte-Lucie. Les programmes Interreg placés sous l'autorité des conseils régionaux des DOM bénéficient des fonds européens, comme le FEDER. Ils s'ajoutent aux autres financements émanant de l'UE, notamment en matière d'appui à la protection de l'environnement par la réduction des risques majeurs et l'amélioration des aires protégées.

## La gouvernance locale de l'environnement

Généralement centralisée dans les autres îles, elle a bénéficié dans les Antilles françaises des lois de décentralisation, à partir de 1982, avec des compétences exercées en matière de développement, d'aménagement du territoire et d'environnement. Au conseil régional est confiée la compétence d'élaboration du schéma d'aménagement (SAR) qui fixe les orientations fondamentales en matière de développement, de mise en valeur du territoire et de protection de l'environnement. Le SAR est constitué d'un volet, le schéma de mise en valeur de la mer (SMVM), avec des propositions précises pour le développement de l'espace littoral. Le conseil régional élabore aussi le schéma de développement économique, avec un volet environnemental conséquent. Au conseil général d'élaborer l'Agenda 21. Quant aux communes, elles mettent en œuvre les plans locaux d'urbanisme (PLU), à partir des orientations du SAR. Les stratégies en matière de développement durable prises en compte dans ces PLU doivent être compatibles avec celles du SAR.


La participation des services de l'État, notamment la DIREN aux comités de pilotage ou groupes de travail chargés

d'élaborer ces documents, l'effort des élus locaux en matière de gestion de l'intérêt collectif ont facilité l'amélioration de la qualité de ces outils. Toutefois l'application des dispositions réglementaires relatives à l'environnement n'est pas toujours garantie. C'est au prix d'un long et patient travail d'explications, de pédagogie, de formation des acteurs de développement que les progrès se dessinent. Si les antagonismes entre les services de l'État et les élus locaux ont été nombreux par le passé, au travers de la gestion de dossiers comme le foncier, la protection de l'environnement, les autorisations de construire, la gestion des espaces littoraux, des fonds marins, la politique touristique, progressivement, l'amélioration des outils d'information, une meilleure transparence dans les dispositifs de prise de décision, permettent de mieux éclairer le citoyen.

Les avancées en matière de gestion de l'environnement enregistrées dans les autres composantes de l'outre-mer français, les progrès de la gouvernance française en matière de positionnement relatif au développement durable et à la conservation de la nature, les nouvelles responsabilités politiques confiées aux collectivités d'outre-mer ont facilité au cours des dernières années l'approche et la prise en compte du dossier environnemental. La participation des populations aux enquêtes publiques avant l'approbation des documents d'aménagement ou d'urbanisme, même si elle reste partielle, ou encore la pratique de la consultation directe des personnes sur les questions environnementales, sorte de démocratie participative, avec ses limites, sont autant de dispositifs mis en œuvre, de nature à associer les communautés au processus décisionnel et à la gouvernance, même si beaucoup reste à faire. Dans le reste des Petites Antilles, la Charte de la société civile, cadre pour la démocratie participative définie par le CARICOM reconnaît officiellement la portée de la consultation réelle des communautés dans le processus de gouvernance, mais ce dispositif utilisé dans le cadre informatif n'est pas encore opératoire au niveau décisionnel, même si quelques gouvernements se sont attaqués à ce problème.

La création d'aires terrestres et marines protégées, de réserves forestières, de parcs, national ou régional constitue autant de mesures prises par la gouvernance nationale, sur proposition des experts et parfois des élus locaux. Le besoin de protéger les bassins versants, les espaces boisés susceptibles de produire des ligneux et la diversité biologique figurent parmi les raisons principales. L'insuffisance de capacité, de ressources et de volonté politique, comme dans les territoires voisins, limite les résultats. Dans des pays à forte densité de population où les prélèvements sur la flore et la faune ne sont pas toujours maîtrisés et où les dispositifs institutionnels sont marqués par le faible potentiel de contrôle et parfois de répression, les aires protégées ont une portée plutôt limitée. La non compatibilité des PLU au SAR, le chevauchement de compétences relevant d'un trop grand nombre d'autorités administratives ou politiques pour de petits territoires, continuent à limiter l'efficacité des outils





d'aménagement, d'où la nécessité d'une simplification institutionnelle réclamée par les élus locaux et mise en œuvre par la gouvernance nationale, notamment à Saint-Barthélemy et Saint-Martin.

Les services de l'État, comme la DIREN ou l'ONF, ainsi que les experts, certaines associations de protection de la nature et des ONGE comme la *Caribbean Conservation Association* (CCA), installée à la Barbade, sont généralement les plus impliqués dans les actions de conservation de la nature, le grand public ayant jusqu'ici du mal à assumer une réglementation qu'il rejette parfois. En matière d'éducation à l'environnement, la CCA joue un rôle de leader. Les spécialistes de l'environnement des Antilles françaises ont mis en place de nombreuses actions de coopération avec le *Caribbean Natural Resources Institute* (CANARI), basé à Trinidad-et-Tobago.

## Pour une plus large participation des populations au maintien de la diversité biologique

### Les conséquences d'une appropriation sélective de l'environnement

En Guadeloupe et en Martinique, les insatisfactions ou frustrations liées à la résolution de la question foncière après l'abolition de l'esclavage ont entretenu longtemps un certain désintérêt vis-à-vis de la terre, voire de la nature, de la part d'une partie de la population défavorisée. Face à une économie de plantation triomphante, synonyme de concentration de la propriété en grands domaines et d'inégalités foncières évidentes, la paysannerie inorganisée joua un rôle limité. Les processus d'appropriation de l'espace et, d'une façon plus générale, de l'environnement ont été très différents selon les communautés. Autant ils ont été faciles, rapides et complets pour les colons et leurs descendants, venus aux îles pour s'enrichir et en même temps enrichir la couronne de France qui les protégeait, autant ils ont été difficiles, condamnés, combattus, en ce qui concerne les communautés d'esclaves puis les affranchis, ou les immigrés venus de l'Inde ou d'ailleurs, après 1848. La question des libertés individuelles et donc du droit de propriété n'étant pas résolue pour certains, la perception et l'appropriation de l'environnement posèrent régulièrement problème à la majorité des populations des îles sucrières. Ce n'est que progressivement, parallèlement à la conquête de nouvelles libertés, dont celle de devenir propriétaire du sol, par acquisition officielle devant notaire, puis avec l'égalité obtenue par la substitution de la départementalisation au système colonial, en 1946, que le regard de beaucoup de ruraux et de citoyens sur la nature changea positivement.

Petit à petit, la connaissance floristique et faunistique acquise sur les plantations, dans les petites exploitations paysannes ou dans les villes s'exprima dans toute sa diversité. À côté de l'habitation-plantation tournée vers

l'exportation, les petites exploitations paysannes, produisant principalement pour la consommation intérieure, ancrèrent de nouvelles pratiques agricoles nécessitant la meilleure connaissance de la diversité biologique insulaire.

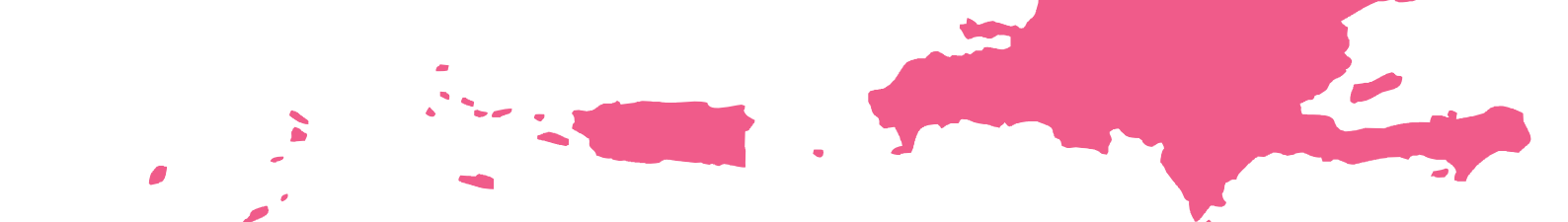
Le monde agricole, avec ses jardins d'acclimatation ou jardins botaniques, ses pépinières, ses jardins médicinaux, mais aussi les institutions religieuses, l'école privée et publique jouèrent un rôle essentiel dans l'information et la formation du public à la connaissance de la biodiversité des Petites Antilles. Que ce soit dans un cadre de vie en autarcie, sur les hautes terres, en marge de la forêt mésophile, ou sur le littoral, une partie de la population mit en place des stratégies de subsistance autonomes, basées essentiellement sur les ressources naturelles. Ce fut aussi le cas dans les plus petites îles de l'archipel où les ressources marines furent mises en valeur.

La crise de l'économie sucrière et du système de plantation qui s'accéléra dans la seconde moitié du XXe siècle et le déclin parallèle de la petite exploitation paysanne, confrontée à des coûts de production trop élevés et au démantèlement des accords de commerce préférentiels, ont progressivement entraîné une perte des connaissances traditionnelles, y compris de valeurs liées à la diversité biologique. Les mutations de l'habitation-plantation sous l'effet de la mondialisation (Maurice Burac, 2011), la déforestation, l'urbanisation, le mitage des paysages, se révélèrent de plus en plus comme autant d'éléments de nature à diminuer les capacités de résilience des écosystèmes et à aggraver le déficit en biodiversité.

### De nouvelles opportunités

En soutenant la coopération interuniversitaire à travers des programmes Interreg, les collectivités territoriales contribuent à renforcer l'enseignement supérieur, la recherche et les compétences d'expertise en matière de gestion de l'environnement, de conservation et de développement durable. Sous l'égide de consortiums d'universités comme l'Association des universités et des centres de recherche de la Caraïbe (UNICA), la Conférence des recteurs et présidents d'universités de la Caraïbe membres de l'Agence universitaire de la francophonie (CORPUCA), de l'Académie des sciences de la Caraïbe, des organismes de recherche, ou de laboratoires de recherche de l'UAG, la coopération en matière de connaissance et de gestion de la diversité biologique a franchi de nouveaux niveaux. Il est vrai que d'importants moyens sont mis à la disposition des acteurs, notamment des fonds européens, ainsi que l'ingénierie de l'UNESCO ou du PNUE. Les pays de la Caraïbe rattachés politiquement à l'Union européenne étant admissibles au Programme cadre de la recherche et du développement technologique (PCRDT), de bonnes





perspectives de coopération scientifique sont à exploiter sur des thématiques de l'environnement, des changements climatiques, priorités du volet coopération du 7<sup>e</sup> programme 2007-2013.

Les entreprises du secteur privé, en associant conservation de la nature et activité économique se sont progressivement impliquées comme acteur dans la protection de l'environnement, même si beaucoup reste à faire. Confrontée à une concurrence internationale des plus vives et à une plus grande sensibilité de l'opinion publique, l'Union des groupements de producteurs de bananes des Antilles françaises, en vue d'une production à haute valeur environnementale, se trouve obligée de réviser ses systèmes de culture, avec l'obligation de réduire la pression phytosanitaire, d'utiliser moins de produits agrochimiques : pesticides, nématicides ou herbicides. Engagé dans le plan Banane durable, ce groupement professionnel doit d'ailleurs apporter, comme contribution à l'Année internationale de la biodiversité, le « Grand livre de la biodiversité de la Guadeloupe et de la Martinique », réalisé par divers spécialistes. Sur un autre plan, les distilleries rumières ont fait de gros efforts d'amélioration de l'environnement et de leurs équipements pour accompagner la promotion du rhum agricole d'appellation d'origine contrôlée (AOC).

Dans un secteur touristique en crise, la Martinique et la Guadeloupe figurant comme les territoires ayant les plus régressé en matière d'entrées de visiteurs ces dernières années, petites et moyennes entreprises se soucient de plus en plus de certification environnementale. Des initiatives visant à diversifier les produits touristiques se sont concrétisées par la réalisation d'opérations de réhabilitation de la nature et du patrimoine historique de très grande qualité en Guadeloupe et en Martinique. Les Jardins de Balata, sur les hauteurs de Fort-de-France, le parc botanique de l'habitation Anse Latouche au Carbet, sont visités aussi bien par les populations locales que par les touristes. La Fondation Clément à partir de la distillerie du même nom s'est fortement impliquée dans la réhabilitation du patrimoine historique ou culturel, mettant l'accent sur la réalisation d'un parc botanique. De plus en plus de particuliers, dans l'ensemble des Antilles françaises, à partir de sites historiques abandonnés, où à domicile, aménagent des jardins et autres curiosités, exploités parfois à des fins commerciales. Les entreprises, notamment les plus solides économiquement sponsorisent de plus en plus d'actions à objectif environnemental.

Le secteur privé intervient de manière limitée dans l'amélioration de la gestion de l'environnement et la conservation des ressources naturelles, comme dans le reste de la Caraïbe. Le concept de responsabilité sociale d'entreprise n'est pas encore fondamentalement développé. Les conflits naissent assez souvent lorsque les communautés et les ONGE

ont le sentiment que le gouvernement ou les élus locaux n'exigent pas assez du secteur privé, notamment des grandes entreprises, en matière d'application de la réglementation relative à la protection de l'environnement et la conservation des ressources naturelles. Le déficit en matière de création d'emploi, le chantage au départ vers des territoires plus tolérants en matière de normes environnementales figurent parmi les arguments avancés pour ne pas exiger plus des entreprises.

L'un des secteurs d'activités qui s'est le plus mobilisé dans la préservation des ressources de la mer est celui de la pêche, aux pratiques très décriées par le passé en matière de gestion de la biodiversité marine. L'acceptation de mieux en mieux par la profession d'une réglementation des prélèvements et l'instauration de zones de cantonnement, où la pêche est interdite, avec le concours des marins pêcheurs à la prise de décision témoigne des nouvelles dispositions des acteurs de l'environnement face à l'impérative conservation de la diversité biologique.

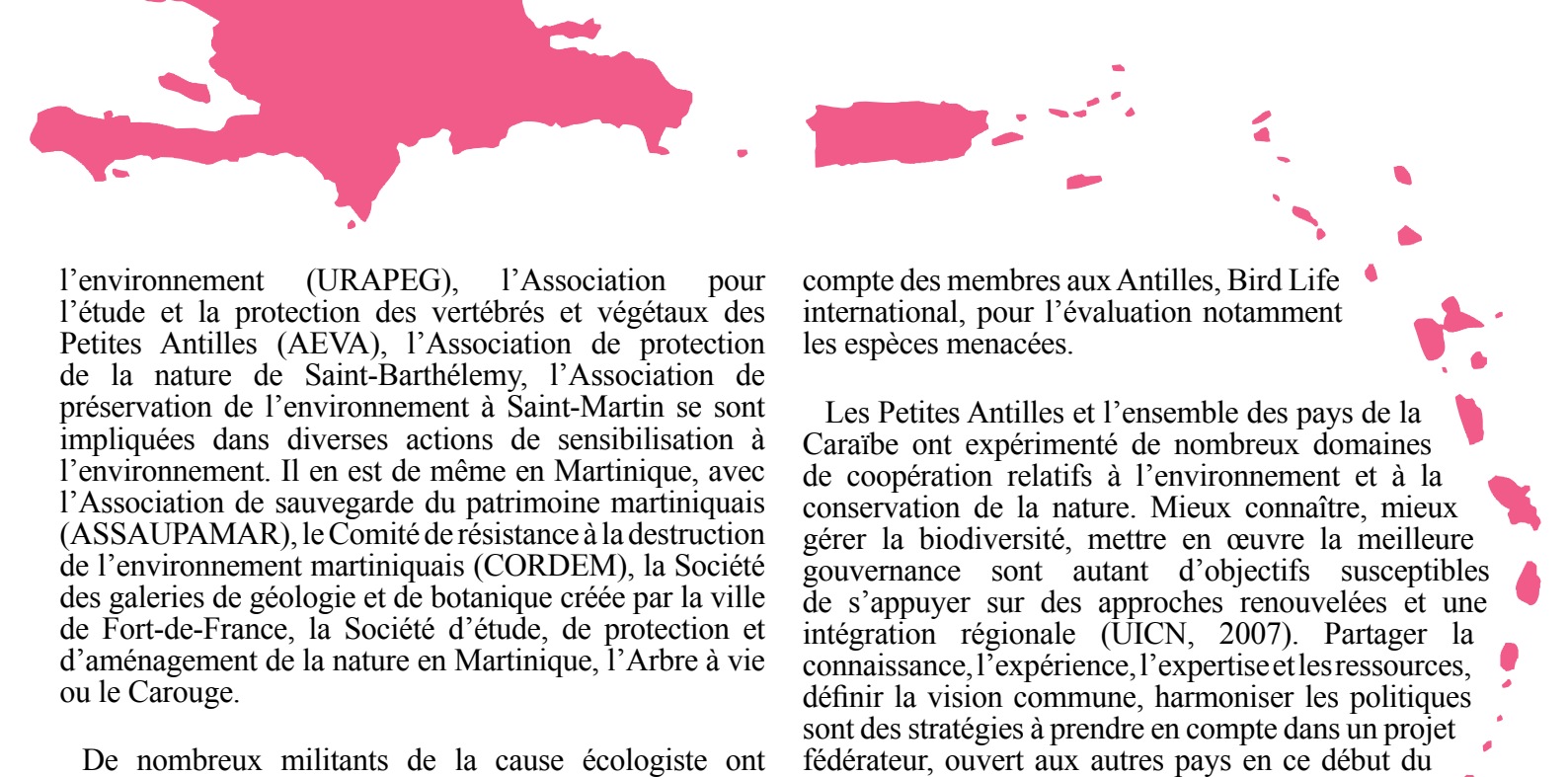
La participation des chasseurs à la gestion de la faune aviaire est un autre exemple d'objectif atteint, grâce à l'efficacité des services de la Fédération des chasseurs en Guadeloupe et en Martinique. La meilleure connaissance des espèces, le respect des interdictions de chasse expliquent l'amélioration des stocks même si des espèces endémiques demeurent toujours en danger. La promotion des actions de consolidation de la biodiversité à travers la culture, avec l'utilisation d'éléments de la flore ou de la faune comme symboles : muscade, balisier, Bothrops sur le blason de la Martinique et de Sainte-Lucie depuis 1776, « Sucrier fall jaune », « Raton laveur », est de plus en plus une pratique courante.

## Une société civile plus engagée

La place de la société civile est de plus en plus grande dans la gestion de l'environnement. De nombreux groupes de pression, associations légales, se sont développés à partir des années 1970 pour contester les politiques publiques de développement, notamment en matière d'aménagements touristiques, consommateurs d'espaces et destructeurs de diversité biologique sur le littoral. Aux Antilles françaises, de la contestation du projet martiniquais de l'ASATAHAMA, concernant le site des Salines, à Sainte Anne, en 1974, à l'interpellation des pouvoirs publics sur la question de l'utilisation de produits agrochimiques, tels que les pesticides, genre chlordécone, ou d'aménagement d'équipements photovoltaïques au sol, les acteurs locaux ont régulièrement pesé sur les politiques publiques environnementales.

Une très grande diversité d'associations a marqué l'histoire du développement des îles au cours des quarante dernières années. En Guadeloupe, la Ligue pour la défense du patrimoine et des intérêts guadeloupéens, l'Union régionale des associations de protection de





l'environnement (URAPEG), l'Association pour l'étude et la protection des vertébrés et végétaux des Petites Antilles (AEVA), l'Association de protection de la nature de Saint-Barthélemy, l'Association de préservation de l'environnement à Saint-Martin se sont impliquées dans diverses actions de sensibilisation à l'environnement. Il en est de même en Martinique, avec l'Association de sauvegarde du patrimoine martiniquais (ASSAUPAMAR), le Comité de résistance à la destruction de l'environnement martiniquais (CORDEM), la Société des galeries de géologie et de botanique créée par la ville de Fort-de-France, la Société d'étude, de protection et d'aménagement de la nature en Martinique, l'Arbre à vie ou le Carouge.

De nombreux militants de la cause écologiste ont durant longtemps marqué l'opinion publique dans leurs actions pour la défense de la nature, la qualité de l'eau, notamment. Ils ont particulièrement contribué, par leurs actions, à sensibiliser les populations à la protection du cadre de vie, au grand dam parfois des représentants des services de l'État, d'élus locaux ou des entreprises pas préparés et généralement surpris par la radicalisation rapide de la contestation. Considérées au départ avec suspicion ou hostilité par les pouvoirs publics et une partie de l'opinion, comme dans bon nombre de territoires caraïbéens, ces actions, avec le temps, sont de plus en plus perçues comme des modèles de partenariat efficaces entre les populations et les autorités.

Au fil des années, confrontés à la résistance de la société civile, conscients de l'évolution des mentalités en France métropolitaine et dans le monde, sous l'action notamment des ONG, la gouvernance nationale, les services de l'État, les collectivités locales et de plus en plus les entreprises, mirent en œuvre de nouvelles pratiques, face à la dégradation de l'environnement et à la réduction de la diversité biologique. L'appui sur les communautés pour la gestion des ressources naturelles est de plus en plus pratiqué, notamment dans le domaine de la pêche ou de la chasse par exemple, même si les instruments fondamentaux de la gestion de l'environnement passent d'abord dans les DFA par la réglementation et l'application.

Aujourd'hui, en dehors de l'ASSAUPAMAR, les associations de protection de l'environnement, très diverses, rassemblées en fédération (FEDAPE), participent à différents actions, comme cette conférence internationale sur la biodiversité. L'un des points forts de ces associations est l'éducation des membres à l'environnement, l'organisation de programmes de sensibilisation en direction du public, susceptibles de développer une culture de l'environnement et du développement durable. Les associations locales travaillent de plus en plus avec les associations partenaires métropolitaines ou internationales, comme la Ligue de protection des oiseaux (LPO), qui lutte contre la destruction et le transport d'espèces protégées et qui

compte des membres aux Antilles, Bird Life international, pour l'évaluation notamment les espèces menacées.

Les Petites Antilles et l'ensemble des pays de la Caraïbe ont expérimenté de nombreux domaines de coopération relatifs à l'environnement et à la conservation de la nature. Mieux connaître, mieux gérer la biodiversité, mettre en œuvre la meilleure gouvernance sont autant d'objectifs susceptibles de s'appuyer sur des approches renouvelées et une intégration régionale (UICN, 2007). Partager la connaissance, l'expérience, l'expertise et les ressources, définir la vision commune, harmoniser les politiques sont des stratégies à prendre en compte dans un projet fédérateur, ouvert aux autres pays en ce début du XXI<sup>e</sup> siècle. Les nouvelles orientations mondiales en matière de conservation, au lendemain de la Conférence de la Convention des Nations Unies sur la diversité biologique tenue à Nagoya, du 18 au 29 octobre 2010, conjuguées aux leçons tirées de l'expérience du développement des petits États insulaires et des zones côtières aux cours des trente dernières années ouvrent des perspectives favorables à la construction de la résilience, en recourant à l'innovation, comme le reconnaissent de plus en plus les gouvernements, les experts et les communautés de base.

## Références bibliographiques

BROWN Nicole, GEOGHEGAN Tighe et RENARD Yves, 2007. Analyse de situation pour les Caraïbes. Gland, Suisse : UICN. 56p.

Direction Régionale de l'Environnement de Martinique. Profil environnemental Martinique 2008. Fort-de-France. 223 p.

JOSEPH Philippe, 2009. La végétation forestière des Petites Antilles. Synthèse biogéographique et écologique, bilan et perspectives. Paris : Editions Karthala. 490 p.

JOSEPH Philippe (coord.), 2006. La Caraïbe, données environnementales. - Terres d'Amérique N° 5.- Paris : Karthala & GÉODE Caraïbe. 458 p.

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire. Stratégie nationale pour la biodiversité. Rapport d'activité 2007. Paris. 100 p.

UICN, 2008. Initiative de l'UICN pour les Caraïbes : Programme 2009-2012.

WEGE D.C., RYAN D., VARTY N., ANADÓN-IRIZARRY V., PÉREZ-LEROUX A., 2010, *Hotspot de la biodiversité des îles des Caraïbes*, Rpt. : BirdLife International – Durrell Wildlife Conservation Trust – The New York Botanical Garden – Conservation International – Center for Applied Biodiversity Science, 154 p.



# The importance of French overseas departments and overseas countries and territories of the European Union for the protection of biodiversity: progress so far

Bernard DECEUNINCK, Alison DUNCAN, James MILLET, Julie RIEGEL

For historical reasons, a few of Member States of the European Union (UK, France, The Netherlands, Denmark), have a number of entities scattered around the world (*see map*). The UK and France hold the majority of these territories.

Metropolitan France and its overseas entities are present in 9 biogeographical regions of the world. Apart from French Guiana (Neotropic) and Terre Adélie (Antarctic), all other French overseas départements (DOMs) or overseas territories (TOMs) are islands situated in the following biogeographical regions: Nearctic: St-Pierre & Miquelon; Caribbean: Guadeloupe, Martinique, St-Barthélémy and Saint-Martin; Australasia: New Caledonia; Polynesia: French Polynesia, Wallis and Futuna; Indian Ocean: La Réunion, Mayotte, Iles éparses; Pacific Ocean: Clipperton; Antarctic Ocean: Amsterdam, Crozet, St-Paul and Kerguelen (Terres Australes françaises). Their insularity explains the high level of endemism in birds: 118 bird species have a restricted distribution (distribution range < 50.000 km<sup>2</sup>. Stattersfield *et al.*, 1998) and 63 are endemic, but also a high number of threatened and extinct species.

The United Kingdom has 14 Overseas Territories: Anguilla, Cayman Islands, British Virgin Islands, Montserrat and the Turks and Caicos Islands in the Caribbean; Bermuda in the North Atlantic; Saint Helena, Ascension and Tristan da Cunha; Falkland Islands, South Georgia and the South Sandwich Islands in the South Atlantic; British Indian Ocean Territory (BIOT) in the Indian Ocean; Pitcairn Islands in the South Pacific; two Sovereign Base areas in Cyprus, and Gibraltar in the Mediterranean and the British Antarctic Territory.

The French DOMs are an integral part of France, since 1946<sup>1</sup>, and thus automatically part of the European Union, and known as outermost regions. The other overseas entities of these four Member states have a less strong legal association to the EU

through the Overseas Association Decision and are known as Overseas Countries and Territories (OCT, in French: PTOM) to France (8), Great Britain (12; Cyprus sovereign base areas and Gibraltar are not covered by the decision), the Netherlands (2) and Denmark (1)<sup>2</sup>.

This paper sets out the development of the legal framework for the environment in the EU, the position of the DOMs in relation to it, and the association of OCTs to the European Community, the purpose of which is “to promote the economic and social development of the countries and territories and to establish close economic relations between them and the Community as a whole”<sup>3</sup>.

## France and its Overseas Départements and Territories (DOM-TOMs) in the top seven

In metropolitan France together with its DOM-TOMs, there are an estimated 1518 bird species, among which 1370 are regular breeders. More than 50% of them are found in French Guiana where native tropical forest covers most of the area.

In 2010, BirdLife assessed the status of the 9074 bird taxa recognized as species. 1240 of them are globally threatened (13.67 %). This resulted in the production of Threatened Birds of the World (BirdLife International, 2010) and the update of the global Red List of birds for the IUCN. The IUCN categories used to evaluate the risk of extinction for a taxon are: CR, Critical, (190 bird species in the world); EN, Endangered, (372 sp.) and VU, Vulnerable, (678 sp.).

<sup>1</sup> Law 19 March 1946

<sup>2</sup> Law 19 March 1946

<sup>3</sup> Article 182 EC Treaty



With 79 globally threatened species, France and its DOM-TOMs are among the 7 countries in the world with the largest number of globally threatened bird species, after Colombia and China, ahead of New Zealand and India (*Graph. 1*)!

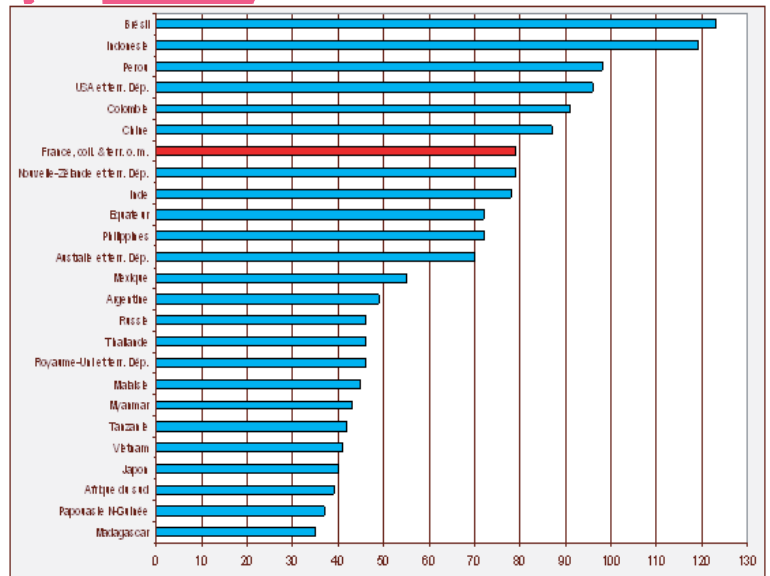
These 79 species (34 VU, 29 EN, 16 CR4) represent 6.37 % of the 1240 globally threatened species in the world and 5.2 % of the estimated 1518 breeding and migratory species present in France and the DOM-TOMs. In metropolitan France, there are only 7 globally threatened species. The other 72 are found in the DOM-TOMs. Thus, the real bird conservation issues are found in these DOM-TOMs where more than 76% of these species are present, with more than 91% of those which are threatened in the French TOMs (*Graph. 1*).

Of all the French TOMs, French Polynesia holds the largest number of globally threatened species (*Graph. 2*) – 33, of which 19 are endemic and 5 are critically endangered (*table 1*).

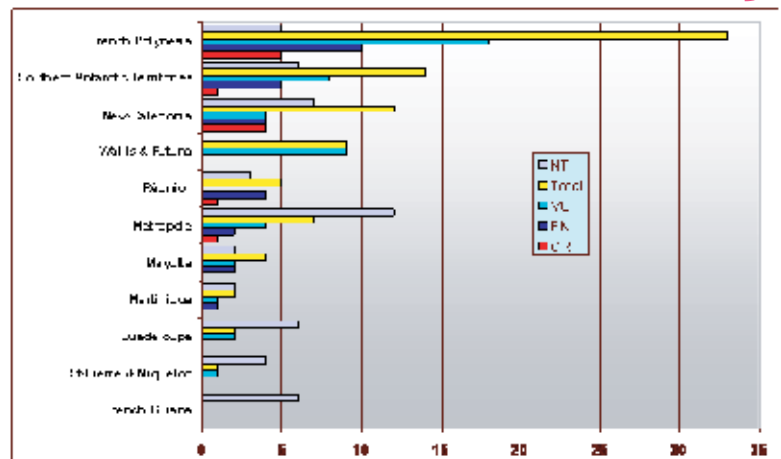
At least 17 bird species have disappeared from Reunion Island and nine from French Polynesia, of which 6 were endemic. A total of 32 described bird species have become extinct in the DOM-TOMs of France!

**Table 1.** European Structural Funds with the percentage increase between the two periods (Gargominy, O. (ed) 2003)

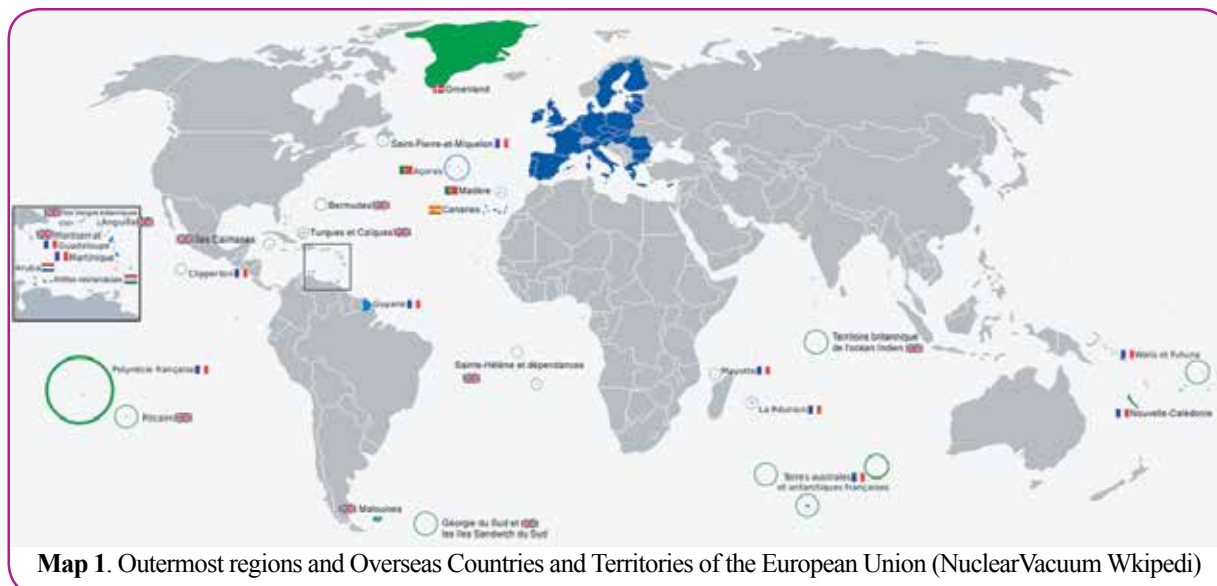
|                          | European Structural Funds (millions of euros) Level Objective 1 |              |               |              |               |
|--------------------------|---|--------------|---------------|--------------|---------------|
|                          | Guadeloupe  | Martinique   | French Guiana | Réunion      | Total         |
| Funds provided 1994-1999 | 360   | 345          | 172           | 688          | 1 565         |
| Funds provided 2000-2006 | 809 (+125%)   | 674,5 (+95%) | 371 (+116%)   | 1 516(+120%) | 3 370 (+115%) |



**Graph 1.** Countries which contain the largest numbers of globally threatened bird species (B Deceuninck and al.)



**Graph 2.** Number of globally threatened bird species in the French DOM-TOMs (B Deceuninck and al.)

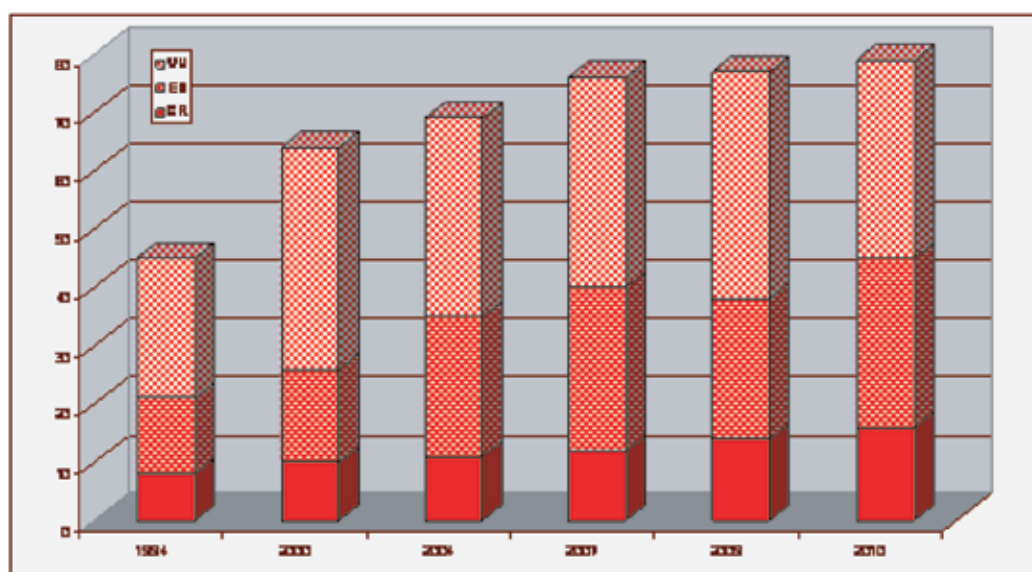


**Map 1.** Outermost regions and Overseas Countries and Territories of the European Union (NuclearVacuum Wikipedi)



## Conservation of globally threatened bird species in the French DOM-TOMs

As a result of this worrying situation for avifauna, various conservation efforts have been made in the French DOM-TOMs, particularly the creation of nature reserves and national parks. However, such efforts are recent (most of them since 2000) and are obviously not sufficient. It appears that the level of protection of birds has not improved significantly since the first evaluation done 16 year ago (45 globally threatened species, Collar *et al.*, 1994). The number of threatened bird species in the DOM-TOMs has



**Graph 3.** Increase in the total number of globally threatened species in the French DOM-TOMs between 1994 and 2010 (B Deceuninck and *al.*)

increased strongly (+ 75 %, **Graph 3**). The main identified threats are habitat loss and degradation, mostly due to urban and infrastructure development; predation by alien species (feral cats, rats, mongoose,...); habitat destruction by cattle; competition with introduced birds and long-line fishing. These threats are common to all the DOM-TOMs and are especially acute on islands. Bycatch due to long-line fishing is largely responsible for the decline in status of albatrosses and petrels since 2000. This is why most of them are now globally threatened, especially those which breed in sub-Antarctic territories of France.

There is a real risk of losing these unique species definitively if the policy for species and habitat protection in the overseas départements and territories of France is not rapidly improved. In 2010, 16 bird species are critically endangered. They could go extinct in the next few decades if nothing is done to halt the threats to them.

Apart from the monitoring of the most endangered species, research can help by

providing knowledge of the causes of the declines, as a basis for proposals for pertinent conservation actions in priority areas, such as Important Bird Areas (IBA). For the DOM-TOMs the first surveys of IBAs was first published in 2001 for the Sub-Antarctic territories, Mayotte, Reunion Island and Eparses Islands (Fishpool & Evans, 2001). The IBA book for New Caledonia was published in 2007 (Spaggiari *et al.*, 2007). For the DOM-TOMs situated in the Americas - St-Pierre-et Miquelon, French Guiana, Guadeloupe, Martinique, St-Martin and St-Barthélémy - the inventory has been completed in 2009 (Boyé *et al.*, 2009). An IBA inventory is available online for French Polynesia ([http://www.manu.pf/E\\_IBA.html](http://www.manu.pf/E_IBA.html)) and the IBA identification in the field for Wallis and Futuna is being validated.

The number of globally threatened species in France increased significantly in the past 10 years. France, together with its overseas entities, has moved up the graph of the countries holding the largest number of globally threatened species from 9th to 7th position. European legislation takes precedence over national laws in the EU. What exactly has Europe been doing to encourage its Member States to conserve and sustainable use their rich biological diversity?

The European context for taking into consideration and integrating the environment into sectorial policies is described, and the progress made so far is presented below.

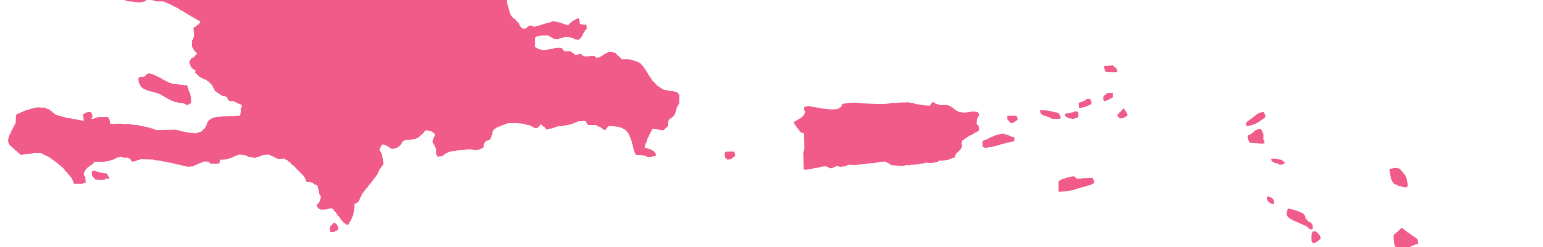
## Conservation of Globally Threatened Bird Species in the United Kingdom Overseas Territories (UKOTs)

The UKOT support populations of 33 Globally threatened birds, comprising of four Critically Endangered species, 11 Endangered species and 18 Vulnerable species, with a further 17 Species classed as Near Threatened. This excludes Gibraltar and the Cyprus Sovereign base areas where a number of additional threatened species occur with some regularity. Whilst smaller than the total for France this remains a substantial proportion (2.66%) of Globally Threatened Birds. Moreover this compares with two Globally Threatened Birds that regularly occur in the UK.

The greatest concentrations of threaten birds are found in the islands of the Southern Atlantic and Pacific, with 12 Globally Threatened birds on Tristan da Cunha, 8 in the Pitcairn Group and 5 each in the Falklands and







South Georgia. Primary threats identified to globally threatened birds in the UKOTs include invasive species (rats in particular), fishing techniques resulting in petrel mortality, which have resulted in the Southern Ocean territories becoming hotspots for threatened birds.

In addition the UKOTs have had 78 Important Bird Areas identified and documented to date, this compares to 295 for the UK over all. Sites designated as IBAs include populations of Globally Threatened Birds, assemblages of range restricted species and colonial waterbirds and are considered critical for the conservation of regional avifaunas.

Whilst a number of conservation actions have been achieved that have contributed to improved conservation status of several species or sites, there has been little improvement in the overall status of species in the previous decade. Actions have included alien species management including a number of island mammal eradications, the implementation of species recovery plans for highly endangered birds, the establishment of protected areas and capacity development for in country institutions responsible for biodiversity conservation. However, biodiversity conservation remains inconsistent and under resourced in the UK overseas territories.

## The position of the environment in the European Economic Community (EEC)

The European Economic Community, established by The Treaty of Rome (1957), made no reference to the environment. For the six countries involved at that time environmental issues were not a priority for governments, and still less for business.

The environment was not on the political agenda until the early 1970's, when a series of EEC initiatives were developed. The Paris Summit of Heads of State and Governments in 1972 recognised that in the context of economic expansion and improving the quality of life particular attention should be paid to the environment; for example the first Environment Action programme (1973-1976) was developed to set the framework for Community environment policy. These multiannual programmes have led to the adoption of a series of directives on protection of natural resources (air and water), noise abatement, nature conservation

and waste management. The 6th Environment Action Program 2002-2010 is more elaborate setting objectives in four priority areas: climate change; nature and biodiversity; environment, health and quality of life; and natural resources and wastes. There are seven thematic strategies in the following areas: atmospheric pollution, waste, the marine environment, soils, pesticides, natural resources and the urban environment.

The turning point for the environment came in 1987<sup>5</sup> with the integration of the environment into the EC Treaty by the Single European Act. From then on, the Community measures had a legal basis explicitly defining the objectives and guiding principles for action by the European Community relating to the environment. Provision was also made for environmental protection to become a component of the Community's other policies. The importance of this integration of the environment was strengthened with the Maastricht treaty (1992) and the Amsterdam Treaty (1997)<sup>6</sup> to culminate in the Lisbon EU Treaty 2009, it states "Environmental protection requirements must be integrated into the definition and implementation of the Union policies and activities."

The first Biodiversity Strategy of the European Union written in 1998 mentioned in a few lines the existence of the rich biodiversity of the overseas entities of Europe.

June 2001, the famous declaration by the Heads of State of the EU - to halt the loss of biodiversity by 2010 followed the European Commission's (EC) report in March: Biodiversity Action plan for the conservation of natural resources<sup>7</sup>. This document aimed at providing the necessary tools for integrating biodiversity considerations into policy making and activities across a wide range of policy sectors to save biodiversity. Detailed action plans for major sectors like agriculture and fishing were prepared.

Under the Irish presidency of the European Union the Conference of Malahide (June 2004) discussed the content of the Biodiversity Action Plan with its Road Map. Much lobbying was done at this meeting specifically by BirdLife International and its partners to include the overseas departments and territories of the EU. Until then they had been largely ignored. The "Message of Malahide" developed the basis for the EU Biodiversity Action Plan and the detailed "Road Map" to achieve the 2010 objective. This was published in May 2006 as "Halting Biodiversity Loss by 2010 – and Beyond: Sustaining ecosystem services for human well-being"<sup>8</sup>.

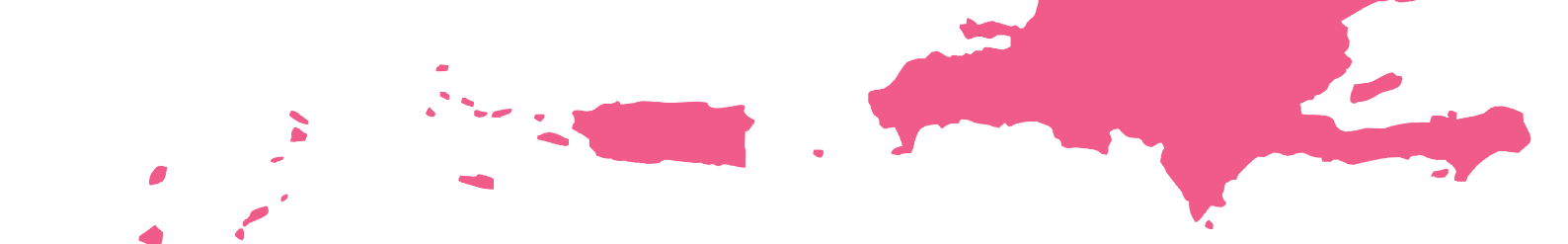
<sup>5</sup> 1987 Single European Act - Article 130r(2.2)

<sup>6</sup> Article 1974 (ex Art. 130r) EC Treaty

<sup>7</sup> COM (2001) 162 final

<sup>8</sup> COM(2006) 216





In 2008, the EC report on the mid-term assessment of implementing the EU Biodiversity Action Plan<sup>9</sup> indicated that biodiversity was still declining, with 50% of species protected under the Habitats Directive, and possibly up to 80% of habitat types with an unfavourable conservation status. Over 40% of European bird species have an unfavourable conservation status. Farmland birds declined rapidly in previous decades and are now starting to stabilize at an unfavourable conservation status, recovery will take a lot longer. In August 2007, an article by BirdLife (Donald, P.F. *et al.*) in *Science* published an analysis showing that the Birds Directive has made a significant difference in halting the decline of many of Europe's most threatened birds. Through the designation and effective conservation management of Special Protection Areas (SPAs) the Birds Directive has clearly helped these species.

This report noted the need for four key supporting measures:

1. Ensuring adequate financing.
2. Strengthening EU decision-making and Implementation (notably in relation to the use of structural funds and damage to the environment)
3. Building partnerships (development of the concept Business and Biodiversity)
4. Building public education, awareness and participation as a recent survey showed EU citizens are largely unaware of the loss of biodiversity.

The conclusion reached by this mid term report was that the 2010 objective of halting the loss of biodiversity would not be achieved. So by March 2010<sup>10</sup> the EU and its Members States had already decided on the target for the conservation of biodiversity in 2020. This target is the contribution of the EU to the 10th Conference of Parties of the Convention of biological diversity (CBD) in Nagoya, Japan in October 2010: ambitious plans are being made to stop the decline of biodiversity and ecosystems, the basis of our survival on earth. In the EC's report "The 2010 Assessment of implementing the EU Biodiversity Action Plan"<sup>11</sup> it is outlined why the 2010 objective has not been achieved. One of the most important efforts begun in 1987 by the European Single Act is the integration of biodiversity (species and ecosystems) into other sectorial policies. This refers to the Common Agricultural Policy (CAP) and the Common Fisheries Policy (CFP), and the next programming period for EU Regional Policy, the necessary funding for Natura 2000 is also an issue. In the French DOMs the lack of correct integration of the environment in the different sectorial policies is a serious issue.

## What tools and funding are available for nature conservation in the EU?

The principal legal tools for the protection of species and habitats in Europe are the two nature directives, Birds Directive (codified version 2009/147/EC) and Habitats (92/43/EC).

In 1979 the Birds Directive, which has been one of the major pillars for the nature conservation was established even before a legal obligation was put into the EC Treaty. This directive was established for the Member states whose territories are included in the Palaearctic region; as a result the annexes include only the bird species of this region. The biogeographical regions of the French DOMs, politically integral parts of Europe were ignored. The motivation behind this directive was to provide protection for threatened species, and to regulate hunting. As other European countries joined the EEC, the annexes were completed, for example in 1986 because the outermost regions of Spain and Portugal (Canary Islands; Madera and the Azores) are part of the Palaearctic region. The importance of the biodiversity of other outermost regions (Guadeloupe, Martinique, French Guiana, and Reunion Island) of the EU with their mega biodiversity was still not recognised!

In 1992 the Habitats Directive was established. These two Directives provide a legal framework for establishment of the Natura 2000 network of protected areas. Again, the annexes of this directive are for continental Europe, in the Palaearctic region.

The network comprises Special Protection Areas (SPAs) for the conservation of over 180 bird species and sub-species and Special Areas of Conservation (SACs) for the conservation of over 250 types of habitat, 200 animal species and over 430 plant species. Natura 2000 today accounts for over 20% of the land area of the EU. The value of the Natura 2000 network is internationally recognised.

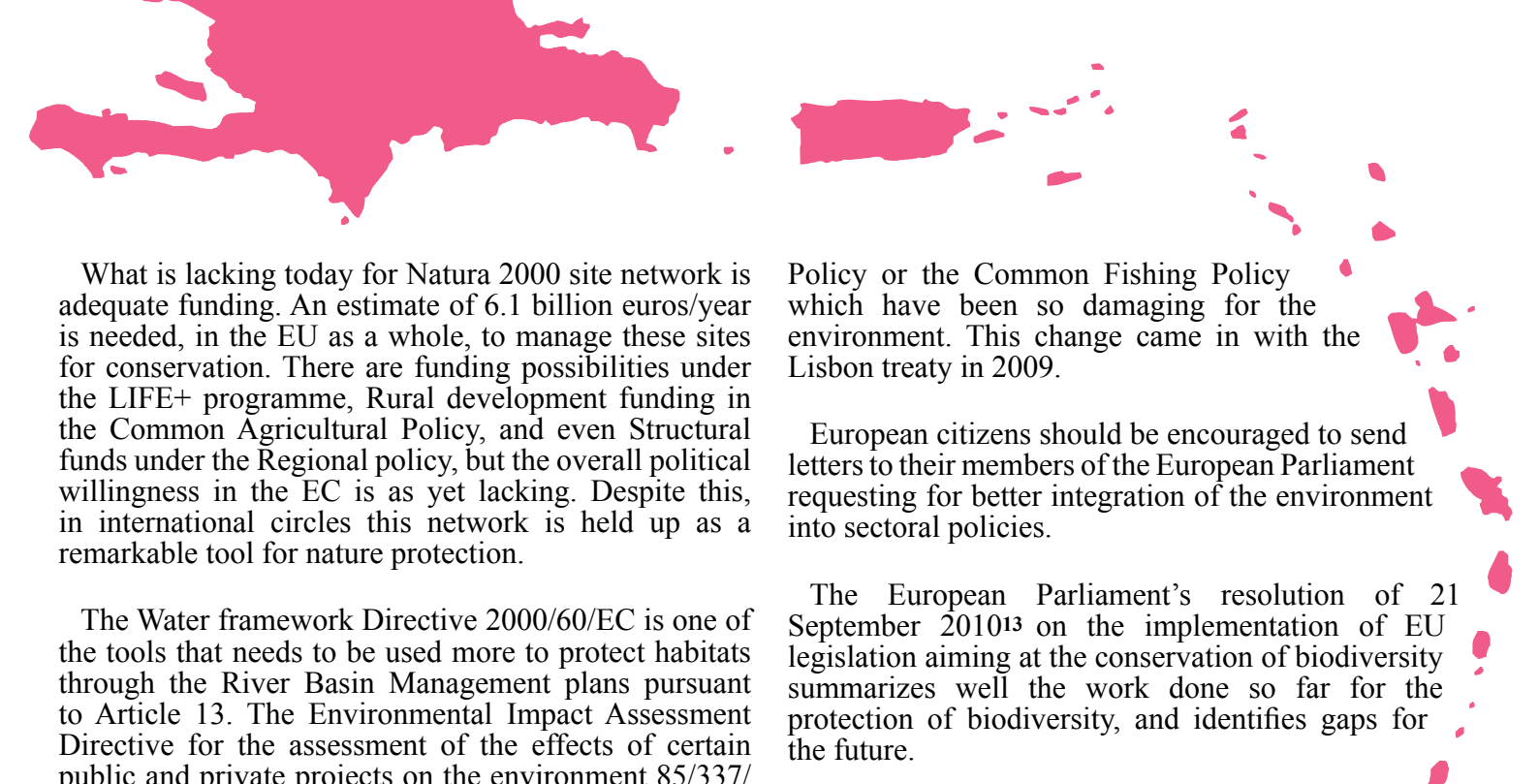
It has taken time and negotiation to get it established (15-20 years). To assist with the implementation of the Birds Directive, BirdLife International developed the concept of Important Bird Areas (IBA), which finally became officially recognised by the European institutions as the shadow list for Special Protection Areas under the Birds Directive, with the obligation of the governments to protect and maintain the populations of birds for which these sites were designated. A paper in the prestigious journal *Science* (Donald, P.F. *et al* 2007) has demonstrated the positive benefit of the SPA designation for the species listed on Annex 1 of the Birds Directive.

<sup>9</sup> COM(2008) 864 final

<sup>10</sup> EU Council 7536/10

<sup>11</sup> COM(2010) 548 final





What is lacking today for Natura 2000 site network is adequate funding. An estimate of 6.1 billion euros/year is needed, in the EU as a whole, to manage these sites for conservation. There are funding possibilities under the LIFE+ programme, Rural development funding in the Common Agricultural Policy, and even Structural funds under the Regional policy, but the overall political willingness in the EC is as yet lacking. Despite this, in international circles this network is held up as a remarkable tool for nature protection.

The Water framework Directive 2000/60/EC is one of the tools that needs to be used more to protect habitats through the River Basin Management plans pursuant to Article 13. The Environmental Impact Assessment Directive for the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment 85/337/EEC and amended by 97/11/EC ought to play an important role in controlling development. The EC has just held a public consultation on this directive.

There are also problems of transposition of EU legislation into national law and its implementation. Directive 2001/42/EC on the assessment of the effects of certain plans and programmes on the environment (otherwise known Strategic Environmental Assessment) as had to be transposed by 21 July 2004. In France, the transposition took place in 2004, but it was discovered later that the threshold levels of the size of projects which had to be subject to the strategic environmental assessment were set so high that the majority of development projects in this country (including the DOMs) were not affected by this directive.

Since the 1990's, indicators of the state of the environment have been developed. The first indicator in the EC for biodiversity is based on common birds with data going back to 1980. Since 2005, a project to develop indicators "Streamlining European 2010 Biodiversity Indicators" (SEBI 2010)<sup>12</sup> was initiated to select a set of indicators to measure and help achieve progress towards the European target to halt biodiversity loss by 2010. There are now 26 indicators: data are available for 22 of them.

### **European Parliament as a means to advance the cause of the environment**

The European Parliament (EP) has developed its role and power enormously since 1952. It was not until 1979 that the members of the EP were elected by direct universal suffrage. The importance of the Parliament has been gradually increasing with the co-decision procedure (Council and Parliament voting) required now even for policies like the Common Agricultural

Policy or the Common Fishing Policy which have been so damaging for the environment. This change came in with the Lisbon treaty in 2009.

European citizens should be encouraged to send letters to their members of the European Parliament requesting for better integration of the environment into sectoral policies.

The European Parliament's resolution of 21 September 2010<sup>13</sup> on the implementation of EU legislation aiming at the conservation of biodiversity summarizes well the work done so far for the protection of biodiversity, and identifies gaps for the future.

### **Conclusions for mainland Europe**

1. The environment started to be integrated into the work of the European Commission from the early 1970's, but did not become legally part of the European Community Treaty until 1987.

2. Today under the Lisbon Treaty (2009) the environment should be integrated into the Union's policies and activities; however it is now generally recognised (COMM(2010)548 final) that this integration in the other sectorial policies (Common Agricultural Policy, Common Fishing Policy, and the Regional Policy of the EU) has not been achieved. This is at the heart of the objective for 2020 to halt biodiversity loss.

3. Despite the lack of any legal basis in the treaty at that time, the corner-stone of European nature legislation was established, the Wild Birds Directive (79/409/EC) in 1979. Since then this directive has had a number of modifications and a codified version came out in 2009/147/EC. This directive can no longer be attacked for lack of a legal basis as it has been in the past.

4. The Habitats Directive was established in 1992, and together with the Birds Directive, has created an effective network of sites, Natura 2000, for the protection of representative areas of habitats and their species all over mainland Europe. The network has a good international reputation.

5. Funding for effective management of the Natura 2000 network is inadequate, in spite of diverse potential sources. An estimated 6.1 billion euros/year is required to effectively manage this network of sites but the political willingness to invest in the network is still too weak.

<sup>12</sup> Progress towards the European 2010 biodiversity target EEA N°4/2009 ISSN 1725-9177

<sup>13</sup> P7\_TA-PROV(2010)0325



## The Case of the Overseas Départements of France

In the context of a Europe that developed from the need for peace and economic prosperity, the DOMs, even though an integral part of this developing European Community, were literally “outliers”, thousands of kilometres away and in very different biogeographical contexts.

Thus when the Birds Directive (1979) was discussed and difficult negotiations took place over which species should be on Annex II/II (the list of huntable species), the tropical biodiversity of Europe was not included, and this legislation was restricted to the Palearctic Region.

The preoccupation in the DOMs was with economic and social development. In 1985 the president of the Region of Reunion Island, Paul Verges, was able to convince the European Parliament of the specific nature of the outermost regions (Guadeloupe, Martinique, French Guiana, Reunion Island), characterised by their distance from continental Europe and other permanent handicaps such as being islands subject to tropical climates. A resolution prepared for the European Parliament which was finally adopted in 1987 and in 1989, a programme taking into account the distance from Europe and their insularity was produced concerning the 4 overseas departments of France (*POSEIDOM Programme d'Option spécifique à l'Eloignement et à l'Insularité des Départements d'Outre-Mer*). After Spain and Portugal joined the EC, this support was extended to the Canary Islands POSIECAN and the Azores and Madeira POSIEMAD.

The Regional Policy of Europe has insured that the DOMs have been eligible for Objective 1 level of structural funds, i.e. the maximum funding possible which aims to redress the differences in development between different regions of Europe. Eligibility for Objective 1 level of funding is based on the per capita GDP, <75% of the European average. Over the years, the control of this European funding has declined, and there is no eco-conditionality. The Environment axis of the Regional Programme is essentially funding waste and water treatment, and development of individual solar energy. Even the highly questionable project in the Reunion Island of the transferral of water from the wet side of the island to the dry side is included under this axis. In the funding period 1994-1999 it was estimated that 0.4% of the Environment axis was earmarked for projects dealing with habitats and species.

The Commission has a responsibility to withhold funds if projects prove damaging to the environment. This is rarely applied in continental Europe, and certainly never in the DOMs.

In comparison the LIFE funds for 1994-1999 were 350 million euros for the whole of the EU. The CAP applies in the DOMs. However, it is criticised for supporting colonial style agriculture, for export, using techniques which are unsuitable for the physical conditions of these regions. As a result food there is costly. To justify the continuation of the sugar cane production, highly subsidised under the CAP, biofuel production is put forward. This policy, based on the (unproven) assumption that it assists the fight against climate change, leads to further use of natural habitats for agriculture.

Although neither the Birds Directive nor the Habitats Directive are applicable in the DOMs of France, Important Bird Areas recognised by the European Commission as the shadow list for SPAs under the Birds Directive have been identified at a level of global importance for all the DOMs, and for all the TOMs of France.

In the EU Biodiversity Action Plan (2006), the idea of developing a nature directives-type approach (voluntarily and as a national initiative) for priority sites and species in DOMs was proposed for the first time (A1.5.1 ACTION: Apply nature directives-type approach for valued sites and species in those EU Outermost Regions not covered by nature directives).

The European Commission's interim report on the Biodiversity Action Plan (2008) noted that EC nature legislation does not apply to most of the Overseas Countries and Territories (OCTs) and Outermost Regions (ORs) of the EU Member States, which host some of the richest biodiversity hot-spots on the planet.

At the conference in Reunion Island, during the French Presidency of the EU (July 2008), on biodiversity loss and climate change in overseas entities and islands representatives of OCTs, ORs and Member States undertook to develop voluntary "Natura 2000-like" networks in the OCTs and ORs. Since then, BEST, a voluntary scheme to conserve Biodiversity and Ecosystem Services in overseas countries and Territories in the relevant Member states has been under negotiation in the Commission.





## The Case of the Overseas Countries and Territories (OCT) of Europe

The Overseas Countries and Territories have a range of constitutional relationships with France and Britain, the British Overseas Territories, as formally named, were legislated under the British Overseas Territories Act 2002, whilst the French Territories are *Overseas collectivités territoriales* with the exception of New Caledonia that is a *Sui generis collectivité and Terres Australes et Antarctiques Françaises*; overseas territory of France. They are characterised by having self determining Governments. The UKOTs mostly have elected parliaments or assemblies, apart from the smallest territories such as BIOT or the Sovereign base areas that are under direct rule of a Governor or of the military. Similarly the Overseas collectivities *Sui generis collectivité* have locally elected governments, and representation in the French National Assembly, the Senate and the citizens of the *collectivités territoriales* participate in the European elections for French members of the European Parliament

Environmental policies tend to be inconsistent, for example the British Overseas Territories have agreed environmental charters with the UK government laying out guiding principals for environmental management, however these tend to be non prescriptive and non specific, whilst entry in to Multilateral Environmental Agreements also inconsistent, only four of the British Overseas Territories are signatories to the Convention on Biodiversity (CBD) and accordingly only four have Biodiversity Action Plans, whilst 12 are signatories to the Ramsar Convention, not all signatories have designated Ramsar sites.

At this time EU environmental policy mechanisms do not extend to the OCTs and the relationship between the EU and the OCTs is more remote (Overseas Association Decision currently under review) than with the DOMs. The OCTs do benefit from accessing a number of funding instruments, however environment and biodiversity do not feature prominently as a beneficiary of the funding.

The 12 UK, 6 French, 2 Dutch and 1 Danish OCTs, have been allocated €286m of European Development Funding between 2008 –2013 (10th EDF). The EDF is development funding with specific allocations for project-based actions, regional cooperation and the strengthening of financial instruments; the allocation for each OCT is guided by the Single Programming Document (SPD). Overall the SPDs tend to be weak on Environmental aspects, with sustainable management of natural resources being peripheral to the strategies. A number of territories receive EDF funding as Budget Support, the principal of this funding being that this will “free up” budgets to fund other sectors, however, without a strong policy framework for biodiversity and

the environment in place in the Territory, conservation is unlikely to benefit from this principal.

Beyond the EDF, support mechanisms appear to be limited, the thematic programme on environment and sustainable management of natural resources, including energy (ENRTP) has funded conservation activities in the New Caledonia and French Polynesia and a recent call prioritises invasive species work with reference to the OCTs. This fiercely contested instrument is open to most developing countries and without allocations specifically for the OCTs, is unlikely to provide consistent biodiversity gain.

It is quite clear that if the loss of biodiversity from the OCTs is to be reduced or halted, then stronger policy mechanisms will be required between European countries and the OCTs, and between the EU and the OCTs, and associated with this, funding instruments that deliver sustainable development and the conservation and sustainable use of natural resources. The expiry of the current overseas association decision on the 31 December 2013 provides this opportunity.

### Progress made so far

**1995** NGOs began publishing articles about the importance of the biodiversity in overseas entities of Europe.


**1998** The importance of the overseas biodiversity of Europe is mentioned in the first EU Biodiversity Strategy.

**2006** In the Route Map for halting the loss of biodiversity for 2010 the France is encouraged to prepare a network of sites in the DOMs.

**2007** LIFE+ Biodiversity is made available to the French DOMs, the first botanical project is accepted is accepted in Reunion Island.

**2008** The conclusions of the Grenelle de l'environnement recommend the identification of a network of sites inspired by the Natura 2000 approach in French overseas departments. The National Forest Office is developing the methodology for the Réseau écologique dans les départements outre-mer (REDOM). This has been tested in French Guiana and Reunion Island.





**2008** Conference on Climate change and biodiversity in the EU overseas entities held in Réunion Island under the French Presidency of the EU was the first conference to bring together the different stakeholders (politicians, technicians and NGOs) of overseas entities and associated islands.

**2008** Message of Reunion: list of points to take forward including a European network of important sites for biodiversity – BEST is initiated (Biodiversity ecosystem services in European overseas territories), but is currently blocked at the Commission level. The issue of funds for work in the overseas entities was discussed, but in practice little has improved since

**2010** The first LIFE+ Biodiversity project on birds, involving several DOMs and local nature protection NGOs and coordinated by the LPO/BirdLife France is accepted for financing.

**2010** The assessment of the EU Biodiversity Action Plan recognises that the biodiversity in the French outermost regions and OCTs is among the richest on the planet, yet EU nature legislation does not apply. And there is a need to reinforce the compatibility of regional and territorial development with biodiversity in the EU through integration, including the French outermost regions.

It is clear that the importance of the role of the environment in the EU and its overseas entities is still not fully recognised. Lobbying of the European Commission, and particularly the European Parliament, by environmental NGOs needs to continue given the weight of the agricultural and industrial lobbies (the publication of the TEEB report<sup>14</sup> may help to put biodiversity next to climate change on the political agenda).



## Bibliography

BirdLife International, 2010. Threatened Birds of the World. Species listings and factsheets downloaded from <http://www.birdlife.org/datazone>.

BOYE, A., BROWN, A., COLLIER, N., DUBIEF, L., LEMOINE, V., LEVESQUE, A., MATHURIN, A., DE PRACONTAL, N. & LE QUELLEC, F, 2009. French overseas départements and territories pp 213-228 in C. Devenish, D. F. Díaz Fernández, R. P. Clay, I. Davidson & I. Yépez Zabala Eds. *Important Bird Areas Americas - Priority sites for biodiversity conservation*. Quito, Ecuador: BirdLife International (BirdLife Conservation Series No. 16).

COLLAR N.J., CROSBY M.J. & STATTERSFIELD A.J. 1994. *Birds to watch 2: the world list of threatened birds*. BirdLife International (BirdLife Conservation series nr 4), Cambridge, UK. 407p

DONALD, P.F, SANDERSON, F.J., BURFIELD, I.J., BIERMAN, S.M., GREGORY, R.D., & WALICZKY, Z. International Conservation Policy Delivers Benefits for Birds in Europe. *Science*: Vol. 317, no. 5839, pp. 810 – 813.

FISHPOOL L.D.C. & EVANS M.I. 2001. *Important Bird Areas in Africa and associated islands: Priority sites for conservation*. Newbury and Cambridge, UK: Pisces Publications and BirdLife International (BirdLife Conservation Series No. 11). 1144 p

GARGOMINY, O., (ed) 2003, Biodiversité et conservation dans les collectivités française d’outre-mer. Collection Planète Nature. Comité français pour l’UICN, Paris, France. 246 p.

SPAGGIARI J, CHARTENDRAULT V & BARRÉ N. 2007. ZICO de *Nouvelle-Calédonie*. SCO/Birdlife International. 213 p

STATTERSFIELD, A.J., CROSBY, M.J., LONG, A.J. & WEGE, D.C. 1998. *Endemic Bird Areas of the World – Priorities for Biodiversity Conservation*. Cambridge, UK : BirdLife Conservation series n° 7. 846 p



<sup>14</sup> [www.TEEB.org](http://www.TEEB.org)

# Les orientations de la gestion de la faune halieutique à la Martinique face à la complexité insulaire

Guillaume LALUBIE, Maurice MONTÉZUME, Francis DAUBA, Thierry LESALES

La Martinique, répondant aux législations françaises et européennes, ne possède jusqu'à ce jour, aucun document de réflexion sur la gestion globale des milieux aquatiques et de la pêche plus particulièrement. Pourtant, il existe une véritable tradition culinaire à consommer certains jours de l'année, les produits de la pêche en rivière (et mangrove). La pêche est cependant pratiquée toute l'année. Elle le fut d'autant plus que, jusqu'aux années 1960 et en milieu rural, la ressource alimentaire fournie par les rivières était une nécessité pour certaines classes sociales. Actuellement, il n'existe pas vraiment de connaissances sociologiques sur la population de pêcheurs en eau douce à la Martinique, ni même sur leurs pratiques halieutiques. L'expérience du terrain permet simplement de constater l'extrême diversité des pêcheurs amateurs en rivière. Ils sont tout autant représentés par un groupe d'enfants le mercredi après-midi que par un binôme semi-professionnel pratiquant intensément ; par un groupe de pêcheurs occasionnels les jours saints, que par un riverain mettant quelques nasses ou casiers, toute l'année, à proximité de sa propriété. Malheureusement aussi, depuis toujours, des pilleurs pratiquent l'enivrage des espèces avec des produits naturels ou toxiques. Les témoignages des pêcheurs sont unanimes : la population halieutique diminue en biomasse comme en diversité. Quel est l'impact des prélèvements sur l'écosystème aquatique terrestre, mais aussi comment réagit la population halieutique face à l'évolution de la pression anthropique ?

Dans l'objectif de répondre à cette problématique, la Fédération Départementale des Associations Agréées de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques (FDAAPPMA) de la Martinique a entrepris de mettre en place un Schéma Départemental de Vocation Piscicole (SDVP) ainsi qu'un Plan Départemental pour la Protection des milieux aquatiques et la Gestion des ressources piscicoles de la Martinique (PDPG).

Ainsi, après avoir exposé les conditions de mise en place des éléments pour l'élaboration de ces documents, il s'agira de présenter ces deux outils : leurs atouts et leurs limites. Enfin, dans une troisième partie, une réflexion sera menée concernant l'adaptabilité nécessaire du SDVP et du PDPG face aux caractéristiques du milieu et du contexte socio-culturel.

## La gestion des milieux aquatiques à la Martinique

### La gestion des eaux : une mosaïque de compétences

A la Martinique, l'Etat est propriétaire du réseau hydrographique. Il possède le lit des cours d'eau et leur droit d'usage. La domanialité des cours d'eau implique que les services de l'Etat sont les gestionnaires du réseau. Les deux grands interlocuteurs sont la Direction de l'environnement (DEAL), concernant la gestion des milieux naturels et des risques, et la Direction de l'agriculture et de la forêt (DAF), pour les usages et la police de l'eau. D'autres services comme la DDE, l'ONF, la DSDS, la DRIRE, la DSV, etc, occupent également des fonctions spécifiques. La MISE (Mission Inter Services de l'Eau) est le guichet unique de ces services à la Martinique. A ces administrations, s'ajoutent les différents services des collectivités locales, dont ceux du Conseil général très présents, et plusieurs organismes qui ont été constitués afin d'assurer une gouvernance locale et une certaine centralisation dans cette mosaïque de compétences (ODE, Comité de bassin).

Depuis les années 2002, la Martinique est dotée d'un document de planification, le SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux, révisé en 2009), qui définit les grandes orientations et les objectifs de la gestion équilibrée des milieux aquatiques. Ce schéma est accompagné d'un programme de mesures qui comprend les actions à mener pour atteindre les objectifs définis. Sur une échelle moins vaste que le SDAGE, un contrat de rivière (bassin versant de la rivière du Galion) et deux contrats de baie (baie de Fort-de-France et baie du Marin) proposent également un programme d'actions cohérentes pour l'ensemble du périmètre hydrographique, afin de préserver et valoriser au mieux ces milieux aquatiques.



## Intégration de la pêche dans la gestion des milieux aquatiques

Il a fallu la révélation de la contamination par les pesticides de plusieurs écosystèmes du territoire, dont ceux des milieux aquatiques, pour que la pêche soit régie de manière réglementaire. Elle fait l'objet d'une interdiction totale par arrêté préfectoral n° 09-03540 du 25 septembre 2009. Cependant, les éléments étaient mis en place depuis plusieurs années afin d'assurer la mise en œuvre de dispositions réglementaires. La Fédération Départementale des Associations Agréées de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques (FDAAPPMA) de la Martinique a en effet vu le jour à la fin des années 1990. En principe, son but est de regrouper les différentes associations adhérentes et de coordonner leurs activités. Elle assume également des missions de coordination des actions de mise en valeur piscicole et d'aménagement des milieux. Pour les autorités, elle joue un rôle consultatif et de proposition dans la gestion des ressources halieutiques et possède un droit de surveillance de l'application de la loi à toutes les eaux entrant dans son champ de compétence. Enfin, elle devrait collecter le produit de la taxe piscicole, cependant, la pratique encore non structurée et traditionnelle de la pêche, sans obligation d'adhérer à une association de pêcheur, n'a pas permis d'instaurer le versement d'une cotisation pêche et milieu aquatique. La FDAAPPMA fédère en tout quatre associations de pêche (AAPPMA).

Les associations agréées de pêche et de protection des milieux aquatiques (AAPPMA) sont créées pour assumer des missions étendues de protection, de mise en valeur et d'éducation concernant les milieux aquatiques. Elles développent la pêche amateur et de loisir en luttant contre le braconnage et les pollutions des eaux. Elles devraient détenir et gérer les droits de pêche, s'ils étaient mis en place. Un lot de pêche a été attribué à chaque AAPPMA, réparti selon un découpage géographique du territoire : Nord caraïbe, Nord atlantique, Centre et Sud (figure 1). En raison de l'exigüité du territoire, les AAPPMA devraient procéder à un accord en réciprocité de leurs droits de pêches. Sans taxe piscicole, les AAPPMA de la Martinique, tout comme la FDAAPPMA,

ne possèdent actuellement pas de réel budget de fonctionnement et leurs actions, qui ne relèvent exclusivement que du volontariat, ne peuvent être que très ponctuelles.

Jusqu'à peu, la DAF était théoriquement en charge de la police de la pêche à la Martinique, mais elle ne possédait pas de service spécialisé. Dans l'optique de la mise en place d'une réglementation, des agents de l'ONEMA (Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques) interviennent maintenant sur le territoire pour assurer la police de l'eau et de la pêche. Pour la pêche, ils peuvent être soutenus par des agents de l'ONCFS (Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage), de l'ONF (Office National des Forêts), les OPJ (Officiers de Police Judiciaire) et des policiers municipaux prévus à cet effet.

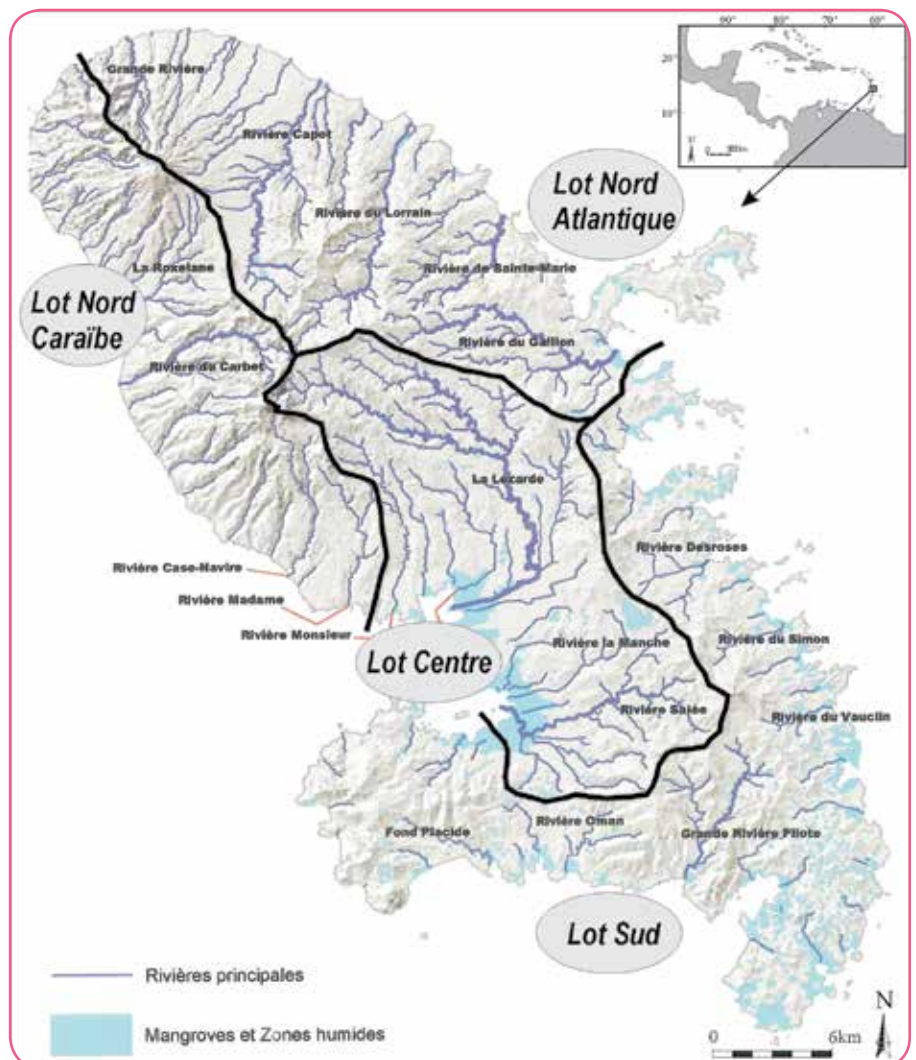


Figure 1. Le réseau hydrographique et les quatre lots de pêche possibles de la Martinique (Fond de carte: SIG972)



## Des connaissances halieutiques lacunaires

Ce n'est réellement qu'après les années 1950, que des études scientifiques sur la systématique des poissons et crustacés d'eau douce dans des Antilles françaises ont été entreprises. Elles concernaient essentiellement la Guadeloupe (Bauchot M.L., 1958; Lévêque C., 1974; Carvacho A. *et al.* 1976; Therezien Y. *et al.*, 1978; Starmühlner F. *et al.* 1983; Hostache G., 1977, 1992; Fievet E. 1999).

A la Martinique, aucune étude globale et synthétique n'avait été publiée. Dans le cadre de l'élaboration du SDAGE par le Comité de bassin, à l'initiative de la DIREN, une série d'inventaires et de descriptions des milieux aquatiques d'eau douce a été réalisée entre 1994 et 1997 par l'INP-ENSA de Toulouse (Institut National Polytechnique-Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie). Ces campagnes ont abouti à plusieurs rapports (LIM P. *et al.* 1995, 1997), à la mise en place d'un réseau de suivi des populations dulçaquicoles (réseau DCE depuis 2005), mais également à la réalisation de l'atlas des poissons et crustacés d'eau douce à la Martinique (Lim P. *et al.*, 2002), qui fait office d'ouvrage de référence.

Dans l'objectif d'un support à la réalisation du SDVP et du PDPG, mais également afin d'avoir une idée sur l'évolution des populations halieutiques, la DIREN et l'ODE ont commandé une actualisation de l'état des lieux de l'environnement piscicole de la Martinique à un bureau d'étude (Asconit). Cette étude très fournie comporte un nouvel inventaire piscicole (Asconit, 2008a), mais surtout deux points originaux: l'analyse des habitats piscicoles (Asconit, 2007a), et un volet socio-environnemental (Asconit, 2007b). Dans l'optique du SDVP, cette étude offre tout un catalogue de propositions d'orientations générales (Asconit, 2008b), qu'il convient d'adapter aux réalités martiniquaises, afin de réaliser un outil de gestion en phase avec les utilisateurs des cours d'eau.

La gestion de la pêche, dans le cadre d'une vision nécessairement globale, demande un regard pluridisciplinaire. L'ensemble des études hydro-géomorphologiques, hydrobiologiques, écologiques, biogéographiques, à la Martinique comme ailleurs dans la région doivent être intégrée à la réflexion. Cependant, le constat de manque de connaissance dans la biologie et les nécessités environnementales des espèces halieutiques présentes en Martinique est d'ores et déjà identifié (Asconit, 2007a). Une actualisation de la bibliographie internationale pourra peut-être, à ce titre, apporter des compléments d'information. En effet, toute gestion biogéographique ne doit sa performance et son acceptation unanime qu'en se basant sur des arguments biologiques et écologiques fermes. Le SDVP aura à ce titre la nécessité d'identifier et de hiérarchiser les manques de connaissances bio-écologiques qu'il serait pertinent de combler.

Une fois l'ensemble des structures en place, les inventaires halieutiques effectués et les caractéristiques environnementales établies, il était alors possible d'envisager la réalisation du SDVP avec pour objectifs final établir une réglementation de la pêche en eau douce et d'établir un programme d'actions : le PDPG.

## Le SDVP, outil majeur de gestion de la pêche

S'il existe une véritable inadéquation entre la réglementation de la pêche métropolitaine (mesures d'encadrement de la pêche du code rural) et les pratiques halieutiques locales, le cadre législatif français et européen, comme certaines structures métropolitaines demeurent actuellement les appuis de la gestion des milieux aquatiques martiniquais (figure 2).

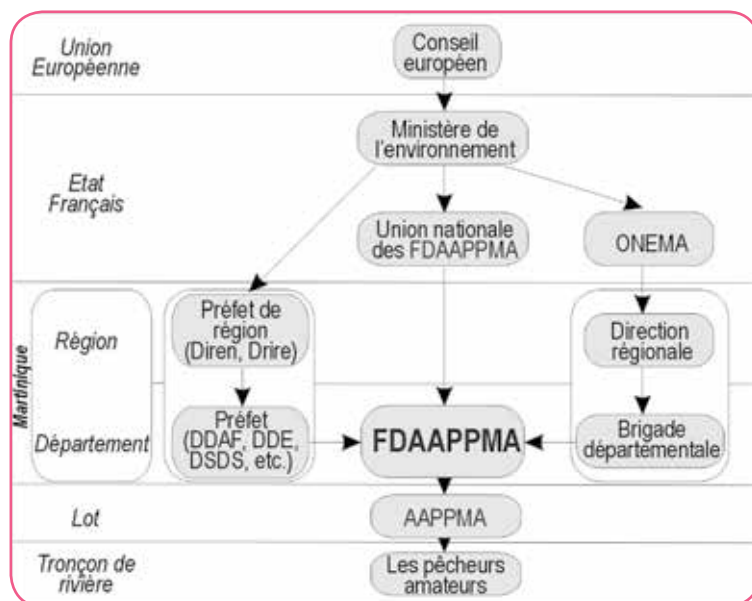


Figure 2. L'organigramme de la pêche en eau douce (G. Lalubie *et al.*)



## La pêche sous un cadre législatif conduisant au SDVP

L'usage, la gestion des cours d'eau en général et la pratique de la pêche, plus particulièrement, sont régis globalement par deux textes européens donnant lieu à des textes français, ainsi que par la loi pêche de 1984 et la loi sur l'eau de 1992, modifiée en 2006 (*tableau 1*). Ces deux dernières s'appuient essentiellement sur le code rural (1898) et le code de l'environnement (2000).

**Tableau 1.** Les grands textes législatifs de la gestion des eaux et des milieux aquatiques

| Cadre    | Intitulé de la loi              | Référence (Asconit, 2008b)   | Objet   |
|----------|---------------------------------|--|---|
| Européen | DCE (Directive Cadre sur l'Eau) | 2000/60/CEE<br>(France: n° 2004-338 du 21/04/2004)                                     | Bon état de toutes les eaux                             |
| Européen | ERU (Eaux Résiduaires Urbaines) | 91/271/CEE<br>(France: décret n° 94-469 du 03/06/1994)                                 | Traitement des effluents                                |
| Français | La loi pêche                    | N° 84-512 du 29/06/1984 (Art. L430-1 à L438-2 code de l'env.)                          | Pêche et gestion piscicole en eau douce                 |
| Français | Décret                          | Décret n° 94-157 du 16/02/1994   | Pêche des espèces diadromes (eau douce et eau salée)    |
| Français | Loi sur l'eau                   | N° 92-3 du 03/01/1992 et n°2006-1772 du 30/12/2006 (Art. L210 et suiv. code de l'env.) | Entretiens, prélèvements et rejets: une gestion globale |

La naissance des SDVP intervient avec la circulaire du ministère de l'environnement du 27 mai 1982 (PN/SH n°82/824), qui le définit comme des documents cartographiques de synthèse. Ces schémas départementaux sont officialisés dans la loi pêche de 1984, qui précise également que les FDAAPPMA en seront les maîtres d'ouvrages. Enfin, enrichie des retours d'expérience des premiers SDVP élaborés, la circulaire du 10 décembre 1986 (PN/SH n°86/2920) précise la méthodologie à adopter. A la suite des SDVP, pour assister concrètement les acteurs de la gestion piscicole, les FDAAPPMA élaborent également des PDPG (art. 233-3 du code rural). Le PDPG est la suite logique du SDVP puisqu'il met en œuvre les actions concrètes issues des orientations de ce dernier. Il est composé d'un volet technique de diagnostic et de propositions, mais aussi d'un volet politique dans le choix des actions à mener.

## Le SDVP : plusieurs outils dans un même dispositif

Balisé, le SDVP est un document de synthèse qui constitue un cadre de réflexion orientant et engageant l'action des acteurs de l'eau et, en particulier, du monde de la pêche. Pour appuyer la FDAAPPMA dans ces travaux, un Comité de pilotage,

composé de membres de la commission "milieux aquatiques" du comité de bassin, se réunit régulièrement. Cette commission intègre l'ensemble des services de l'Etat, les deux collectivités territoriales, les AAPPMA et certains professionnels du milieu aquacole ou de l'expertise environnementale. C'est durant ces rencontres que seront proposées et débattues les orientations et les objectifs de ce du SDVP. Ce dernier se présente sous la forme d'un rapport et de différents documents cartographiques. Le rapport principal comprend trois volets : un état des lieux de l'environnement piscicole qui met en valeur les mécanismes de différenciation des milieux aquatiques ; un diagnostic détaillé relatifs aux potentialités piscicoles ; une synthèse des orientations et des objectifs à moyen terme, en matière de gestion des milieux, tant sur le plan de la préservation, de la restauration que de leur mise en valeur.

Mais, le SDVP est avant tout un outil cartographique. Il comprend un SIG SDVP (Système d'Information Géographique), lequel contient une base de données spécifique reprenant l'ensemble des informations brutes ou interprétées, collectées sur l'eau ainsi que celles du SDVP et du PDPG. Facilement actualisable, c'est un outil qui répond assez bien aux besoins de la police de l'eau. Tiré du SIG SDVP, un atlas cartographique est produit, comportant des cartes de synthèses reprenant les thèmes de la qualité des eaux, des régimes hydrologiques, des milieux naturels, des peuplements piscicoles, mais également du volet socio-économique (outils de gestion, loisirs, tourisme...). Selon la pertinence, les cartes seront aux échelles du département, du bassin versant ou de certains sous bassins versants.

L'aboutissement de la réalisation du SDVP Martinique sera la finalisation du document de réglementation de la pêche, dont plusieurs versions ont déjà été proposées depuis 1999. Au même titre que les orientations et les objectifs du SDVP, la proposition de réglementation sera soumise à concertation au comité de pilotage, tout au long de sa procédure d'élaboration.



## Le PDPG: les actions concrètes du SDVP

Dans les départements français, les PDPG ont été entrepris environ une décennie après la réalisation de leur SDVP. Ce fut l'occasion d'actualiser à la fois l'état des lieux et le diagnostic de l'environnement piscicole effectués pour le SDVP. Le PDPG Martinique s'appuiera, quant à lui, sur l'état des lieux et le diagnostic réalisé pour le SDVP Martinique. Le PDPG est un document technique qui permet : de définir des modes de gestion adaptés aux contextes locaux et à leurs peuplements piscicoles; d'identifier et d'apprécier les actions à mener afin d'atténuer l'impact des facteurs limitant les fonctionnalités des milieux; d'établir une méthodologie d'évaluation des résultats. Ces actions se limitent à celles qui sont techniquement et financièrement réalisables à moyen terme (5 ans). Elles peuvent être vues comme la déclinaison précise et concrète du programme de mesures des SDAGE.

Le document comporte également un tableau de synthèse permettant, d'une part, de visualiser l'ensemble des orientations définies dans le SDVP et les actions à entreprendre cours d'eau par cours d'eau et, d'autre part, de repérer facilement les interventions et les secteurs prioritaires. Les données du PDPG seront intégrées aux SIG.

Le SDVP et sa déclinaison plus technique, le PDPG, sont des outils cohérents de gestion de la biodiversité des milieux aquatiques d'eau douce. Voulant structurer la pêche en rivière, la Martinique se devait de réaliser de tels documents. Toutefois, au même titre qu'à la Réunion, ces documents doivent être adaptés aux espèces tropicales, aux conditions environnementales et aux pratiques traditionnelles.

## Un SDVP/PDPG à la carte

Si les SDVP et les PDPG sont des documents cadrés (CSP, 1996), il n'en demeure pas moins que de relatives disparités existent entre les différents départements. Elles sont liées bien entendu aux caractéristiques naturelles variées, mais aussi aux moyens techniques et financiers mobilisés, ce qui répond essentiellement d'une volonté politique. De même, la variabilité des acteurs locaux et des intervenants dans la réalisation de ces outils contribue aussi aux différences de forme.

### Les spécificités majeures à prendre en compte

L'insularité, la latitude et les pratiques concernant l'utilisation du territoire imposent d'aborder la réalisation du SDVP Martinique avec une approche ouverte, sans orientation et conclusion prédéfinie. La superficie et le relief de la Martinique n'ont pas permis le développement de grands bassins versants (*figure 1*). Les peuplements halieutiques dans ces cours d'eau de quelques kilomètres à quelques dizaines de kilomètres de long sont en relation étroite avec le monde marin dans sa diversité : les différentes natures de bande côtière, les fonds de baie, les lagons, etc. Les connaissances concernant les phases marines de ces espèces sont très parcellaires. Avant d'arriver en mer, il existe une bande interfacique qui joue un rôle fondamental dans le cycle biologique des espèces (*figure 3*). Ces espaces, où les eaux se mélangent, correspondent à des aires de quelques mètres carrés, confinés dans la zone de déferlement à l'embouchure des torrents de la Montagne Pelée ou à des étendues de plusieurs kilomètres dans la mangrove de la Baie de Fort-de-France. Même si elles appartiennent au domaine maritime, ces eaux saumâtres devront être intégrées au SDVP, dans le sens où elles sont indissociables du fonctionnement des écosystèmes d'eau douce.

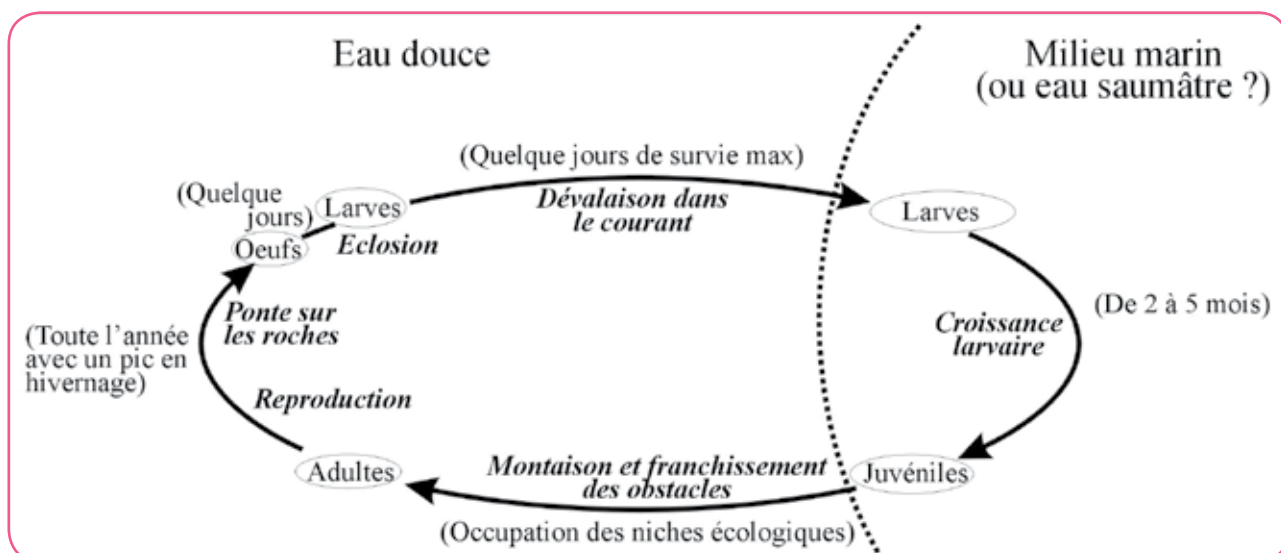


Figure 3. Le cycle biologique des espèces amphidromes (Fiévet E., 1999)



De même, la présence de pesticides dans les milieux aquatiques et dans les tissus organiques de la biocénose est un facteur primordial, impactant la gestion de la pêche. Les résultats alarmants de concentration sur une large majorité des prélèvements ont conduit à la fermeture totale de la pêche en rivière en 2009 et de celle dans certaines baies. Cependant, il est important de ne pas renoncer, mais plutôt de réfléchir aux alternatives de gestion, en fonction de l'état d'avancement des connaissances sur la contamination. Ainsi, si le SDVP Martinique sera en se sens une des étapes intermédiaires dans ce défi ; ce document de réflexion pourra également être une contribution à la problématique de la contamination des autres milieux. La demande d'information sur le sujet est importante, bien au delà du monde de la pêche, et elle devra être utilisée comme un levier pour favoriser le lien entre les textes réglementaires et les pratiquants.

Les SDVP interviennent en métropole à la suite d'une cinquantaine d'années de concertation entre les usagés, les scientifiques et les gestionnaires de la pêche (professionnelle ou de loisir). Cette culture de la concertation et de la réglementation n'a pas cette expérience à la Martinique, où, en milieu rural, la pêche traditionnelle servait à subvenir à ses besoins alimentaires jusque dans les années soixante. L'absence de processus de murissement lent au cours du temps compliquera la gestion de la pêche et notamment le respect de la réglementation. Cette contrainte devra limiter l'ambition d'une réglementation trop contraignante et trop complexe dans un premier temps. Pour les mêmes raisons, nous avons vu précédemment que les connaissances biologiques et écologiques des espèces peuplantes sont restreintes. Le SDVP tout comme le PDPG devront toujours préciser les limites de leurs conclusions et auront également de ce fait la charge d'établir des stratégies de recherche afin d'éviter les études éparpillées et redondantes.

Les conditions d'élaboration du SDVP/PDPG méritaient donc une vision pluridisciplinaire avec des spécialistes des milieux martiniquais. La fédération a structuré une organisation qui, avec l'aide et les compétences de nombreux partenaires, permet de mener ce projet (figure 4).

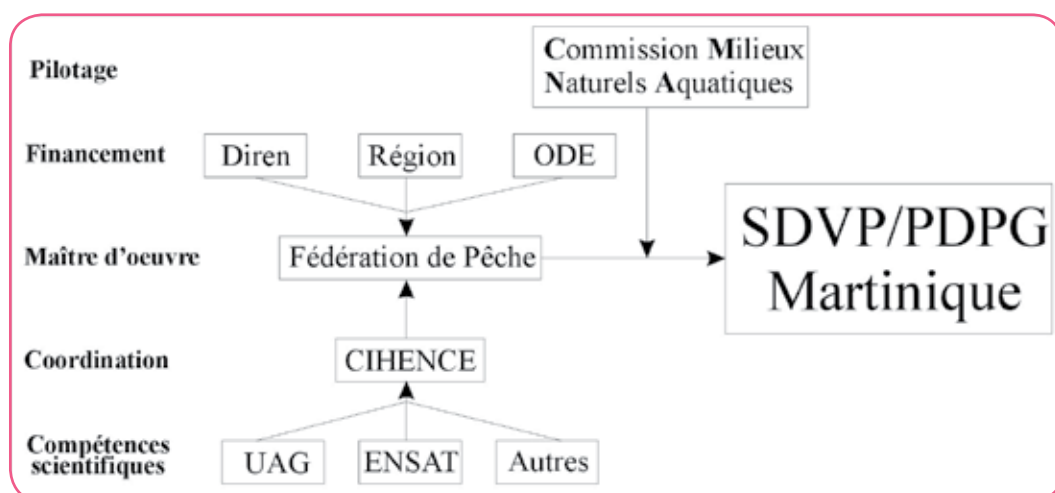


Figure 4. L'organigramme de la réalisation du SDVP/PDPG (G. Lalubie et al.)

## Organisation du SDVP/PDPG

Soucieux de réaliser un document adapté aux caractéristiques martiniquaises et ayant une approche globale et systémique, la fédération a sollicité la coopération de trois spécialistes dans des sphères disciplinaires aux interactions étroites (figure 5): l'hydro-géomorphologie s'intéressant à l'eau et au substrat, en mouvement ou pas ; l'ichtyo-écologie s'occupant des caractéristiques des organismes vivants aquatiques et rivulaires et de leurs relations ; la biogéographie analysant les liens entre le milieu naturel dans sa globalité et les perturbations anthropiques. La réflexion croisée de ces trois champs disciplinaires, prenant en compte l'ensemble des éléments jouant un rôle explicatif sur la faune halieutique et les réalités martiniquaises est une approche nouvelle à la Martinique qui pourrait mener à des conclusions innovantes.

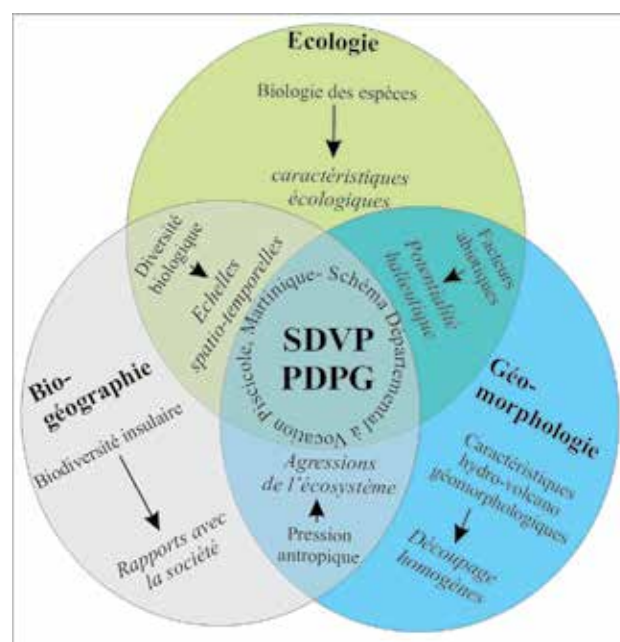


Figure 5. Les trois pôles de réflexion englobant le SDVP Martinique (G. Lalubie et al.)

Elle est également en accord avec l'esprit global des SDVP/PDPG et en phase avec le complet état des lieux de l'environnement piscicole de la Martinique (Asconit/Impact mer, 2005; Asconit, 2007 et 2008). Cette approche systémique aboutira à une réelle gestion globale et durable des écosystèmes aquatiques martiniquais.

En partant des documents de références existants, l'élaboration du SDVP et du PDPG nécessite une organisation structurée, comportant un ordre logique des tâches et des étapes intermédiaires pour conduire aux différents documents qui constituent ces deux outils (figure 6). Afin d'aboutir aux orientations et aux objectifs du SDVP, les informations de référence convergent vers le cœur de la réflexion interdisciplinaire (figure 5), où elles y sont traitées.

De ce diagnostic, divergent les multiples analyses croisées et conclusions afin de produire les documents de synthèse et les documents cartographiques recommandés. Ces derniers contiendront ainsi des éléments de gestion qui auront une portée différente de la réglementation également mise en place.

### Le SDVP ne sera pas seulement un outil de réglementation

Si le SDVP devra aboutir à une réglementation de la pêche en rivière à la Martinique, ce n'est pas son unique finalité. Pour devenir des outils concrets d'aide à la décision, les orientations et les objectifs du SDVP

devront être hiérarchisés par ordre de priorités et être adaptés aux caractéristiques environnementales, sociales et culturelles de la Martinique. Les documents du SDVP et du PDPG pourront ainsi proposer plusieurs scénarios dont le choix serait conditionné par l'évolution de la connaissance scientifique. C'est pourquoi, le SDVP sera un outil scientifique centralisateur des données sur l'eau et les milieux aquatiques, en accord avec la mission d'observatoire entreprise par l'ODE. Cette vision scientifique globale autorisera de proposer les champs d'étude opportuns à entreprendre. Ces orientations de recherche auront pour objectifs de répondre aux interrogations scientifiques pour la gestion des milieux, mais aussi de répondre aux attentes sociales. La contamination par les pesticides en est une et le SDVP, comme le PDPG sera une contribution à cette problématique bien plus générale que la pêche en rivière. Ces schémas ne résoudre pas les problèmes, mais ils s'inscrivent dans la réflexion collective sur la nécessité de s'adapter aux modifications des conditions environnementales. En cela, les SDVP, comme le PDPG, prévus pour 5 ans seront des documents à actualiser et à perfectionner dans le temps. Enfin, le SDVP fut et continuera d'être un élément structurant et de développement de l'activité pêche de loisir en fédérant les acteurs autour d'un ambitieux projet global.

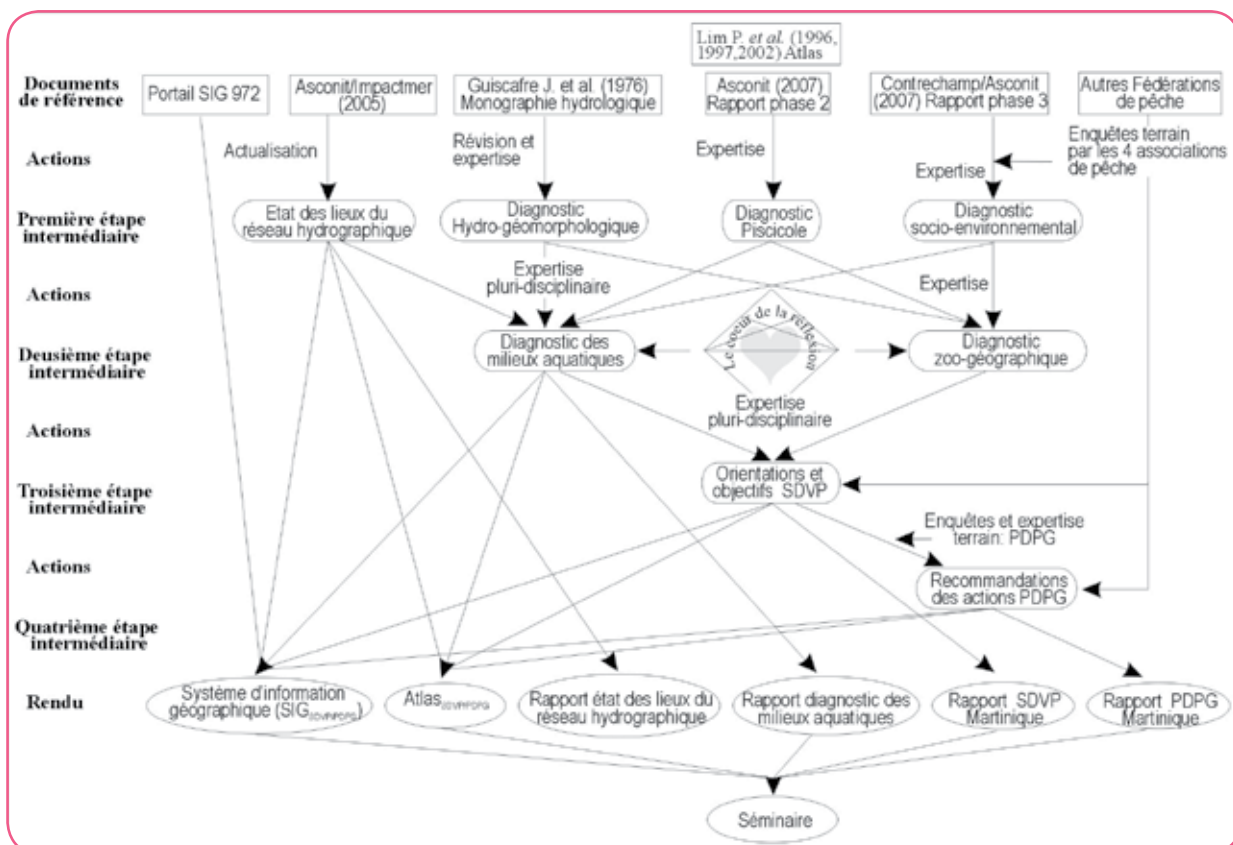


Figure 6. La structure de l'élaboration des documents du SDVP/PDPG de la Martinique (G. Lalubie et al.)



## Conclusion

Depuis une dizaine d'années environ, les éléments se mettent en place pour organiser et réglementer l'activité pêche de loisir à la Martinique dans le but d'une gestion durable de la biodiversité des milieux aquatiques d'eau douce. Cependant, l'insularité, l'état de la connaissance scientifique et l'absence d'expérience dans l'organisation de la pêche ne permettent pas de transposer machinalement les textes réglementaires. Il convient d'adapter les outils de gestion aux caractéristiques locales. Le SDVP et le PDPG interviennent dans un contexte difficile de contamination des milieux par les produits phytosanitaires, ayant entraîné la fermeture totale de la pêche. Ces outils de planification devront ainsi être également une plate forme de réflexion sur cette problématique.

Dans l'objectif de la réalisation de ces outils, la filière pêche se structure. Cependant, l'efficacité de tels documents ne sera réellement mesurable que si une volonté politique accompagne les prescriptions et met en œuvre les actions recommandées. Cet article exposant les objectifs et les orientations du SDVP/PDPG Martinique s'inscrit dans un plan de communication indissociable de la réussite de tels outils de gestion.

## Remerciements

La Fédération de pêche et les auteurs remercient chaleureusement la DIREN, l'ODE et la Région Martinique pour leur soutien financier, ainsi que les Associations de Pêche pour leur aide à ce projet. Ils sont également reconnaissants envers les socioprofessionnels ayant contribué à enrichir cette réflexions.

## Bibliographie

Asconit/Impactmer, 2005, *Etat des lieux du district hydrographique de la Martinique*, Fort-de-France, Rapport Diren, 3 Tomes et Atlas, 334 p.

Asconit, 2007a, *Etat des lieux de l'environnement piscicole de la Martinique. Phase 1: caractérisation du réseau hydrographique*, Fort-de-France, Rapport Diren/ODE, 129 p. + annexes.

Asconit, 2007b, *Etat des lieux de l'environnement piscicole de la Martinique. Phase 3: volet socio-environnemental*, Fort-de-France, Rapport Diren/ODE, 46 p.

Asconit, 2008a, *Etat des lieux de l'environnement piscicole de la Martinique. Phase 2: diagnostic et potentialités piscicoles* - Fort-de-France, Rapport Diren/ODE, 67 p. + annexes.

Asconit, 2008b, *Etat des lieux de l'environnement piscicole de la Martinique. Phase 4: définition d'orientations et de scénarios stratégiques*, Fort-de-France, Rapport Diren/ODE, 39 p. + annexes.

BEAUCHOT M.L., 1958, "La faune ichtyologique des eaux douces antillaises", *C.R. Acad. Sci*, 19 (2/59) - 20 p.

CARVACHO A., CARVACHO C., 1976, "Une clé illustrée pour la détermination des crevettes d'eau douce de la Guadeloupe", *Nouv. Agron. Antilles-Guyane*, 2 (3), 211-219.

Conseil Supérieur de la Pêche, 1996, *Prise en compte des milieux aquatique dans les SAGE: Les SDVP*, Guide technique, Ministère de l'environnement/Agence de l'eau/CSP, 29 p.

FIEVET E., 1999, *Crevettes (Decapoda: Caridea) et poissons amphidromes des cours d'eau aménagé de la Guadeloupe: exemples de relation dynamique aval-amont* - Ph. D., Univ. Lyon 1 - 280 p.

GUISCAFRE J., KLEIN J.C., MONIOD F., 1976, *Les ressources en eau de surface de la Martinique*, Fort-de-France, ORSTOM, 212 p. + données et cartes.

HOSTACHE G., 1977, *Contribution à l'étude des crevettes d'eau douce de la Guadeloupe*, Pointe-à-Pitre, Rapport INRA, 112 p.

HOSTACHE G., 1992, *La vie dans les eaux douce de la Guadeloupe: poissons et crustacés*, Basse-Terre, Parc National de la Guadeloupe, 84 p.

LÉVÊQUE C., 1974, "Crevettes d'eau douce de la Guadeloupe", *Cahier de l'ORSTOM*, sér. Hydrobiol., 8 (1), pp. 41-49.

LIM P., DAUBA F., 1995, *Etude faunistique des rivières martiniquaises*, Fort-de-France, Rapport Diren/ENSAT, 216 p.

LIM P., LEK S., SEGURA G., 1997, Etude des peuplements de poissons et de crustacés de la Rivière capot et ses affluents Fort-de-France, Rapport Diren/ENSAT - 76 p + annexes.

LIM P., MEUNIER F.J., KEITH P., NOËL P.Y., 2002, "Atlas des poissons et des crustacés d'eau douce de la Martinique", *Patrimoines Naturels*, 51, 120 p.

STARMÜHLNER F., THEREZIEN Y., 1983, "Résultats de la mission hydrobiologique austro-française de 1979 aux îles de la Guadeloupe, de la Dominique et de la Martinique (Petites Antilles)", *Ann. Naturhist. Mus. Wien.*, 85/B, pp. 171-262.

THEREZIEN Y., PLANQUETTE P., 1978, "Faune ichtyologique et carcinologique des eaux douces des Antilles françaises", *Publ. Labo. Hydrobio.*, CRA Ant. franç. et Guy., INRA Guadeloupe, pp. 1-24.



*Iguane des Petites Antilles - DEAL Martinique*

# TÉMOIGNAGES



# Le plan national d'actions de l'iguane des Petites Antilles 2010-2015

Caroline LEGOUEZ

L'iguane des Petites Antilles (*Iguana delicatissima* Laurenti, 1768) est une des espèces de reptiles les plus menacées dans le monde (Case *et al.* 1992 ; Taboada 1992). Reconnu en danger par l'UICN fin 2009, cet iguane endémique des Petites Antilles est réparti historiquement depuis Anguilla au nord jusqu'à la Martinique au sud, en passant par les îles de Saint-Martin, Saint-Barthélemy, Saint-Eustache, Basse-Terre, Grande-Terre, la Désirade, les îles de la Petite-Terre, les îles des Saintes et la Dominique (Dunn, 1934 ; Underwood, 1962 ; Lazell, 1973 ; Breuil, 2002 ; Pasachnick *et al.*, 2006).

L'état démographique et la vulnérabilité des populations sont variables selon l'île considérée. Ainsi, la Dominique et la Désirade abritent d'importantes populations dont les effectifs seraient estimés à plusieurs milliers d'individus (Alberts, 2000) mais aucun dénombrement standardisé n'a été appliqué à ces îles. Les îles de la Petite-Terre, au large de la Guadeloupe, possèderaient la population, sinon la plus importante en effectif, du moins celle présentant la densité la plus élevée (Breuil, 1994 ; Breuil *et al.*, 1994 ; Barré *et al.*, in AEVA, 1997). L'îlet Chancel (Martinique) abrite une population d'environ 900 iguanes (Legouez, 2007). En revanche, l'iguane des Petites Antilles est menacé sur Grande-Terre, Basse-Terre et l'archipel des Saintes pour la Guadeloupe ainsi qu'à Saint-Martin (Breuil et Thiébot, 1994 ; Breuil et Sastre, 1993 ; Breuil *et al.*, 1994 ; Breuil *et al.*, 2007). La Martinique, quant à elle, hébergerait des petites populations éparées dans les forêts montagneuses du Nord de l'île mais leur vulnérabilité n'a pas été démontrée.

La protection des populations d'iguanes des Petites Antilles fait partie des responsabilités assurées par l'État. En plus des actions des Orientations Régionales de Gestion et de conservation de la Faune sauvage et de ses Habitats (ORGFH) en faveur de cette espèce, l'Etat a initié lors du Conseil National pour la Protection de la Nature du 25 avril 2006, la mise en place d'un plan national d'actions commun aux régions de la Martinique et de la Guadeloupe ainsi qu'aux deux collectivités de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy. Cette dernière n'ayant pas encore exprimé la volonté d'intégrer cette démarche nationale n'est pour le moment

pas prise en compte dans la mise en oeuvre d'actions spécifiques.

Le plan national d'actions a pour objectifs de définir et de mettre en oeuvre des actions coordonnées, à court, moyen et à long termes, pour la conservation de l'espèce et de ses habitats aux Antilles françaises. Cette démarche s'appuie sur un diagnostic préalable de la situation passée et actuelle et fait état des actions à mettre en oeuvre dans les trois domaines que sont la protection, l'étude et la communication.

## Présentation de l'iguane des Petites Antilles

### Description générale - aspect de la biologie et de l'écologie

#### Diagnose

Reptile de la famille des Iguanidés, une des deux espèces du genre *Iguana*, l'iguane des Petites Antilles présente un dimorphisme sexuel à l'âge adulte. Chez les mâles dominants adultes, le corps est marron-gris à gris foncé (*cliché 1*).



Cliché 1. Mâle *Iguana delicatissima* (DIREN Martinique)





La femelle adulte est verte (*cliché 2*) et devient marron en vieillissant. Quand les mâles sont sexuellement actifs, les joues deviennent rosées, les écailles occipitales charnues développent une légère couleur bleue et les pores fémoraux sont nettement développés. La longueur totale (LT) d'un iguane des Petites Antilles n'excède pas 140-150 cm chez les mâles et 130 cm chez les femelles (Breuil, 2002). Le poids des mâles peut atteindre 3,5 kg et celui des femelles 2,7 kg quand elles sont gravides (Reichling, 1999 ; Day *et al.*, 2000 ; Breuil, 2002).



**Cliché 2.** Femelle *Iguana delicatissima* (DIREN Martinique)

Les nouveau-nés et les juvéniles sont vert pomme (*clichés 3 et 4*). Chez les deux sexes, la coloration de la tête s'éclaircit jusqu'à ce qu'elle soit blanchâtre et le corps reste vert uni.



**Cliché 3.** Nouveau-né *Iguana delicatissima* (ONCFS Martinique)



**Cliché 4.** Juvénile *Iguana delicatissima* (ONCFS Martinique)

### Utilisation des habitats

occupe les régions côtières du Nord des Petites Antilles, du niveau de la mer jusqu'à 300 m d'altitude (Lazell, 1973), voire 400 m dans le Nord de la Martinique (Tanasi, comm. pers. Breuil, février 1999). Principalement arboricole, l'espèce habite les broussailles sèches, les forêts littorales (îles de la Petite-Terre), les ravines humides bordées d'arbres (manguiers, poisdoux...) coupant les bananeraies (côte au vent de la Basse-Terre) et la mangrove d'arrière plage, même très dégradée (Plage de Cluny (Basse-Terre), Dominique, Martinique, Saint-Martin). Sur les îles sèches (La Désirade, Petite-Terre, l'îlet Chancel), elle affectionne les zones boisées (bois à poiriers et mancenilliers, mapous et gaïacs (Breuil et Thiébot, 1994 ; Breuil, 1994 ; Barré *et al.*, 1997 ; Breuil, 2002).

Les iguanes des Petites Antilles sont relativement groupés dans les milieux arides alors qu'ils sont plus dispersés dans les forêts humides où ils semblent exclusivement arboricoles. Sur les falaises littorales, les iguanes sont fréquemment au sol. Ils se cachent parfois dans d'anciens nids ou dans les fissures des rochers. Dès l'émergence du nid, les nouveau-nés se dispersent dans la végétation environnante. Avec les jeunes, ils exploitent la végétation basse et dense qui leur offre une protection, des places pour les bains de soleil et une grande diversité de nourriture (Breuil, 2002). Par ailleurs, les iguanes ont des capacités natatoires importantes (*clichés 5 et 6*).



**Cliché 5.** Un iguane mâle en train de nager à l'îlet Chancel (ONCFS Martinique)



**Cliché 6.** Un iguane femelle en train de nager à l'îlet Chancel (ONCFS Martinique)



### Régime alimentaire

*Iguana delicatissima* est un reptile végétarien généraliste. Son régime alimentaire comprend des feuilles, des fleurs et des fruits d'une grande variété d'arbres et de buissons (poirier *Tabebuia pallida*, mancenillier *Hippomane mancinella*, amourette *Clerodendron aculeatum*, bois couleuvre *Capparis flexuosa*, bois noir *Capparis cynophallophora*, mapou *Pisonia fragrans*, gaïac *Guajacum officinale*, gommier rouge *Bursera simaruba*, palétuvier gris *Conocarpus erecta*...). L'iguane des Petites Antilles permet ainsi la dissémination des graines (Breuil, 2002).

### Reproduction

La maturité sexuelle des femelles est atteinte vers l'âge de trois ans. Les mâles dominants (qui atteignent leur maturité sexuelle plus tard que les femelles) défendent activement un territoire, au moins pendant la période de reproduction. L'iguane des Petites Antilles est une espèce polygame. Le mâle débute sa parade par des hochements de tête destinés à attirer l'attention d'une femelle (Dugan, 1982). L'accouplement dure plusieurs minutes et se répète une dizaine de fois pendant une dizaine de jours.

Neuf à dix semaines après les accouplements, la femelle est prête à pondre. Dans les habitats arides (Petite-Terre, la Désirade), les femelles d'iguanes des Petites Antilles pondent généralement de juin à mi-août (Breuil et Thiébot, 1994 ; Breuil, 2002 ; Barré *et al.*, 1997 ; Lorvelec *et al.*, 2000, 2004a, 2004b, 2007). En revanche, dans des milieux plus humides, par exemple, à la Dominique, deux pontes par an sont envisageables (Day *et al.*, 2000). Sur l'îlet Chancel (Martinique), les premières pontes débutent mi-avril et se poursuivent jusqu'à fin août. Sur le même site de ponte, alors que des femelles pondent encore, il n'est en effet pas rare d'observer les premières éclosions. Les femelles d'iguanes des Petites Antilles parcourent en moyenne 460 m (n = 4, La Dominique) et parfois jusqu'à 900 m (Day *et al.*, 2000 ; Legouez, 2007) pour rejoindre un site collectif de ponte. Dans les terrains sableux, les nids sont formés par un tunnel se terminant dans une chambre où la femelle se retourne (*cliché 7*).



**Cliché 7.** Femelle dans son terrier (ONCFS Martinique)

Dans les terrains rocailleux, les terriers sont souvent plus petits. Un site de ponte favorable est formé d'un substrat meuble, sableux ou argileux, drainé, légèrement pentu, découvert et ensoleillé.

Le nombre d'oeufs pondus est fortement corrélé à la taille de la femelle (Day *et al.*, 2000). Bouton (1640) a noté pour les iguanes des Petites Antilles de la Martinique des pontes comprises entre 20 et 30 oeufs alors qu'en Dominique, le nombre d'oeufs varie d'environ 8 à 18. Les oeufs d'iguanes des Petites Antilles pèsent entre 17 g et 22 g et mesurent environ 45 x 25 mm (n = 25, mesures prises sur des oeufs de Martinique fraîchement déterrés par d'autres femelles). Day *et al.* (2000) ont indiqué une moyenne de 25 g pour des oeufs de la Dominique.

Des observations ponctuelles suggèrent une durée d'incubation naturelle de trois mois (Day *et al.*, 2000) pour l'iguane des Petites Antilles. Les éclosions durant la saison des pluies coïncident avec le développement de la végétation nécessaire à l'alimentation des nouveau-nés. A la naissance, la longueur totale d'un iguane des Petites Antilles (de l'îlet Chancel) varie entre 225 et 245 mm pour une taille corporelle (LV) comprise entre 67 et 75 mm et un poids d'environ 15 g (Legouez, 2007). Le premier jeune né en captivité (20 g, LV = 75 mm à l'éclosion) provient d'un oeuf ayant été incubé 73 jours à 31°C au Jersey Wildlife Preservation Trust (Reichling, 2000). Des études précises sur la longévité sont en cours depuis 1993 et des observations fiables, réalisées sur des populations vivant à proximité de l'homme, montrent que des iguanes atteignent au moins 15 ans.

### Répartition de l'iguane des Petites Antilles

Dans l'état actuel des connaissances, l'iguane des Petites Antilles est présent à Anguilla, Saint-Martin (population(s) peut-être éteinte(s)), Saint-Barthélemy, Saint-Eustache, en Guadeloupe (quelques individus restants parmi des iguanes communs), à la Désirade, sur les îles de Petite-Terre, les îles des Saintes (populations éteintes, à confirmer), à la Dominique et en Martinique (*figure 1*).





**Figure 1.** Distribution de l'iguane des Petites Antilles (en rouge) (<http://www.antilles.ch>)

### Répartition dans l'archipel guadeloupéen

Sur la Basse-Terre, *Iguana delicatissima* est réparti de Saint-Christophe (sud de Goyave) à la ravine du Grand Carbet (où les deux espèces cohabitent), sur la plage d'Anse à Sable à Pigeon (Commune de Bouillante) et sur la plage de Cluny sur la côte Caraïbe (Breuil, 2002 ; Breuil *et al.*, 2007). Les prospections réalisées par l'Université Antilles-Guyane (UAG) et le Groupe d'Etudes et de Conservation de l'Iguane des Petites Antilles en Guadeloupe (GECIPAG) depuis 2007 sur la Basse-Terre (Breuil *et al.*, 2007) ont montré qu'il n'existe plus de populations pures d'*Iguana delicatissima*.

Sur la Grande-Terre, *Iguana delicatissima* n'était connu dans les années 60 que d'une localité (Bois Eusèbe) (Lazell, 1973) mais il n'a pas été retrouvé malgré plusieurs prospections. À la fin août 1999, Breuil a découvert dans la région de Saint-François trois iguanes (un mâle d'*Iguana delicatissima*, une femelle âgée d'*Iguana iguana* et un individu hybride au phénotype *Iguana iguana* majoritaire (Breuil, 2000b)) dans un reliquat de mangrove. En 2007 puis en 2009, l'UAG et le GECIPAG (Breuil *et al.*, 2007) n'ont pas observé *Iguana delicatissima*.

Aux Saintes, les premiers *Iguana delicatissima* ont été collectés en 1914 (Dunn, 1934). Dans les années 1940-50, Underwood (1962) n'a vu, à Terre-de-Haut qu'*Iguana delicatissima*. Dans les années 1960, les

deux espèces y étaient présentes en grand nombre (Lazell, 1973). Les iguanes de Terre-de-Bas considérés comme des hybrides d'un point de vue morphologique se sont révélés l'être aussi d'un point de vue génétique (Day et Thorpe, 1996, Day *et al.*, 2000). Ce phénomène de compétition et d'hybridation était déjà en cours dans les années 1960 (Day *et al.*, 2000). Les prospections récentes (2008-2009) du GECIPAG aux Saintes n'ont pas permis la découverte d'*Iguana delicatissima*.

Les premières prospections de l'UAG et du GECIPAG en 2009 confirment la présence d'*Iguana delicatissima* à la Désirade. Quelques prélèvements de tissu sont en cours d'analyse.

La présence d'iguanes (probablement *Iguana delicatissima*) aujourd'hui disparus, a été attestée à Marie-Galante par Christophe Colomb qui a débarqué à l'Anse Ballet le 4 novembre 1493. Des iguanes communs y sont régulièrement signalés (Breuil, 2002 ; Breuil *et al.*, 2007).

Les îles de la Petite-Terre abritent une population d'*Iguana delicatissima* dont personne n'avait compris l'importance jusqu'à de récentes observations (Breuil et Thiébot, 1994, Breuil, 1994, Breuil *et al.*, 1994). Ces îles constituent la plus importante concentration d'iguanes des Petites Antilles de toute la Caraïbe.

### Répartition en Martinique

Hormis la population de l'îlet Chancel, les autres populations d'iguanes des Petites Antilles à la Martinique restent peu connues. Néanmoins, des iguanes sont observés dans différents secteurs du nord de l'île depuis les années 60 à l'Anse Coulevre (SEPANMAR et ONCFS, comm. pers., 2006), à Anse Céron (Marraud-Desgrottes, comm. pers., 2006), sur le Morne à Lianes entre l'Anse à Voile et l'Anse des Galets (Breuil, 1997), le long des falaises vers le Cap Saint-Martin (Lazell, 1973, Pinchon, 1967), dans le Bois Montout du Morne Capot (Tanasi, comm. pers., Breuil, 1999), et sur le flanc sud de la Montagne Pelée (Pinchon, 1967). La population de l'îlet Chancel a commencé à être étudiée par Mark Day durant l'été 1993. Elle constitue aujourd'hui la population la plus importante de la Martinique. Le dénombrement de 2006 l'estimait à 600 iguanes (Ourly, 2006) contre 900 en 2007 (Legouez, 2007). Les dernières études réalisées sur l'îlet Chancel (Legouez, comm. pers. 2009) laissent à penser que cette population dépasserait le millier d'individus.

Neuf iguanes des Petites Antilles (quatre mâles et cinq femelles adultes) ont été introduits sur l'îlet à Ramiers en juillet 2006. Des oeufs ont éclos en 2008, un nid a été creusé en mai 2009 (Legouez, comm. pers. 2009) et trois adultes ont été aperçus en avril 2010.



### Répartition à Saint-Martin

Pregill *et al.* (1994) ont signalé l'existence de fossiles d'Iguanidés à Saint-Martin et ont supposé que les iguanes ont été transportés par l'homme pour sa consommation. Des iguanes sont régulièrement observés dans cette zone ainsi que dans la forêt humide du Pic du Paradis, dans la mangrove des étangs de l'île, à l'Anse Marcel et Red Rock, au niveau des différentes ravines et sur l'îlet Pinel (Malterre, comm. pers. 2009) mais il s'agirait d'iguanes communs et d'hybrides. Pour Powell *et al.* (2005), *Iguana delicatissima* a disparu de Saint-Martin.

### Répartition à Saint-Barthélemy

À Saint-Barthélemy, l'iguane des Petites Antilles est présent sur toute la superficie de l'île, mais il est plus abondant dans la partie nord. Son effectif serait de l'ordre de 300-500 adultes avec trois concentrations, l'une sur les hauteurs de Saint-Jean, l'autre à l'anse des Cayes et la dernière à Corossol. On le rencontre encore sporadiquement sur la petite île Fourchue. Quelques individus vivent encore à l'Îlet au Vent à l'est de l'île Fourchue, à Petite Islette à l'ouest de cette île (Breuil, 2000a, 2002). Les iguanes de Saint-Barthélemy sont particulièrement menacés par l'introduction récente de l'iguane commun.

### Répartition dans les autres îles des Petites Antilles

Les effectifs des populations d'*Iguana delicatissima* dans les îles anglophones de la Caraïbe ont été estimés par Mark Day et Steve Reichling. Les collections des musées et les données de la littérature (Dunn, 1934 ; Lazell, 1973) indiquent qu'*Iguana delicatissima* a existé à Nevis, Saint-Christophe, Barbuda et Antigua. Les dates de la majorité de ces extinctions locales sont inconnues.

Dans les îles du Nord, *Iguana delicatissima* n'est plus présent qu'à Saint-Eustache et Anguilla. L'effectif de la population de Saint-Eustache ne dépasserait pas 500 individus (Fogarty *et al.*, 2004), mais aucune estimation récente ne permet d'évaluer la tendance de cette population. D'un point de vue quantitatif, la Dominique est supposée abriter la plus grande population d'iguanes des Petites Antilles avec une répartition homogène sur l'ensemble de l'île (Day *et al.*, 2000 ; Knapp, 2007).

## Menaces pesant sur l'iguane des Petites Antilles

### Prédateurs naturels



La prédation naturelle s'exerce principalement sur les oeufs et les jeunes iguanes. Selon les îles, les prédateurs diffèrent couleuvres (*Alsophis* spp.),

boa constrictor (*Boa constrictor nebulosa*), les rapaces comme la petite buse (*Buteo platypterus*), le faucon crécerelle d'Amérique (*Falco sparverius*), les crabes et les bernard-l'ermite consommateurs d'oeufs. À la Dominique et à Saint-Barthélemy, les améives (*Ameiva fuscata*, *Ameiva plei*) visitent régulièrement les nids non rebouchés des iguanes et sont susceptibles de consommer les oeufs (Knapp, comm. pers., 2009).

### Aléas climatiques

Les forts aléas climatiques comme les cyclones (de juillet à novembre) accompagnés de fortes pluies ou les sécheresses (stress hydrique prolongé de mai à juillet) peuvent avoir des impacts significatifs directs (mortalité des individus) et indirects (destruction des habitats, défoliation des arbres...) sur les iguanes. Bien qu'il soit difficile d'affirmer qu'ils puissent être responsables de la vulnérabilité d'une population, il n'est pas à exclure qu'un événement majeur puisse affaiblir davantage voire même éliminer les populations les plus fragiles (de faible effectif et/ou fragmentées).

### Braconnage et commerce


La présence d'ossements d'iguanes dans les sites précolombiens (Pregill *et al.*, 1994 ; Grouard, 2001) atteste que la chasse a existé dans toute l'aire de répartition d'*Iguana delicatissima* depuis l'arrivée des Amérindiens. Elle a été très pratiquée par les Caraïbes à la Dominique et en Guadeloupe (Breton 1666, 1667), par les Français à la Martinique (Bouton, 1640 ; Labat, 1722) et aussi à Saint-Barthélemy au XVIIIe siècle (Tingbrand, 1995). Cette chasse est désormais interdite sur toute l'aire de répartition de l'espèce. Malgré cela, le braconnage persiste dans certaines îles comme à Saint-Eustache et à la Dominique (Day *et al.*, 2000).

### Mortalité sur les routes

De nombreux iguanes se font écraser sur les routes littorales qui coupent leur habitat notamment à la Dominique, sur la Basse-Terre, à la Désirade et à Saint-Barthélemy. Le maximum de mortalité a lieu à la fin de la saison sèche quand de nombreuses femelles gravides migrent vers les sites de ponte côtiers et au début de la saison humide au moment où les nouveau-nés quittent les nids.

### Espèces introduites

Certaines espèces animales naturalisées ou en semi-liberté sont devenues des prédateurs des jeunes iguanes. Les chats errants, par exemple, sont de réels prédateurs des jeunes iguanes à Anguilla (Day *et al.*, 2000). À Saint-Barthélemy, des chats ont été vus en train de tuer des iguanes de 60-70 cm de longueur (Plassais, comm. pers., Breuil, août 2000). Par ailleurs, plusieurs cas de



chiens tueurs d'iguanes adultes ont été rapportés en 2007 puis en 2008 (Questel, 2008). Dans les îles les plus agricoles où la mangouste (*Herpestes auro-punctatus*) a été introduite avec succès, les populations d'*Iguana delicatissima* ont disparu ou sont particulièrement en danger. L'impact réel du rat noir (*Rattus rattus*) et du rat surmulot (*Rattus norvegicus*) sur l'iguane des Petites Antilles est peu connu, mais les rats consomment des oeufs d'iguanes, voire des jeunes. De plus, ils peuvent creuser des galeries dans les sites de pontes (Day *et al.*, 2000).

#### *Compétition et hybridation avec l'iguane commun*

Opportuniste dans ses choix alimentaires, plus grand, plus combatif pendant la reproduction (défense du territoire, choix des femelles) et plus prolifique, l'iguane commun est un fort compétiteur de l'iguane des Petites Antilles. L'hypothèse de l'hybridation entre les deux espèces d'iguanes, formulée en 1993 (Breuil, 2002) a été confirmée par des analyses génétiques et morphométriques réalisées à partir d'iguanes de Basse-Terre et des Saintes (Day et Thorpe, 1996 ; Day *et al.* 2000). Elle est ainsi admise par la communauté herpétologique internationale (Flora et Fauna International, Iguana Specialist Group de l'UICN, voir Day *et al.*, 2000 ; Daltry *et al.*, 2001 ; Anguilla et Antigua National Trusts) qui considère ainsi l'iguane commun comme une espèce envahissante dans les Petites Antilles. En causant la régression de l'iguane endémique, l'iguane commun provoque en effet des dommages au niveau de la composition des écosystèmes. L'archipel guadeloupéen possède les îles les plus concernées par le phénomène d'hybridation.

Les populations d'iguanes communs ont connu ces dernières décennies une expansion remarquable due à de multiples facteurs tels que les capacités colonisatrices de l'espèce (grandes capacités natatoires notamment), le statut de protection en Guadeloupe, l'attrait pour cet animal (mascotte de l'armée en Martinique, nouvel animal de compagnie...), la vente à Sint-Marteen (partie néerlandaise de Saint-Martin), les transports par l'homme volontaires ou accidentels...

#### *Destruction et fragmentation des milieux*

Une des plus importantes modifications des biotopes causée par l'homme est la déstructuration et l'urbanisation des arrière-plages, voire des plages elles-mêmes, privant les iguanes d'autant de sites de ponte. La dégradation régulière et continue des milieux par des caprins et dans une moindre mesure par les ovins semble avoir des effets immédiats et à long terme. Les chèvres ont détruit complètement la végétation de l'îlet Frégate (Day et Thorpe, 1992) et des autres îlets du nord de Saint-Barthélemy comme Chevreau, Fourchue et Bohomme entraînant la quasi disparition des iguanes (Breuil, 2002 ; Questel, 2008). D'une manière générale, les zones sujettes à pâturage supportent des densités

d'iguanes inférieures à celles qui en sont dépourvues (Breuil, 2002).

## **Enjeux de la sauvegarde de l'iguane des Petites Antilles et stratégie à long terme**

### **Enjeux de la sauvegarde de l'iguane des Petites Antilles**

Bien que les connaissances sur les besoins optimaux de cette espèce soient limitées, l'analyse des menaces a néanmoins permis d'identifier les principaux enjeux de la sauvegarde de ses dernières populations tels que : la préservation de ses habitats (broussailles sèches, forêts littorales, ravines humides, mangrove d'arrière plage, zones boisées sèches) ; le contrôle de la prolifération de l'iguane commun sur les secteurs de présence de l'iguane endémique ; la limitation de l'attaque des oeufs et des jeunes iguanes par certaines espèces prédatrices ; le transfert d'individus sur de nouveaux secteurs (avec dans ce but la création d'un centre de détention en captivité provisoire) ; un effort constant de sensibilisation des acteurs à la préservation de cette espèce ; l'enrayement des destructions des iguanes par l'homme.

Dans un contexte plus large, le maintien des populations d'iguanes des Petites Antilles dépend de plusieurs facteurs : le maintien des habitats les plus soumis à l'urbanisation et à la pression démographique ; la gestion des espèces qui déstabilisent les écosystèmes ; l'acquisition de connaissances sur l'espèce intégrant les aspects sociologiques et biogéographiques, sur ses habitats et leur évolution à moyen et long termes ; la sensibilisation du public et l'implication des locaux ; le renforcement de l'application des réglementations existantes.


### **Stratégie à long terme**

Sur le long terme, les orientations de préservation de l'iguane des Petites Antilles reposent tout naturellement sur les enjeux globaux préalablement identifiés. Elles doivent permettre à terme, sur le territoire national, de rétablir les populations d'iguanes des Petites Antilles dans un bon état de conservation et de mettre en place les moyens pour pérenniser cet état.

Par conséquent, deux objectifs à long terme sont à atteindre :

- ▶ maintenir et conforter les populations dans les îles où l'espèce est encore bien présente,
- ▶ accroître progressivement les effectifs et les territoires occupés (dans le cas des îles où l'état de conservation des





populations est jugé défavorable ou par mesure de précaution pour arrêter le déclin dans des zones jusqu'à présent épargnées).

A court et à moyen termes, l'amélioration des connaissances sur l'état de conservation des populations d'iguanes des Petites Antilles et sur les aspects de la biologie et de l'écologie de l'espèce est nécessaire. C'est même un enjeu prioritaire puisque les résultats des études et des programmes de recherche permettront d'identifier les besoins optimaux de l'espèce sur lesquels devront s'appuyer les futures actions de conservation. D'autre part, les menaces écologiques portées par la présence de l'iguane commun et de nouvelles espèces restent mal connues et une vigilance accrue est à rechercher. Dans un contexte plus général, l'ensemble des facteurs de pression doit être enrayé de manière à renforcer les populations d'iguanes des Petites Antilles les plus vulnérables voire d'accroître les sites favorables afin d'amorcer la reconquête du territoire.

De part la distribution de l'iguane des Petites Antilles, les actions du plan prévues à moyen et long termes doivent être en synergie avec celles mises en place sur les autres îles des Petites Antilles. Les objectifs à long terme sont effectivement liés à une stratégie internationale qui consiste à mutualiser les efforts de gestion de l'espèce sur l'ensemble de son aire de répartition. Primordiale à la conservation de l'iguane des Petites Antilles, la mise en place de cette stratégie internationale est en cours puisqu'un plan international d'actions est en train d'être rédigé par l'*Iguana Specialist Group* de l'UICN. Le choix des grandes orientations et l'écriture des grandes lignes de ce plan ont été réalisés lors du dernier colloque de l'ISG (octobre 2009) avec la participation des acteurs martiniquais et guadeloupéens. Ce travail de rédaction s'inspire même fortement du projet de plan national d'actions français qui a servi de base à la réflexion de l'ISG. Les deux plans seront donc très proches et les grandes orientations à moyen et à long termes sont parfaitement partagées par l'ensemble des acteurs des Petites Antilles et par l'UICN.

## Eléments de mise en œuvre

### Durée du plan

La durée du plan d'actions est fixée à cinq ans, ce choix étant établi de manière administrative et non sur des critères biologiques. Sa validation étant prévue pour fin 2010, la mise en œuvre prendra fin au terme de l'année 2015. Réalisés annuellement, des rapports d'exécution permettront le réajustement éventuel de certaines actions. A l'issue des cinq années, un bilan complet devra faire état de l'avancement ou de l'accomplissement de chacune des actions et permettra de

redéfinir si besoin une stratégie d'accompagnement pour les années suivantes.

### Objectifs spécifiques

L'analyse des connaissances sur l'iguane des Petites Antilles et l'identification des enjeux prioritaires amènent à formuler trois objectifs spécifiques ou axes de travail :

- ▶ **Objectif I.** Améliorer les connaissances sur l'iguane des Petites Antilles.
- ▶ **Objectif II.** Préserver les populations d'iguanes des Petites Antilles - enrayer les menaces. Le second objectif est étroitement lié au premier dans la mesure où les réponses à certaines questions scientifiques orienteront la mise en œuvre des mesures de préservation et de contrôle des menaces.
- ▶ **Objectif III.** Communiquer. Le plan d'actions 2010-2015 décline ces trois orientations stratégiques en actions visant un résultat concret à court et moyen termes. C'est notamment à partir de l'analyse des facteurs influençant négativement l'état de conservation de l'iguane des Petites Antilles que les actions opérationnelles ont été déterminées.

### Actions à mettre en œuvre

La détermination des actions à mettre en œuvre a été établie à partir de l'urgence de la situation, des moyens humains et financiers disponibles, des besoins biologiques de l'espèce, de l'implication conjointe ou non des deux départements français des Petites Antilles et du caractère transversal d'une action (c'est-à-dire une action dont la mise en œuvre permettra de répondre à plusieurs objectifs). En d'autres termes, les actions sont mesurables, réalistes et temporellement limitées.

Différents domaines d'actions sont distingués : suivis, études, inventaires (SE) ; actions de protection (y compris actions d'ordre réglementaire) (P) ; communication, partenariat (C). Au total, quinze actions ont été programmées (*figure 2*) pour les cinq années du plan d'actions.

| Objectif I. Améliorer les connaissances sur l'iguane des Petites Antilles  | Domaines d'actions |
|--|--------------------|
| <b>Sous-objectif A. Caractériser les populations d'iguanes des deux espèces et des hybrides sur l'ensemble des Petites Antilles françaises</b> |                    |
| Action 1 : Finaliser l'inventaire des populations d'iguanes - remettre à jour les cartographies  | SE                 |
| Action 2 : Rechercher les marqueurs moléculaires permettant d'identifier les deux espèces d'iguanes et les hybrides                            | SE                 |
| Action 3 : Comprendre l'histoire des peuplements des différentes îles des Petites Antilles françaises  | SE                 |
| <b>Sous-objectif B. Etudier la biologie des populations d'iguanes des Petites Antilles</b>   |                    |
| Action 4 : Etudier la structure des populations d'iguanes des Petites Antilles   | SE                 |
| Action 5 : Etudier les fluctuations d'effectifs des populations d'iguanes des Petites Antilles   | SE                 |
| Action 6 : Etudier la structure et l'utilisation de l'habitat  | SE                 |
| Action 7 : Etudier les paramètres de la reproduction   | SE                 |
| <b>Sous-objectif C. Etudier l'impact des principales menaces</b>   |                    |
| Action 8 : Etudier les mécanismes d'interaction entre <i>Iguana delicatissima</i> et <i>Iguana iguana</i>                                      | SE                 |
| Action 9 : Etudier l'impact des prédateurs introduits  | SE                 |
| <b>Objectif II. Préserver les populations d'iguanes des Petites Antilles - enrayer les menaces</b>   |                    |
| Action 10 : Préserver les populations d'iguanes des Petites Antilles de la menace de l'iguane commun   |                    |
| Axe 1 : Réévaluer les outils législatifs, rédiger et mettre en oeuvre un plan de contrôle de l'iguane commun                                   | P/C                |
| Axe 2 : Sauvegarder le pool génétique des derniers iguanes des Petites Antilles menacés à court terme par la présence de l'iguane commun       | P                  |
| Action 11 : Créer de nouvelles populations d'iguanes des Petites Antilles par le transfert d'individus   | P                  |
| Action 12 : Renforcer les programmes de conservation en captivité  | P                  |
| Action 13 : Protéger et préserver les habitats de l'iguane des Petites Antilles  | P                  |
| <b>Objectif III. Communiquer</b>   |                    |
| Action 14 : Informer les scolaires, les institutionnels et le grand public   | C                  |
| Action 15 : Assurer une dynamique de réseau au niveau des îles partenaires et voisines   | C                  |

## Calendrier, suivi du plan et évaluation

Les quinze actions recommandées sont inscrites dans un plan de travail élaboré pour cinq ans. Cette planification tient compte des priorités de mise en oeuvre. Pour assurer le suivi du plan, les partenaires responsables de la mise en oeuvre des actions devront restituer leurs rapports d'exécution à la DIREN Martinique via l'animateur, au moins sept semaines avant la réunion annuelle du comité de pilotage. Les rapports annuels seront rédigés par l'opérateur et envoyés aux membres du comité de pilotage trois semaines avant leur réunion annuelle (qui pourrait être programmée entre le mois de novembre et le mois de décembre). Ces rapports devront satisfaire aux exigences du cahier des charges d'évaluation. Ils permettront d'établir une évaluation de chaque action en se reportant aux indicateurs prévus. Cette évaluation pourra donner lieu à d'éventuels réajustements ou modifications du tableau de bord des actions.

Figure 2. Récapitulatif des actions à mettre en oeuvre ou à initier pendant les cinq années du plan (ONCFS)

## Mise en place d'une dynamique de réseau

Le plan d'actions de l'iguane des Petites Antilles prévoit la désignation d'un opérateur afin d'animer sa mise en oeuvre et de promouvoir une dynamique de réseau. En effet, les activités pour la conservation d'*Iguana delicatissima* se développent de manière disparate selon les régions. La présence d'une structure au centre de cette dynamique devrait permettre de meilleurs échanges et un soutien aux actions régionales.

En Martinique, l'ONCFS a vocation de créer un réseau professionnel d'appui aux études de terrain et à la diffusion de l'éducation à l'environnement. D'une manière générale, cette organisation vise à favoriser les échanges participatifs entre acteurs et à permettre ainsi les confrontations avec les partenaires institutionnels, professionnels, associatifs, les collectivités territoriales, les experts, les chercheurs... Le comité de pilotage et le comité scientifique régissent ce réseau sous l'impulsion de l'animateur du plan.

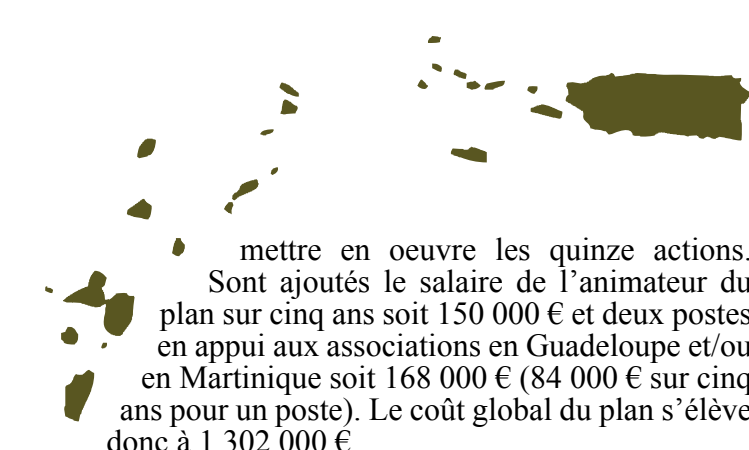
tements ou modifications du tableau de bord des actions.

Au terme de son application, le plan d'actions de l'iguane des Petites Antilles fera l'objet d'une procédure d'évaluation globale au travers de laquelle sera appréciée l'efficacité des moyens mis en oeuvre. Un bilan final sera ainsi rédigé par l'animateur du plan à l'issue des cinq années de mise en oeuvre en s'appuyant sur les bilans intermédiaires.

## Programmation indicative des moyens financiers

Les fiches actions donnent le cadre logique de chaque action préconisée. Sur cette base, le budget est estimatif. En effet, chaque projet et/ou programme sélectionné sera développé et détaillé par une étude de faisabilité et de préévaluation. Celle-ci définit la nature des interventions et donc leur portée financière. Les estimations produites visent davantage à s'assurer de la cohérence financière des objectifs proposés dans le plan d'actions. 984 000 € sont estimés nécessaires pour





mettre en oeuvre les quinze actions. Sont ajoutés le salaire de l'animateur du plan sur cinq ans soit 150 000 € et deux postes en appui aux associations en Guadeloupe et/ou en Martinique soit 168 000 € (84 000 € sur cinq ans pour un poste). Le coût global du plan s'élève donc à 1 302 000 €.

Le MEEDDM via la DIREN Martinique, le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER) et l'ONCFS financent des études sur la conservation de l'iguane des Petites Antilles depuis 2006 en Martinique et la DIREN Guadeloupe financent celles de l'archipel guadeloupéen depuis 2007. Etant donné l'importance de l'apport de financements nécessaire à la mise en oeuvre de certaines actions du plan, d'autres sources de financements que celles du MEEDDM sont à rechercher auprès d'autres acteurs concernés (Europe, collectivités, mécénats privés, gestionnaires de territoires...).

## Références bibliographiques

ALBERTS A. (Comp. et ed.), 2000. West Indian Iguanas : Status Survey and Conservation Action Plan. IUCN/SSC West Indian Iguana Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 6 + 111 pp.


BARRE N., LORVELEC O., BREUIL M., 1997. Les Oiseaux et les Reptiles des îles de la Petite Terre (Guadeloupe). Bilan d'un suivi écologique d'une année. Rapport AEVA No16, 1-57, annexes, pls. I-IX.

BOUTON J., 1640. Relation de l'établissement des Français depuis l'an 1635 en l'île de la Martinique, l'une des Antilles de l'Amérique. Des moeurs des sauvages, de la situation et des autres singularités de l'île. Paris, S. Cramoisy, i-vi + 1-141.

BRETON R., 1665-1966-1967. Dictionnaire caraïbe françois-Dictionnaire françois caraïbe meslé de quantité de remarques historiques pour l'éclaircissement de la langue. Grammaire caraïbe. Gilles Bouquet, Auxerre.

BREUIL M., 1994. Les iguanes (*Iguana delicatissima* et *Iguana iguana*) dans les Antilles françaises et sur les îles de la Petite Terre. In Dossier de classement de la réserve naturelle de Petite Terre. OGE-DIREN Guadeloupe, Paris, 27-34.

BREUIL, M., 2000a. Taxon Reports : Lesser Antilles *Iguana delicatissima* and *Iguana iguana*, *Iguana delicatissima* in Martinique and in Saint-Barthélemy. *West Indian Iguana Specialist Group Newsletter* 3 (2) : 11-13.



BREUIL, M., 2000b. Taxon Reports: Lesser Antilles *Iguana delicatissima* and *Iguana iguana*, Hybridization in the Guadeloupean Archipelago. *West Indian Iguana Specialist Group Newsletter* 3 (2) : 13-15.

BREUIL M., 2002. Histoire naturelle des Amphibiens et Reptiles terrestres de l'archipel Guadeloupéen. Guadeloupe, Saint-Martin, Saint-Barthélemy. *Patrimoines Naturels*, 54 : 339p.

BREUIL M., SASTRE C., 1993. Essai d'inventaire écologique de l'Archipel des Saintes (Guadeloupe), Vertébrés sauf Oiseaux. *Rapport Parc National de la Guadeloupe* : 1-20, 2 cartes ht.

BREUIL M., THIEBOT B., 1994. Essai d'inventaire des iguanes (*Iguana delicatissima* et *Iguana iguana*) dans l'archipel Guadeloupéen. *Parc National de la Guadeloupe - Association pour l'Etude et la Protection des Vertébrés des Petites Antilles* : 1-17.

BREUIL M., DAY M., THIEBOT B., 1994. L'iguane antillais (*Iguana delicatissima*), une espèce en voie de régression. *Le Courrier de la Nature* (143) : 16-17.

BREUIL M., GUIOUGOU F., IBENE B., 2007. Lesser Antillean Iguana (*Iguana delicatissima*). *Iguana Specialist Group Newsletter* 10 (2) : 15-17.

DALTRY J.C, DAY M. L., OGDEN R. S., BREUIL M., 2001. Conserving terrestrial herpetofauna in the Eastern Caribbean. *Poster and Abstract, 3rd International Congress Herpetology, Sri Lanka*.

DAY M., THORPE R., 1992. The Lesser Antillean Iguana, *Iguana delicatissima*, on Saint-Barthélemy. *Herpetofauna*. 2 : 11.


DAY M., THORPE R., 1996. Population Differentiation of *Iguana delicatissima* and *I. Iguana* in the Lesser Antilles. In Contributions to West Indian Herpetology. A tribute to Albert Schwartz. Contributions to Herpetology, vol. 12. *Soc. Stud. Amph. Rept., New York, R. POWELL et R. W. HENDERSON* (eds), 136-137.

DAY M., BREUIL M., REICHLING S., 2000. Lesser Antillean iguana : *Iguana delicatissima*. In West Indian Iguanas. Status Survey and Conservation Action Plan. IUCN/SSC West Indian Iguana Specialist Group, Gland, Confédération Helvétique et Cambridge UK, A. ALBERTS (ed), 62-67.

DUNN E. R., 1934. Notes on *Iguana*. *Copeia* 1934 : 1-4.







FOGARTY SEAN P., ZERO VICTORIA H., POWELL R., 2004. Revisiting St. Eustatius: Estimating the Population Size of Lesser Antillean Iguanas, *Iguana delicatissima*. *Iguana* 11, number 3. 138-145.

GROUARD S., 2001. Subsistance, systèmes, techniques et gestion territoriale en milieu insulaire antillais précolombien - Exploitation des Vertébrés et des Crustacés aux époques Saladoïdes et Troumassoïdes de Guadeloupe (400 av. J.-C à 1500 ap. J.-C.), *Thèse de doctorat, M.N.H.N.*, Paris : T.1 : 1-427 ; T.2 : 428-860 ; T.3 : 861-1073.

KNAPP C., 2007. Ecology and Conservation of the Lesser Antillean Iguana (*Iguana delicatissima*). *Iguana* 14, number 4. 223-225.

LABAT J.-B., 1722. Voyage aux isles. Chronique aventureuse des Caraïbes 1693-1705, Paris, Phébus libretto, 1993 (d'après l'édition en 6 volumes de 1722), 1-463.

LAURENTI J. N., 1768. Specimen Medicum Exhibens Synopsis Reptilium. Vienna, Joan. Thom, 1-215, 5 pls ht.

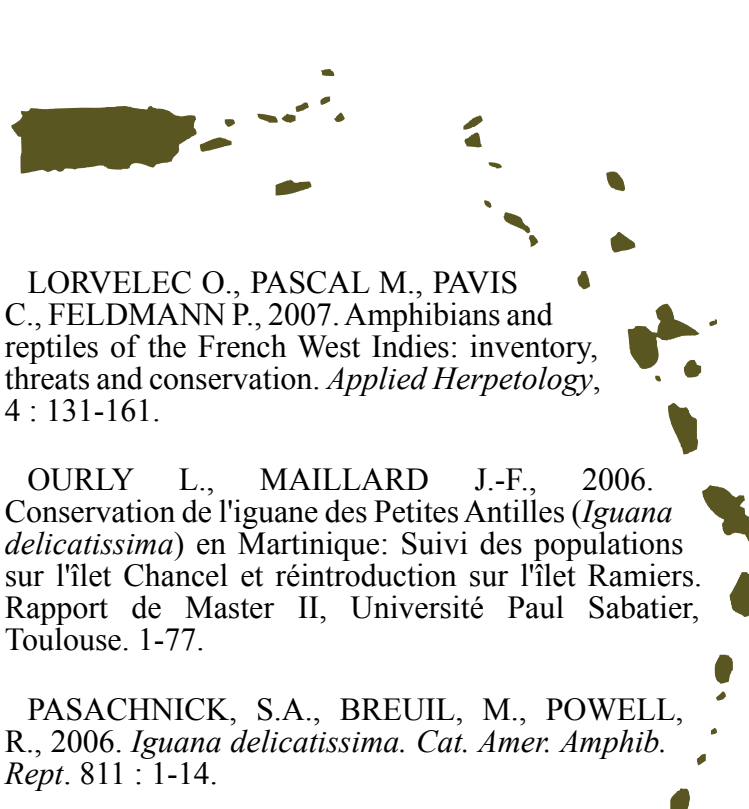
LAZELL J. D., 1973. The Lizard Genus Iguana in the Lesser Antilles. *Bull. Mus. Comp. Zool.* 145 : 1-28.

LEGOUEZ C., 2007. Les iguanes des Petites Antilles : étude de la population de l'îlet Chancel et élaboration du plan de restauration. Rapport de Master II, Université Paul Sabatier, Toulouse. 1-70.

LORVELEC O., LEVESQUE A., LEBLOND G., JAFFARD M.-E., BARRE N., FELDMANN P., PASCAL M., PAVIS C., 2000. Suivi Ecologique des Reptiles, Oiseaux et Mammifères aux Îles de la Petite Terre (Commune de La Désirade, Guadeloupe). Années 1998 et 1999. *Rapport AEVA, Petit-Bourg.* 24 : 1-104, 8 cartes, 8 pls photographiques.

LORVELEC O., LEVESQUE A., BARRE N., FELDMANN P., LEBLOND G., JAFFARD M.-E., PASCAL M., PAVIS C., 2004a. Évolution de la densité de population de l'iguane des Petites Antilles (*Iguana delicatissima*) dans la réserve naturelle des îles de la Petite Terre (Guadeloupe) entre 1995 et 2002. *Revue d'Écologie (La Terre et la Vie)*, 59 : 331-344.

LORVELEC O., LEVESQUE A., SAINT-AURET A., FELDMANN P., ROUSTEAU A., PAVIS, C., 2004b. Suivi Ecologique des Reptiles, Oiseaux et Mammifères aux Îles de la Petite Terre (Réserve Naturelle, Commune de La Désirade, Guadeloupe). Années 2000, 2001 et 2002. *Rapport AEVA, Petit-Bourg.* 28 : 1-75, Office National des Forêts.



LORVELEC O., PASCAL M., PAVIS C., FELDMANN P., 2007. Amphibians and reptiles of the French West Indies: inventory, threats and conservation. *Applied Herpetology*, 4 : 131-161.

OURLY L., MAILLARD J.-F., 2006. Conservation de l'iguane des Petites Antilles (*Iguana delicatissima*) en Martinique: Suivi des populations sur l'îlet Chancel et réintroduction sur l'îlet Ramiers. Rapport de Master II, Université Paul Sabatier, Toulouse. 1-77.

PASACHNICK, S.A., BREUIL, M., POWELL, R., 2006. *Iguana delicatissima*. *Cat. Amer. Amphib. Rept.* 811 : 1-14.

PREGILL G. K., WALTERS D. R., 1994. Late Quaternary vertebrate faunas of the Lesser Antilles : historical components of Caribbean biogeography. *Bull. Carnegie Mus. Nat. Hist.* 30 : i-iv, 1-51.

PINCHON R., 1967. Quelques aspects de la nature aux Antilles. Caen, Imp. Ozanne, Fort-de-France, 1-254.

POWELL A., HENDERSON R.W., PARMALEE J. S., 2005. The reptiles and Amphibians of the Dutch Caribbean. St. Eustatius, Saba, and St. Maarten. St. Eustatius National Park-DCNA.

QUESTEL K., 2008. Iguane des Petites Antilles : la situation s'aggrave. *Le journal de Saint-Barthélemy* 776 : 6.

REICHLING S., 2000 (1999). Captive management Guidelines : *Iguana delicatissima*. In West Indian Iguanas. Status Survey and Conservation Action Plan. IUCN/SSCWEST Indian Iguana Specialist Group, Gland Confédération Hevétique, Cambridge UK, A. ALBERTS (ed.), 93-95.

TABOADA G. S., 1992. Conservation of animal diversity in Cuba. In *Systematics, Ecology and the Biodiversity Crisis*. Columbia University Press, N.Y., N. Eldredge (ed.), 169-177.

TINGBRAND P., 1995. Saint-Barthélemy à l'époque suédoise. Mairie et Centre culturel de Saint-Barthélemy, Saint-Barthélemy (FWI), 1-169.

UNDERWOOD G., 1962. Reptiles of the Eastern Caribbean. *Caribbean Affairs* (N.S). 1 : 1-192.





# Les enjeux de préservation de la biodiversité littorale d'outre-mer : les rivages d'Amérique et de l'Océan Indien

Magali CERLES

**L**a France est le seul pays présent dans 5 des 34 « points chauds » de la biodiversité mondiale : Méditerranée, Caraïbes, Océan Indien, Polynésie et Nouvelle-Calédonie. L'héritage naturel des collectivités d'outre-mer constitue par conséquent une valeur inestimable, tant pour son importance écologique que pour son rôle social et ses valorisations économiques.

Les rivages naturels y jouent un rôle prépondérant. Ces interfaces terre et mer sont composées d'habitats littoraux à très haute valeur écologique : récifs coralliens, mangroves, étangs littoraux, îlots, plages et falaises boisées de forêts sèches... lieux de vie de nombreuses espèces animales sédentaires ou migratrices.

Ces espaces sont pourtant les plus exposés aux perturbations naturelles (cyclones, tsunamis, élévation du niveau de la mer, envahissement d'espèces exotiques...) et sont les plus artificialisés par l'homme (urbanisation anarchique et croissante, braconnage, défrichements, remblais...). Ces facteurs participent au mitage des espaces et à la réduction de l'aire de répartition des espèces.

Prendre en compte et protéger les rivages naturels d'outre-mer est un défi majeur, qui implique une conservation, une gestion et une valorisation de la biodiversité.

## Un outil de protection adapté au maintien de la biodiversité littorale : le Conservatoire du littoral

Le Conservatoire du littoral, membre de l'Union Mondiale pour la Nature (UICN), est un établissement public créé en 1975. Il mène une politique foncière visant à la protection définitive des espaces naturels et des paysages sur les rivages maritimes et lacustres. Il acquiert des terrains fragiles ou menacés à l'amiable, par préemption, ou exceptionnellement par expropriation. Des biens peuvent également lui être

donnés ou légués.

Au 1<sup>er</sup> octobre 2010, avec 155 sites naturels d'une superficie totale de 28 000 hectares sur les 2 624 km de rivages des 8 collectivités d'Amérique et de l'Océan Indien (*figure 1*), le Conservatoire du littoral contribue bien évidemment à la préservation de la biodiversité sur des habitats littoraux très diversifiés, qui s'étendent depuis la mer jusqu'à 500 mètres d'altitude: 61 îlots, 23 étangs littoraux, plus de 19 000 hectares de mangroves, marais et forêts marécageuses, etc (*cliché 1*).

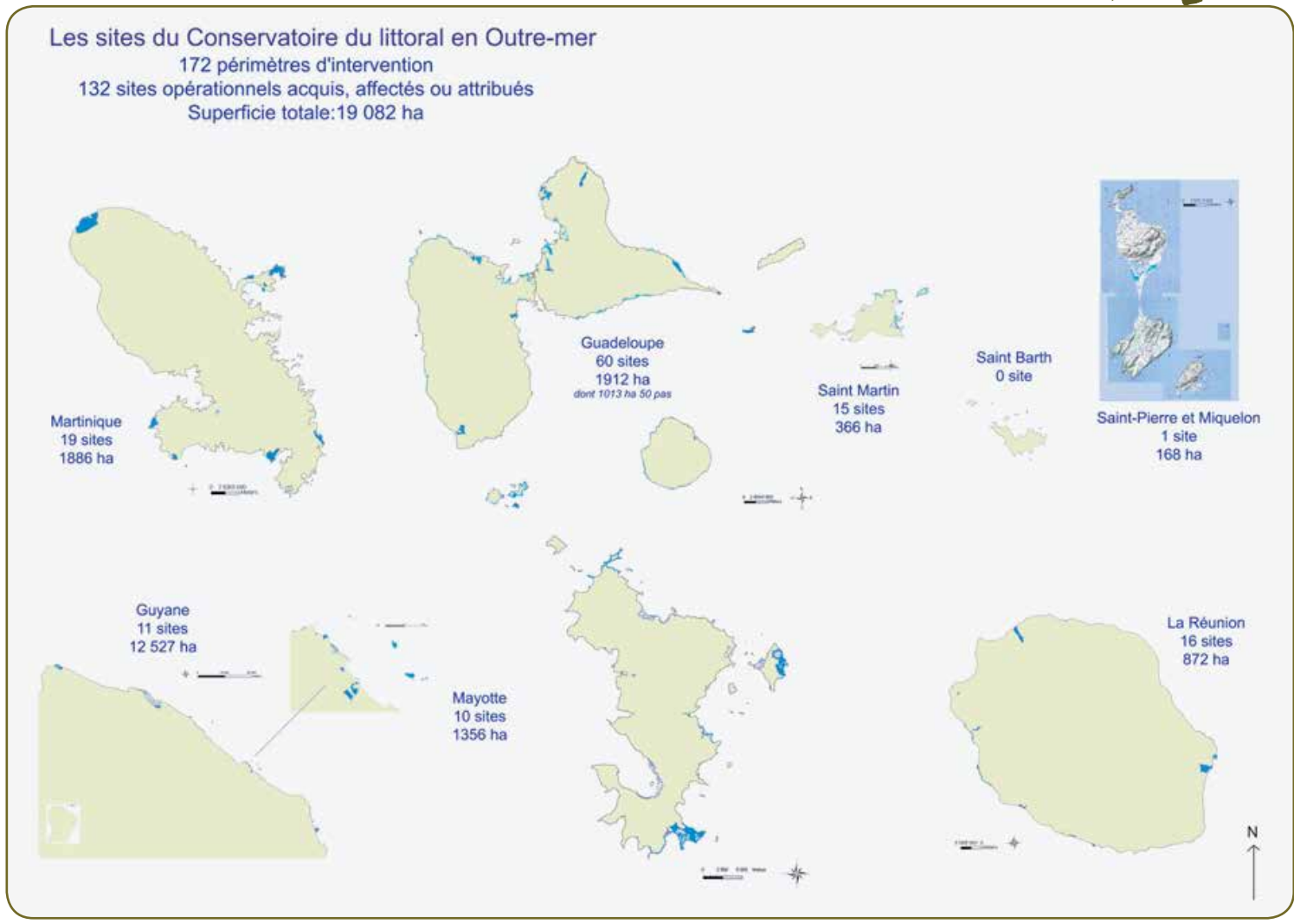
Au total, selon l'état des connaissances actuelles, les sites d'Outre-mer hébergent 726 espèces définies comme remarquables, dont 240 espèces floristiques et 486 espèces faunistiques. Parmi celles-ci, 48 espèces strictement endémiques, 34 espèces menacées, 56 espèces rarissimes et 402 espèces protégées y ont été recensées.

Par exemple, encore très présent à Saint-Barthélemy, le Gaïac (*cliché 2*) s'est raréfié en Martinique, à Saint-Martin et en Guadeloupe en raison de la surexploitation de son bois. Aux Iles de Petite-Terre en Guadeloupe, le gestionnaire assure le suivi et expérimente un renouvellement du peuplement de cet arbre emblématique.

## Et pourtant, les pressions perdurent

Les pressions exercées sur les sites du Conservatoire sont nombreuses et certains espaces et espèces protégés sont encore fortement menacés: les peuplements forestiers, altérés, appauvris, secondarisés, réduits ou encore fragmentés ont pour la plupart perdu leurs potentialités d'évolution climacique naturelle en raison des difficultés de régénérescence de certaines essences, raréfiées. La survie de nombreuses espèces animales est en outre conditionnée par la réduction de leurs populations, la perte de leur habitat et/ou de leurs ressources alimentaires et la compétition avec d'autres espèces exotiques.





**Figure 1.** Bilan et répartition des interventions foncières du Conservatoire du littoral en outre-mer au 1er janvier 2007 (Conservatoire du littoral)



**Cliché 1.** Lagune du Grand Barachois, fréquentée par des milliers de phoques et d'oiseaux marins, Saint-Pierre et Miquelon (N. Robin)



**Cliché 2.** Fleurs de Gaïac, espèce d'arbre protégée par arrêté ministériel du 26/12/1988, Saint-Barthélemy (M. Magras)



Les Monts Caraïbes en Guadeloupe et les versants nord-ouest de la Montagne Pelée en Martinique ont ainsi été acquis en vue de maintenir le continuum écologique depuis la forêt littorale à la forêt humide d'altitude (*clichés 3*).

## Quels enjeux écologiques, quelles interventions ?

Dans les plans d'actions nationales et locales pour la conservation de la biodiversité, le Conservatoire du littoral apparaît comme un acteur essentiel de



*Cliché 3.* Continuum écologique au Mont Caraïbes en Guadeloupe (M. Duncombe) et à la Montagne Pelée en Martinique (J.P. Fiard)

A Saint-Martin, les peuplements de cactus Tête à l'anglais (*Melocactus intortus*), espèce endémique des Petites Antilles, sont en voie de fragmentation et de réduction en raison des constructions opérées sur les secteurs naturels littoraux sur lesquels le cactus se développe. Les rivages d'Eastern Point et de Babit Point abritent encore des peuplements des plus remarquables des Petites Antilles (*cliché 4*). Ils sont considérés comme des secteurs d'acquisition prioritaires pour le Conservatoire du littoral.

la conservation et de la gestion durable des rivages naturels. Pour définir les enjeux et engager les actions de préservation prioritaires sur les rivages remarquables, il a lancé, en 2007, une étude intitulée « *Orientations stratégiques pour la biodiversité sur ses sites outre-mer* » (Cerles M., 2007). Ce rapport a permis d'obtenir pour la première fois un état des lieux de la richesse biologique connue sur les sites protégés par le Conservatoire du littoral, grâce à l'élaboration et à l'enrichissement d'une base de données ayant assemblé toute la connaissance jusqu'alors inventoriée (plan de gestion, plan d'aménagement forestier, plan de gestion simplifié des 50 pas géométriques, compléments d'expertises, inventaires ORGFH, inventaires ZNIEFF).



*Cliché 4.* Peuplement de Cactus Tête à l'Anglais, Saint-Martin (M. Cerles)

Cet état des lieux bibliographique fut complété et amendé par l'audit de 118 acteurs locaux (institutionnels, politiques, scientifiques, usagers et gestionnaires) des rivages d'Amérique et de l'Océan Indien. Outre Saint-Pierre et Miquelon et Saint-Martin, les autres collectivités ont servi de cadre à des entretiens semi-directifs (*figure 2*).

L'audit a contribué à enrichir ce premier état des connaissances, à identifier collectivement les principales menaces et à en dégager les enjeux de conservation de la biodiversité présente sur les sites. Au regard des connaissances et des pressions exercées sur ces milieux et espèces, 5 axes d'interventions définissent la stratégie d'action du Conservatoire du littoral pour la conservation de la biodiversité littorale ultra-marine : l'intervention foncière, la gestion écologique, les travaux de conservation ou de restauration de la biodiversité, la sensibilisation et mobilisation des acteurs et les compléments de connaissance (*figure 3*).



## Les espèces remarquables signalées sur les sites

Rouge: Espèces menacées classées "en danger" et "en danger critique d'extinction" dans la liste rouge UICN  
 Bleu: Espèces strictement endémiques  
 Vert: Espèces considérées comme renaissantes



Figure 2. Recensement 2007 des espèces remarquables signalées sur les sites du Conservatoire du littoral (Conservatoire du littoral)

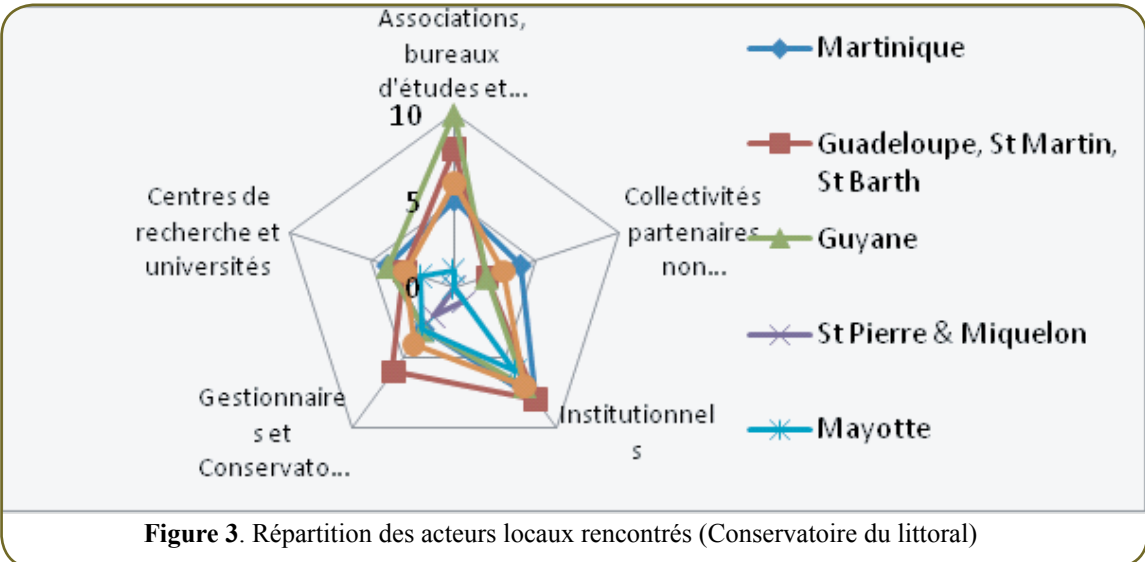


Figure 3. Répartition des acteurs locaux rencontrés (Conservatoire du littoral)



## Intervention foncière

Des secteurs d'intervention ont été définis pour obtenir des continuums écologiques d'espaces protégés et/ou pour sauvegarder certains espaces ou espèces menacés ou remarquables. La stratégie à l'horizon 2005-2050 du Conservatoire du littoral couvre environ 70.000 ha pour l'outre-mer, répartis sur plus de 300 sites différents, terrestres comme maritimes.

Au regard des pressions de remblaiement exercées sur les zones humides littorales, l'affectation des mangroves et des forêts marécageuses représente une priorité d'intervention foncière pour le Conservatoire du littoral (*cliché 5, cliché 6*). En Martinique, l'affectation de la dernière forêt marécageuse de



**Cliché 5.** Site d'intervention de Petit Saut, vaste zone humide de Guyane validée en conseil d'administration (M. Cerles)



**Cliché 6.** Palétuvier rouge (*Rhizophora mangle*), mangrove (M. Cerles)

L'extension de l'intervention foncière du Conservatoire du littoral à la presqu'île de la Caravelle est prioritaire pour une conservation de l'habitat boisé de la Gorge blanche, espèce d'oiseau subendémique de la Martinique (*cliché 7*).



**Cliché 7.** Extension de l'intervention foncière du Conservatoire du littoral à la presqu'île de la Caravelle (M. Duncombe)

## Gestion écologique

La mise en place d'une gestion pérenne et permanente est la clef de voute du maintien de la biodiversité, particulièrement pour les espaces vulnérables fortement fréquentés et dépourvus de protection réglementaire. C'est le cas des forêts littorales des 50 pas géométriques (bande littorale de 81,20m de large depuis l'estran), qui illustrent particulièrement les difficultés de gestion et de conservation de ces milieux, facilement accessibles et donc propices au dépôt d'ordures, à la squattérisation, au braconnage ou au défrichement. Planifier la gestion, diversifier les actions des gardes et régulariser l'usage du foncier sont les principales actions à engager avec les gestionnaires.

Des actions spectaculaires de nettoyage des sites ont été conduites par exemple en Guadeloupe, autour du Grand Cul de Sac pour résorber une quarantaine de sites spontanés de décharge (*cliché 8*). Plusieurs centaines de mètres cubes de déchets ont été évacués vers des sites homologués. Ce nettoyage a également concerné des installations précaires (clôtures, poulaillers, barbecues, cabanes, etc) qui témoignaient de l'appropriation progressive de ces terrains publics.



**Cliché 8.** Nettoyage des cinquante pas géométriques, Grand Cul de Sac Marin, Guadeloupe (D. Lambert)

Le Conservatoire a engagé une action spécifique de lutte contre l'érosion des sols afin de limiter les apports de terre préjudiciables aux lagons (*cliché 9*). La première phase a consisté à identifier les agriculteurs et à signer des conventions d'usage agricole. La seconde étape doit permettre d'appliquer des cahiers des charges d'exploitation durable et de reconstituer un paysage d'agroforesterie.



**Cliché 9.** Agriculture sur le site de Papani Moya, Mayotte (M. Cerles)

## Travaux de conservation ou de restauration de la biodiversité

Plusieurs catégories de travaux ont été définies comme prioritaires pour restaurer ou maintenir la valeur écologique des terrains du Conservatoire du littoral. Il s'agit notamment de maîtriser la fréquentation humaine, de restaurer des zones humides, des dunes ou des forêts littorales dégradées, d'éradiquer des espèces exotiques envahissant des habitats remarquables et de conforter la dynamique évolutive naturelle par l'enrichissement floristique d'espèces indigènes en forêt sèche par exemple.

Depuis plusieurs années, des travaux de confortement des dunes de l'isthme sont effectués pour maintenir ce cordon dunaire très fortement soumis à l'érosion marine (*cliché 10*). Ce cordon contribue à préserver diverses zones humides d'arrière littoral riches en biodiversité, dont les 1000 hectares de la lagune du Grand Barachois, prisée des oiseaux migrateurs.



**Cliché 10.** Restauration des dunes de l'isthme de Miquelon-Langlade, Saint-Pierre et Miquelon (S. Vasseur S.)

La reconquête des plages de ponte des tortues marines nécessite l'aménagement d'aires de stationnement, l'éviction de toute circulation automobile, l'interdiction du camping, le décompactage du sable et la revégétalisation en enclos par des boisements et par la végétation herbacée des hauts de plage (*cliché 11*). Dans certains cas, les questions d'éclairage nocturne ont également été prises en compte. Ces opérations sont suivies essentiellement avec l'ONCFS et avec les nombreuses associations qui mettent en œuvre les programmes de sauvegarde des tortues marines. Ces travaux de restauration du cordon littoral concernent de nombreuses anses de Guadeloupe, ainsi que les sites des Salines en Martinique et de la Baie de l'Embouchure à Saint-Martin.





**Cliché 11.** Fréquentation anarchique du littoral, Guadeloupe (M. Cerles)

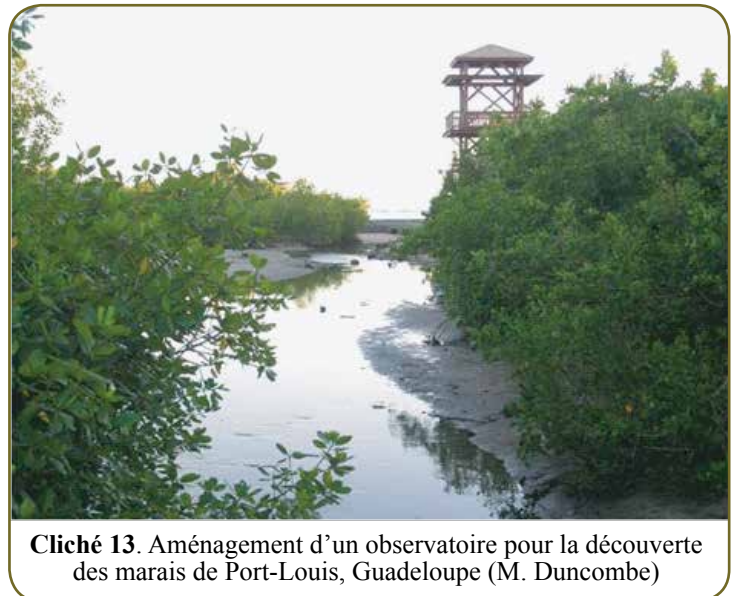


**Cliché 12.** Lutte mécanique contre les plantes invasives, la Réunion (M. Cerles)

## Sensibilisation et mobilisation des acteurs

Dans le cadre de l'accueil du public sur les sites, il importe de sensibiliser les visiteurs aux enjeux de biodiversité, sur la base d'aménagements pédagogiques d'interprétation des milieux, des paysages, de la faune et de la flore. En mobilisant les acteurs sur des enjeux communs, une gestion pérenne des sites peut être établie et des réseaux d'échanges et de collaboration (tortues marines, lutte contre les espèces exotiques envahissantes, érosion littorale, fonctionnalité des lagunes littorales) peuvent se mettre en place.

En particulier à la Réunion, les écosystèmes sont très sensibles à l'explosion de la colonisation par les plantes exotiques invasives, au détriment des végétaux endémiques ou rares, natifs de ces îles. Compte-tenu de l'ampleur de ce désastre écologique, qui ne sera qu'amplifié par les changements climatiques, il est apparu nécessaire d'agir selon des méthodologies qui associent destruction des espèces exotiques et réinstallation des cortèges végétaux natifs (*cliché 12*). Un programme a déjà été mis en œuvre pour la restauration de la forêt sèche du site de la Grande Chaloupe. Piloté par le Parc National et par le Conservatoire, il est élaboré pour cinq années et a fait l'objet d'un agrément dans le cadre des programmes européens LIFE+ pour un montant total de 2,5 M€.



**Cliché 13.** Aménagement d'un observatoire pour la découverte des marais de Port-Louis, Guadeloupe (M. Duncombe)

Le Rocher du Diamant étant interdit d'accès par arrêté de protection de biotope, le Conservatoire du littoral a proposé grâce à la pose de caméras sur le rocher, une transmission en direct des images des oiseaux marins en reproduction, au musée du Diamant et depuis un site Internet (*clichés 14*). Cet aménagement doit contribuer au suivi scientifique de la population ainsi qu'à la découverte et à la compréhension des enjeux de conservation du patrimoine naturel de l'île pour les Martiniquais et les touristes.







**Cliché 14.** Phaéton à bec rouge et Muséographie orientée sur la découverte des oiseaux fréquentant le Rocher du Diamant, Martinique (JAMA, F. Minguy)

## Compléments de connaissance

Selon les experts d'outre-mer, il convient d'engager des diagnostics complémentaires auprès de 60 % des sites du Conservatoire. Normaliser le niveau des inventaires sur les sites terrestres et marins est en effet indispensable pour appréhender le caractère patrimonial de chaque site, et pour intervenir selon des enjeux de biodiversité avérés. Des inventaires complémentaires sont à réaliser sur certains sites dépourvus de bilans patrimoniaux. Ces diagnostics visent à proposer des conditions plus favorables au maintien de la diversité biologique. Ces études sont confiées aux opérateurs locaux les plus compétents : associations naturalistes locales, bureaux d'étude, conservatoires botaniques.

Divers diagnostics ont été initiés pour s'assurer de l'absence de rats parmi les 61 îlets ultra-marins du Conservatoire du littoral, pour la plupart présentant des enjeux faunistiques importants : nidification d'oiseaux, ponte de tortues marines (*cliché 15*). Des opérations de dératisation se sont alors avérées nécessaires, en particulier à Mayotte, qui dispose d'un archipel de 36 îlots protégés au sein du lagon.



**Cliché 16.** Etang de la Barrière, Saint-Martin (M. Cerles)



**Cliché 15.** Ilet Boisseau, Martinique (DEAL Martinique)



Le Conservatoire du littoral protège 23 étangs littoraux pour toutes les collectivités d'outre-mer, dont 14 sont situés à Saint-Martin (*cliché 16*). Ces zones humides sont des haltes migratoires et des lieux d'alimentation et de reproduction pour les oiseaux, qu'il convient de préserver. Une campagne de diagnostics a été initiée à Saint-Martin pour connaître et améliorer la fonctionnalité hydrologique de ces étangs littoraux.

## Fixer des priorités à l'échelle de l'outre-mer

Définir des orientations stratégiques pour la préservation de la biodiversité littorale ultra-marine nécessite de classer par ordre de priorité pour tout l'outre-mer les opérations à engager émanant de ces 5 axes d'intervention. L'urgence des opérations a été évaluée pour chaque site naturel, selon sa valeur patrimoniale et la gravité des pressions que le site subit (*tableau 1*). La valeur patrimoniale (1 faible, 2 moyenne, 3 importante), est croisée à la gravité des pressions (1 faible, 2 moyenne à 3 importante). De ces deux paramètres est obtenue la priorité d'intervention : A : prioritaire, B : moyennement prioritaire, C : peu prioritaire.

Il en résulte qu'il faut intervenir en priorité auprès de 42% des secteurs naturels protégés par le Conservatoire du littoral. Parmi ceux-ci, 15 secteurs ont une haute valeur patrimoniale menacée de disparition, pour laquelle il faut mener le plus rapidement possible des actions de préservation ou de restauration (*figure 3*).

**Tableau 1.** Nombre de secteurs naturels par valeur patrimoniale et priorité d'intervention

|  |   | Priorité d'intervention |    |    | Nbre de secteurs par valeur patrimoniale |
|--|---|-------------------------|----|----|--|
|  |   | A                       | B  | C  |  |
| Valeur patrimoniale                          | 3 | 15                      | 4  | 3  | 22                                       |
|  | 2 | 5                       | 6  | 3  | 14                                       |
|  | 1 | 0                       | 1  | 8  | 9  |
|  | ? | 2                       | 1  | 2  | 5  |
| Nbre de secteurs par priorité d'intervention |   | 22                      | 12 | 16 |  |



# Conservation de la biodiversité dans l'outre-mer français : le rôle de l'UICN France

Aurélie BOCQUET

L'Union internationale pour la conservation de la nature est : la première organisation environnementale créée en 1948 ; une alliance unique comportant plus de 1 000 membres dans 147 pays rassemblant des états, des organismes gouvernementaux et un large éventail d'organisations non gouvernementales ; un réseau de plus de 10 000 experts bénévoles qui apportent leurs connaissances à travers six commissions spécialisées ; une organisation autour de 62 bureaux régionaux et des comités régionaux.

Le Comité français de l'UICN a été créé en 1992. L'outre-mer est, depuis cette date, une priorité géographique. Le Comité a édité en 2003 le premier état des lieux de la biodiversité d'outre-mer. L'ouvrage « Biodiversité et conservation dans les collectivités françaises d'outre-mer » a démontré l'importance du patrimoine naturel, la réalité des menaces et la nécessité d'agir pour protéger et valoriser les richesses uniques de l'outre-mer. Il a fortement contribué à retenir l'attention des responsables politiques et des médias de référence.

Sur la base de cet état des lieux, le Comité français a identifié trois axes d'action stratégiques en outre-mer : sensibiliser les acteurs locaux, nationaux et internationaux en contribuant à améliorer les connaissances sur la biodiversité ; analyser le rôle des politiques publiques et intégrer la biodiversité d'outre-mer dans les processus de décision ; renforcer le dispositif d'acteurs locaux et nationaux.

Le Comité français de l'UICN apporte sa contribution pour la conservation de la biodiversité en outre-mer avec :

- ▶ un objectif, susciter une valeur ajoutée locale par la préservation et la valorisation de la biodiversité,
- ▶ une méthode, concertation et recherche de solutions innovantes grâce au réseau d'acteurs locaux, nationaux et internationaux.

Il s'appuie, pour mettre en œuvre le programme outre-mer, sur un groupe de travail composé de 90 experts issus de 47 organismes. Le Groupe outre-mer a contribué à définir les axes du programme : contribuer à améliorer les connaissances sur la biodiversité d'outre-mer ; analyser le rôle des politiques publiques et d'intégration de la biodiversité dans les processus de décision ; renforcer le

dispositif des acteurs locaux.

## Pour répondre à l'objectif de contribuer à améliorer les connaissances sur la biodiversité d'outre-mer

### Réalisation des chapitres outre-mer de la Liste rouge de l'UICN

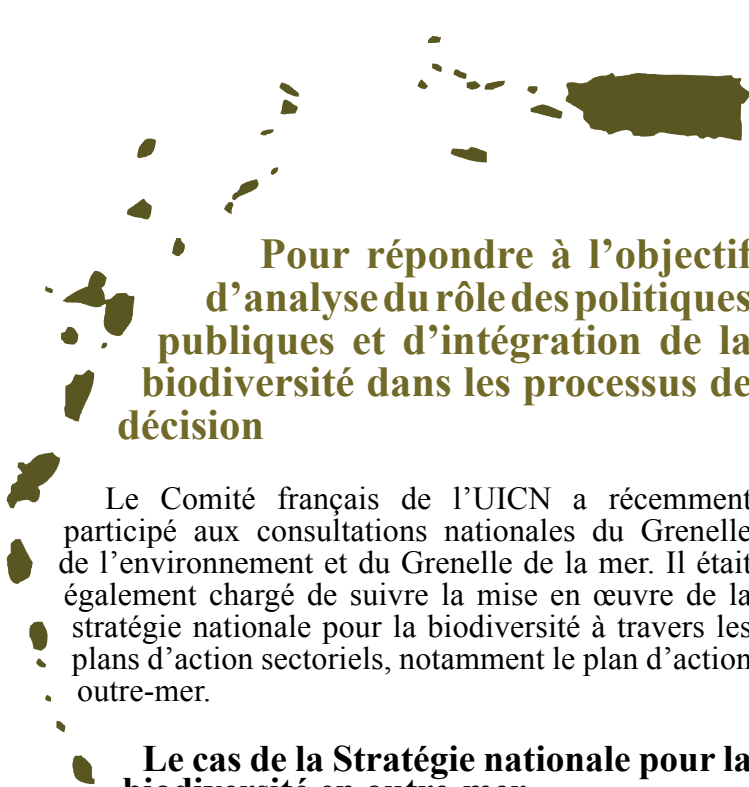
Le Comité français de l'UICN réalise en collaboration avec le Muséum national d'Histoire naturelle la Liste rouge de l'UICN en France. Le travail en outre-mer a commencé en 2009 avec l'élaboration des chapitres faune de la Réunion. Les oiseaux, poissons d'eau douce, cétacés, papillons de jour, reptiles ont ainsi été inventoriés. La Liste rouge de la flore vasculaire de la Réunion sera rendue publique en décembre et la prochaine évaluation portera sur une partie de la flore des Antilles françaises.

### Initiative sur les espèces exotiques envahissantes d'outre-mer

Elle se poursuit depuis 2005, s'appuie sur un groupe de travail et comporte un référent de l'initiative par collectivité. Une publication, éditée en 2008, fait un bilan des espèces présentes en outre-mer, des moyens de lutte mis en place, des acteurs impliqués et des conséquences écologiques et économiques de leur présence.

Elle fait également des recommandations sur les mécanismes de lutte ou des modifications de la réglementation à prévoir. Afin d'améliorer la coopération régionale et harmoniser les moyens d'action, des ateliers techniques régionaux sont organisés. Le premier s'est tenu en fin d'année 2009 en Guadeloupe. Il a rassemblé l'ensemble des acteurs de la zone Caraïbes et visait à définir une stratégie de lutte contre les espèces exotiques envahissantes régionales, afin notamment d'apporter des modifications dans la réglementation liée à l'introduction d'espèces. Le prochain atelier est organisé en novembre en Nouvelle-Calédonie.





## Pour répondre à l'objectif d'analyse du rôle des politiques publiques et d'intégration de la biodiversité dans les processus de décision

Le Comité français de l'UICN a récemment participé aux consultations nationales du Grenelle de l'environnement et du Grenelle de la mer. Il était également chargé de suivre la mise en œuvre de la stratégie nationale pour la biodiversité à travers les plans d'action sectoriels, notamment le plan d'action outre-mer.

### Le cas de la Stratégie nationale pour la biodiversité en outre-mer

En 2010, le Comité français a réalisé un bilan de cette stratégie sur l'outre-mer dans le cadre de l'évaluation de la mise en œuvre de la Convention sur la Diversité Biologique (CDB) menée par le programme du bureau régional Europe de l'UICN sur l'outre-mer européen. En ratifiant la CDB en 1994, puis en élaborant une stratégie nationale pour la biodiversité, la France a, pour la première fois, intégré les enjeux de l'outre-mer à une politique nationale de conservation de la biodiversité, en lui dédiant un plan d'action spécifique. Toutefois, le plan d'action outre-mer de la stratégie nationale n'a pas tenu compte de l'ensemble des objectifs du programme de travail de la CDB sur la biodiversité insulaire. L'accès et le partage des avantages, le développement durable, le changement climatique et les pollutions, cibles importantes pour la CDB, n'ont pas été évoqués.

Les engagements internationaux n'ont pas été entièrement respectés. La question de la conservation de la biodiversité a été traitée partiellement, par le maintien des écosystèmes et des espèces, sans être intégrée dans les politiques sectorielles (agriculture, minier, infrastructures...), responsables de pollutions et de fragmentation des habitats notamment. La promotion d'un développement durable et l'intégration de la société civile sont également indispensables à l'élaboration d'un document stratégique mais ils n'ont pas trouvé de traduction dans la stratégie nationale.

Des financements ont été dédiés à la mise en œuvre des actions, mais ils sont consécutifs aux engagements du Grenelle de l'environnement organisé en 2007. Ils ont été versés aux administrations en 2009, cinq ans après l'adoption des premiers plans d'action locaux. Le plan d'action outre-mer n'avait pas été doté financièrement avant cette date. Le Grenelle de l'environnement a été le vecteur d'avancées notables et a facilité la mise en œuvre des objectifs de la stratégie nationale pour la biodiversité en outre-

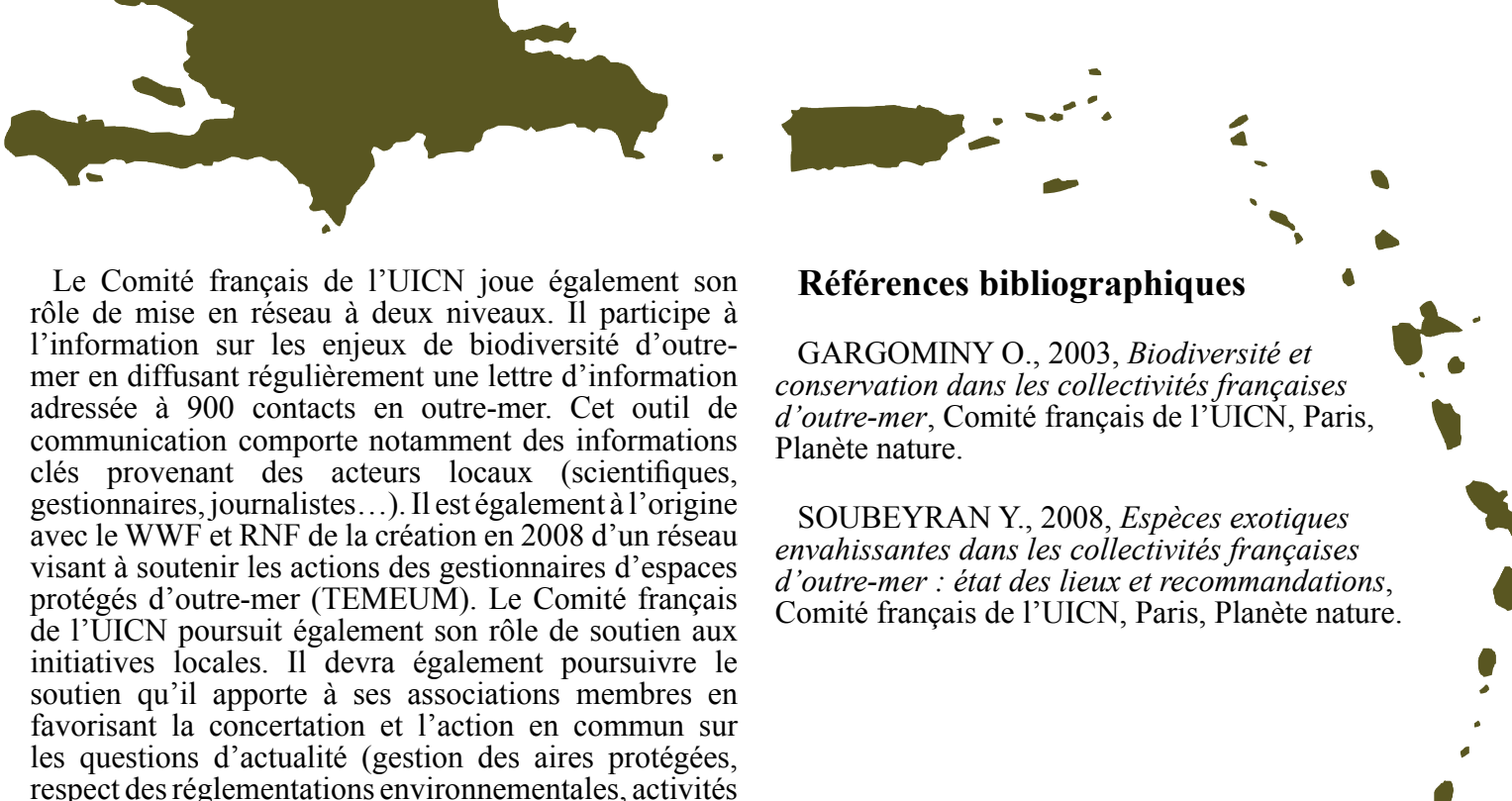
mer, par exemple le lancement de plans de conservation des espèces (plans nationaux d'action) actuellement mis en œuvre notamment en Guadeloupe et Martinique. Les collectivités d'outre-mer restent toutefois encore en retrait de ces avancées importantes. De plus, les plans d'action locaux n'ont pas associé tous les porteurs d'enjeux de la biodiversité. Si les associations locales naturalistes ont souvent été invitées à la réflexion, les conseils régionaux et conseil généraux des DOM n'ont pas été, dans la plupart des cas, intégrés au panel.

L'exercice d'élaboration d'une stratégie locale s'est souvent limité à la définition d'une liste d'actions à conduire sans hiérarchisation des enjeux, ni cohérence territoriale. L'élaboration de stratégies aurait dû conduire parallèlement à la définition d'indicateurs quantitatifs et qualitatifs permettant de constater régulièrement l'influence des actions sur l'objectif général d'enrayer la perte de biodiversité, et les résultats validés par un comité de suivi. Or, la mise en œuvre des actions n'a pas été suivie régulièrement. A l'issue de la période de mise en œuvre du plan d'action, des résultats encourageants sont à souligner comme la création de nouveaux espaces protégés ou la définition de stratégies contre les espèces exotiques envahissantes. La nouvelle stratégie nationale pour la biodiversité en outre-mer devra, à partir de 2011, associer plus largement les porteurs d'enjeux, au niveau local comme au niveau national, et définir des objectifs opérationnels et chiffrés avec des évaluations périodiques des résultats.

### Pour répondre à l'objectif de renforcer le dispositif des acteurs locaux

Nombreux sont les acteurs qui se mobilisent en outre-mer sur les enjeux de conservation et de valorisation du patrimoine naturel. Les dynamiques locales en faveur de la biodiversité sont souvent très vivantes, mais les organisations actives et les porteurs de projets n'en demeurent pas moins fragiles et isolés, alors même qu'ils se mobilisent sur des enjeux largement similaires d'une collectivité à l'autre. Partant du constat qu'un solide réseau d'acteurs mobilisés sur le terrain et connectés entre eux à toutes les échelles est indispensable pour porter des initiatives répondant à l'ampleur des enjeux, le Comité de l'UICN intègre les structures, organismes et associations locales dans son triple réseau national, européen et mondial d'organisations actives pour la nature. En promouvant la mobilisation, les échanges et la concertation entre tous les acteurs, le Comité français souhaite aussi bien favoriser l'action sur le terrain que renforcer les initiatives communes en direction des pouvoirs publics locaux ou nationaux.





Le Comité français de l'UICN joue également son rôle de mise en réseau à deux niveaux. Il participe à l'information sur les enjeux de biodiversité d'outre-mer en diffusant régulièrement une lettre d'information adressée à 900 contacts en outre-mer. Cet outil de communication comporte notamment des informations clés provenant des acteurs locaux (scientifiques, gestionnaires, journalistes...). Il est également à l'origine avec le WWF et RNF de la création en 2008 d'un réseau visant à soutenir les actions des gestionnaires d'espaces protégés d'outre-mer (TEMEUM). Le Comité français de l'UICN poursuit également son rôle de soutien aux initiatives locales. Il devra également poursuivre le soutien qu'il apporte à ses associations membres en favorisant la concertation et l'action en commun sur les questions d'actualité (gestion des aires protégées, respect des réglementations environnementales, activités minières...), en appuyant au niveau local les positions prises par ces associations, et en relayant au niveau national leurs préoccupations. Il s'agit donc de continuer à jouer un rôle de plate-forme de concertation sur les enjeux de la biodiversité, et un rôle de veille et d'alerte en direction des autorités et des médias nationaux ou internationaux. Il s'agit également de veiller à ce que ces acteurs locaux disposent de financements pérennes pour mettre en œuvre leurs activités. Tous ces efforts contribuent à encourager la mobilisation des acteurs et l'appropriation locale des enjeux.

## Références bibliographiques

GARGOMINY O., 2003, *Biodiversité et conservation dans les collectivités françaises d'outre-mer*, Comité français de l'UICN, Paris, Planète nature.

SOUBEYRAN Y., 2008, *Espèces exotiques envahissantes dans les collectivités françaises d'outre-mer : état des lieux et recommandations*, Comité français de l'UICN, Paris, Planète nature.





*Anses d'Arlet - DEAL Martinique*

# Synthèses



# Première partie : Mieux connaître la biodiversité

Max LOUIS

Ce rapport fait la synthèse des 17 communications présentées sur les 19 prévues. Pour faciliter la présentation, j'ai repris l'architecture établie par les organisateurs. Elle est structurée en cinq grands thèmes :

- Représentations et perceptions de la biodiversité ;
- Une histoire naturelle de la biodiversité dans les Petites Antilles ;
- Reptiles et Amphibiens ;
- Mammifères et oiseaux ;
- Habitats et fonctions écologiques

Des passerelles ont été faites entre certains thèmes, en particulier quand il s'agissait des méthodologies mises en place et des leçons à tirer à partir des expériences de terrain.

## Thème 1 : Représentations et perceptions de la biodiversité dans les îles

Ce thème a été abordé sous trois aspects différents : un aspect socio-politique, un aspect socio-économique et vu à travers le prisme de l'artiste :

► Conception « socio-politique » : où le concept néologique de la biodiversité est perçu maintenant comme une véritable idéologie. Au départ, la biodiversité consistait en un inventaire du vivant par les biologistes, aux niveaux moléculaire, spécifique, populationnel et écosystémique. Cette biodiversité doit être désormais perçue comme un concept sociétal, barycentre entre société et diversité biologique. C'est une valeur multidisciplinaire qui nous concerne tous. Elle est à la fois bio-centriste, éco-centriste et anthropocentriste par le fait qu'elle intègre la protection, la conservation et la valorisation des ressources dans une approche intégrée aux besoins économiques de la société.

► Conception « socio-économique » : où il est rappelé que ce concept multidisciplinaire qu'est la biodiversité pour un maintien durable des ressources s'oppose désormais à la mondialisation porteuse de déséquilibres graves, de pauvreté, d'inégalités croissantes (paupérisation des plus pauvres au profit des plus nantis). Elle oppose la cohésion territoriale à la cohésion économique mondiale basée sur un libéralisme « extrémiste ». À l'exemple de la Martinique, « île à manioc » devenue « île à sucre » avec tous les dangers de l'économie monoculturelle comparée à la trilogie pêche, chasse, cueillette d'autrefois. Les sociétés doivent se concevoir pour elles-mêmes et non pour servir le marché mondial.


► La biodiversité vue à travers le prisme de l'artiste : l'art, excellent véhicule de promotion et de concrétisation des choses est intimement lié à l'homme. Par son aspect parfois éphémère, l'art est porteur de messages humanistes universels rapprochant l'homme de la nature dont il n'est qu'un élément, et donc de la biodiversité.

## Thème 2 : Une histoire naturelle de la biodiversité dans les Petites Antilles

L'histoire naturelle de cette biodiversité des Petites Antilles est approchée à travers des études biogéographiques des insectes, des observations biogéographiques des chauves-souris et les introductions d'amphibiens et de reptiles dans ces îles.

Ainsi, les insectes comme les Lépidoptères et les Coléoptères qui ont peuplé les îles sont venus essentiellement du continent américain en passant par le Nord (Porto Rico) ou par le Sud (Trinidad & Tobago) avec une colonisation soit d'île en île, soit aléatoire, soit par sauts (sauts de grenouille), par voie aérienne ou sur des bois flottés. En passant ainsi du continent vers les îles, les richesses spécifiques ont diminué progressivement, tout en restant à peu près proportionnelles à la surface de ces îles. Toutefois, les îles du centre se sont trouvées mieux loties que celles de la périphérie, car profitant à la fois des apports du nord et du sud.





Par ailleurs, l'isolement géographique lié à l'insularité a favorisé également un endémisme plus important dans ces îles du centre.

Les phénomènes sont un peu différents pour les chauves-souris, qui ne se déplacent pas d'île en île de manière volontaire. Avec 26 espèces observées dans les Petites Antilles, la diversité reste cependant faible, comparée à celle des grandes îles. Toutefois, 11 espèces sont endémiques dans ces petites îles.

Les dégradations des milieux, d'origines naturelles et anthropiques sont, bien entendu, responsables de la disparition progressive et parfois brutale de certaines espèces endémiques. C'est en particulier le cas pour les chauves-souris dont la disparition est souvent liée à la destruction des forêts primaires.

L'introduction d'espèces par l'homme, soit accidentelle (exemple des grenouilles arrivées dans les conteneurs avec les végétaux), soit volontaire (exemple de la lutte biologique), reste encore malheureusement un mode de colonisation active dans ces îles des petites Antilles. Ces espèces introduites, lorsqu'elles s'adaptent et que des populations s'installent, se propagent généralement aux dépens d'espèces autochtones et/ou endémiques (exemple de la grenouille de Grenade (*Pristimantis euphronides*), espèce endémique en déclin, supplantée par la grenouille invasive (*Eleutherodactylus johnstonei*) qu'on retrouve dans 25 îles.


Plus des deux tiers des espèces introduites d'amphibiens et de reptiles se sont établies et beaucoup d'entre elles ne se trouvent que dans deux ou trois îles.

Pour lutter contre les introductions d'espèces, il apparaît que la prévention reste de loin préférable à l'éradication. Par ailleurs, en matière de lutte contre l'introduction d'espèces, la nécessité d'harmoniser les efforts entre les gouvernements des différentes îles reste une forte recommandation.

### Thème 3 : Reptiles et amphibiens

Ces deux groupes ont fait l'objet de présentations spécifiques tant du point de vue des méthodes d'études que de l'exploitation des résultats obtenus.

► Une étude éthologique a été menée sur la grenouille de Grenade (*Pristimantis euphronides*), espèce endémique, en compétition avec l'Hylode Johnstone (*Eleutherodactylus johnstonei*), espèce invasive. Il apparaît que lorsque les conditions environnementales sont bonnes, les deux espèces restent bien présentes. En revanche, lorsque les



conditions environnementales se dégradent (par exemple, en cas de dessiccation du milieu), c'est l'espèce endémique qui voit ses populations diminuer.

► Autre étude spécifique sur la spéciation et la divergence des anolis de Martinique en relation avec les zones de contacts secondaires des différentes parties géologiques qui ont constitué plus tard la Martinique. Cette spéciation dépend principalement de l'impact du régime de sélection, en l'occurrence plus fort dans la zone de contact en forêt que sur la côte.

► Une autre étude phylogéographique menée sur l'herpétofaune martiniquaise en relation avec la reconstitution de l'histoire géologique de l'île montre comment l'espèce diverge en fonction de ses caractéristiques biologiques. L'auteur introduit la notion de « géochronologie moléculaire » qu'il convient de manipuler, selon lui, avec précaution. En définitive, il apparaît que la Martinique a perdu des espèces endémiques et a gagné des espèces invasives.

► Une dernière étude menée en phylogénie des serpents dans les Petites Antilles a permis de mieux comprendre la classification de ces espèces qui a été rapprochée de leur mode de colonisation des îles depuis l'Amérique du Sud ou de dispersion à partir des Grandes Antilles.


Des discussions qui ont suivi, il est ressorti tout l'intérêt qu'il y a de poursuivre les études sur ces populations de reptiles et d'amphibiens, afin de mieux comprendre les dynamiques des peuplements (installation ou disparitions d'espèces). Ces études demandent la mise en œuvre de moyens conséquents et suivis dans le temps, pour élaborer des méthodes d'échantillonnage à la hauteur des résultats recherchés ou à confirmer.

### Thème 4 : Mammifères et oiseaux

Là aussi, le problème des espèces invasives a été soulevé en proposant toute une stratégie méthodologique pour l'évaluation des invasions biologiques, avec comme cas d'école, celui du moineau domestique dans les Antilles, introduit depuis l'Europe en passant par le continent américain puis Cuba puis la Jamaïque.

Les oiseaux et les mammifères constituent souvent des groupes très emblématiques dans l'imaginaire des populations. Une étude naturaliste a été menée à la presqu'île de la Caravelle et a permis de mieux comprendre le comportement du moqueur gorge blanche et son adaptation au milieu pour échapper en particulier aux prédateurs comme les rats. Ces derniers peuvent causer des ravages considérables chez de nombreuses espèces endémiques. Ainsi, à Grenade, des éradications par empoisonnement des rats sur certaines îles ont permis la restauration de populations de la couresse d'Antigue.





L'étude des populations de chauves-souris « rats volants » en milieu agricole a montré que cinq espèces sur 11 présentes en Martinique fréquentent les vergers et qu'au moins trois sur cinq de ces espèces consomment des goyaves.

Le débat qui a suivi la présentation de ce thème s'est également focalisé sur les espèces invasives et la conduite à tenir face à ce péril. Il apparaît que pour ce qui concerne les Antilles françaises, l'implication régionale peut être certainement plus efficace que les directives depuis Paris et les actions au niveau national.

## Thème 5 : Habitats et fonctions écologiques

La connaissance de l'habitat constitue un élément clé dans la compréhension de l'écologie d'une espèce. L'étude des habitats, en relation avec les facteurs du milieu est une donnée importante qui nécessite des investigations sur le terrain, parfois difficiles à réaliser de manière exhaustive. La cartographie par télédétection est une technique couramment utilisée pour évaluer les superficies des habitats. Ainsi, il a été possible d'estimer les surfaces de gagnage pour les populations de Moqueurs gorge blanche endémiques à la Martinique et à Sainte-Lucie.

► La télédétection, couplée à la connaissance des facteurs du milieu favorables ou défavorables à l'installation de cette espèce et après validation sur le terrain, a permis de cartographier les sites de gagnage potentiels pour l'espèce. En l'occurrence, les résultats les plus fiables ont été obtenus dans l'évaluation des zones défavorables.

► Une étude portant sur l'habitat de quatre espèces de grenouilles, dont la grenouille endémique de Grenade (*Pristimantis euphronides*) montre que la diminution de la couverture forestière, passée de 60 % à 15 %, le changement climatique (destruction de la canopée en 2006 par l'ouragan Ivan) et la compétition interspécifique, ont entraîné une perte de la biodiversité dans cette île.

► Un dernier exemple d'étude de milieu a été celle effectuée sur les mangroves de Martinique, face aux contraintes (stress) et aux perturbations. L'évolution de l'architecture des arbres, de la surface foliaire et de la respiration apparaissent comme de bons indicateurs permettant de suivre l'état de santé des mangroves.

En définitive, au terme des présentations et des discussions qui ont pu se faire avec le public, il apparaît qu'une des préoccupations majeures actuellement concerne la perte de la biodiversité liée à la disparition des espèces endémiques au profit d'espèces invasives. Cette question fait tout de même encore débat dans le milieu des scientifiques, pour lequel il s'agit d'évaluer le bon niveau des enjeux.



# Deuxième partie : Mieux gérer la biodiversité

*Franck DOLIQUE*

La seconde session intitulée « mieux gérer la biodiversité » comportait 17 communications. Le premier mot de l'intitulé de cette session est déjà important : « mieux » : en effet, on part d'un constat, d'un bilan et on envisage immédiatement, grâce à ce genre de réunions, de colloque, comment améliorer les choses, dans une démarche progressiste et positive.

Puisqu'on parle de bilan, celui-ci n'est pas mauvais. Les îles caraïbes sont classées comme hot-spots de la biodiversité. Elles comptent 90 000 Km<sup>2</sup> de territoires protégés. Les Antilles françaises tirent leur épingle du jeu puisque Martinique et Guadeloupe se classent en 1<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> position des surfaces protégées avec respectivement 774 et 456 km<sup>2</sup> de protection. Alors gérer la biodiversité, cela signifie quoi ? On peut d'ailleurs se demander en aparté si l'homme a la prétention de gérer la biodiversité ou plutôt si ce n'est pas la biodiversité qui nous gère. Je ne rentrerai pas dans ce débat.

La gestion de la biodiversité se réalise à partir d'outils (mots clés ici) et peut généralement s'articuler à partir de 3 niveaux :

- ▶ Les outils réglementaires, périmètres de protection
- ▶ Les outils d'observation et de compréhension (espèces, processus) et qui conduisent à la recherche scientifique
- ▶ Les outils de diffusion, de valorisation, partage des connaissances

## Les outils réglementaires

Le regard que l'on en a de l'extérieur est généralement celui d'un grand fouillis, d'un manque de lisibilité lié au nombre de labels de protection (aires protégées nationales, réserves de biosphère, des sites Ramsar, sites d'héritage patrimonial) et au nombre important d'intervenants (Etat : DIREN, ONF ; Régionales : collectivités territoriales, PNR ; association...). Tout ce tissu était représenté sur cette session.

En ce qui concerne les outils réglementaires, nous avons beaucoup à gagner de l'expérience de nos voisins caribéens, en particulier de celle des pays à influence anglo-saxonne mais qui ont aussi leurs propres difficultés : c'est le cas de l'expérience du Matura National Park de Trinidad et Tobago présentée par Mickael Oatham.

Corinne Plantin, avec la perspective de gestion et de protection des arbres remarquables nous fait toucher du doigt la notion d'échelle de protection. Nous allons de l'échelle mondiale et régionale (IUCN) à l'individu isolé dans une commune.

Le travail sur le terrain de l'association Carouge nous montre que la protection peut s'exprimer également par les soins que l'on peut apporter (on touche là à l'intervention physique sur un élément écosystémique).

La Fédération des chasseurs de Martinique nous a expliqué comment ses adhérents pouvaient également, à leur manière, apporter leur pierre à l'édifice de consolidation par la gestion cynégétique, importante pour une conservation durable, réfléchie et raisonnée de certaines espèces.

Gérer, c'est concilier aussi parfois la protection avec les intérêts des populations locales. On l'a vu avec Bénédicte Thibaud et les éléphants du Mali ou encore avec ces poignants décalages à Haïti entre la ressource forestière pillée et les besoins de la population, entre la nécessité de protéger des grenouilles et celle de protéger la population contre les aléas naturels. Ce sont les exemples qui nous ont été rapportés par Blair Hedges.

Catherine Godefroid et Nadine Vénunier nous ont présenté des exemples de gestion au quotidien de réserves naturelles, l'ONF et ses RBI et RBD pour la première, le parc des îlets de Sainte-Anne pour la seconde. Et dans les deux cas, on voit comment ces structures de protection amènent à la mise en place d'études pour une meilleure compréhension de la biodiversité, ce qui nous conduit au second axe de la gestion : l'observation et la compréhension.

## Les outils de gestion et de compréhension : vers la recherche scientifique

La biodiversité est confrontée à certains enjeux actuels fondamentaux comme la gestion des espèces invasives ou les effets du changement global. Là encore, nous avons besoin aux Antilles des retours d'expérience de nos voisins et en ce sens, la communication d'Ulrike Krauss sur les IAS (invasive alien species) nous est très utile. À noter aucune communication sur les perspectives de gestion de la biodiversité face aux changements climatiques, témoin certainement de la désorganisation que l'on connaît à l'heure actuelle à l'échelle mondiale sur ce sujet.

Alors, comprendre, c'est avant tout observer. Actuellement, nous vivons une époque de collecte d'information par la multiplication des observatoires. Harry Gros- Désormeaux va dans ce sens avec son exemple de mise en place de capteurs autonomes pour l'avifaune. Je cite aussi ici quelques mots entendus au cours de cette séance : parcelles d'expérimentation, placettes, prélèvements, captures.

L'observation aboutit à une meilleure compréhension des processus ou des comportements, et à la fin de la chaîne de raisonnement, nous pouvons aboutir à l'innovation. Un exemple intéressant nous a été fourni par Murielle Mantran sur les perspectives de réintroduction d'un écosystème plus respectueux au sein des bananeraies, avec un message important, celui de durabilité. Et puisqu'on en est au message, cela nous amène au troisième point, celui de la diffusion de l'information.

## Outils de diffusion, valorisation et partage des connaissances

Voilà un point important et les communicants de cette session ne s'y sont pas trompés, chaque intervention abordait ce sujet. Obtenir et maîtriser de la donnée sur la biodiversité, c'est bien mais ce ne serait rien sans la valorisation et la diffusion. En ce sens, le recours aux nouvelles technologies est maintenant incontournable, en particulier la géomatique. Antoine Cheula (première session) nous a montré l'intérêt des images satellitaires, intérêt qui se développe de plus en plus grâce à la multiplicité croissante des fournitures d'images à des coûts d'acquisition réduits voire inexistantes.

La centralisation, la compilation de la donnée dans le cadre de systèmes d'information est également nécessaire à condition qu'elle soit connue et accessible à tous. C'est le cas de la remarquable initiative SINP présentée par Marion Patin, qui identifie les acteurs, dresse un état des lieux et met à disposition de tous de la donnée dans une perspective de mutualisation au service de la gestion de la biodiversité.

La diffusion ne serait rien si elle ne s'accompagnait pas d'un effort d'information vers ceux qui feront la gestion de la biodiversité de demain : les scolaires. Le rôle de l'action éducative est important et amène à un néologisme, celui d'éco-citoyenneté. Cette circulation d'information est facilitée par l'adaptation des discours aux réalités locales, sujet qu'aborde Magalie Ferment, de l'association Civisme et démocratie. Un autre très bon travail est mené sur le terrain par le comité de randonnée pédestre avec l'opération un chemin une école, initiative qui mérite d'être très positivement soulignée ici par sa grande implication.

Une structure physique, comme la station de recherche du Wright Nature Center de Trinidad et Tobago peut également être un outil très productif pour la diffusion des connaissances vers des publics divers et larges.

Valoriser la biodiversité, c'est aussi rechercher la substance utile, l'utilité primaire pour les sociétés. Le travail d'ethno-pharmacologie présenté par Emmanuel Nossin va dans ce sens. Il démontre que le savoir ancestral sur l'utilité pratique des plantes peut parfois mener à se substituer (partiellement voire totalement) à la médecine moderne quand le besoin s'en fait sentir.

Enfin, il est nécessaire de maîtriser certains outils de la communication tels que les posters d'exposition (travail du CAUE sur les arbres, plaquettes et dépliants, la cartographie interactive, littérature vulgarisée, les DVD et vidéos interactives avec notamment une visite virtuelle des îlets de Sainte-Anne et bien sûr, l'ouverture aisée sur le monde que constitue internet, avec les exemples des sites mis en place par pratiquement tous les acteurs, je fais référence aussi au travail mené par Blair Hedges avec les trois sites présentés.

Pour conclure, je dirais qu'une bonne gestion de la biodiversité passe par une maîtrise des outils à différents niveaux d'échelles d'espaces. La maîtrise de ces outils pose inévitablement le problème du coût de la gestion de la biodiversité (comme le disait un intervenant au cours du débat) et de la durabilité de cette gestion à terme.

Enfin, je souhaitais signaler que les aires protégées et leurs structures de gestion peuvent être assimilées à de véritables laboratoires naturels générant expérimentations et autres études scientifiques. On y pense pas assez mais à l'heure où les politiques publiques orientent les laboratoires vers la recherche de financements européens, internationaux, gardons aussi à l'esprit qu'il existe un potentiel local fort pour mener des études locales sur la biodiversité.



# Troisième partie : Quelle gouvernance ?

Patrick QUENEHERVE

Ce rapport fait la synthèse des 8 communications présentées sur les 9 prévues en posant la question de la gouvernance de la biodiversité. Ce rapport s'articule en trois parties :

- ▶ d'une part sur la perception de la biodiversité de différents intervenants du monde politique et institutionnel de la Martinique
- ▶ d'autre part à travers les présentations des intervenants de cette session 3
- ▶ enfin dans une dernière partie, j'exposerai les différents défis et enjeux de ce que pourrait être une nouvelle gouvernance de la biodiversité dans nos régions.

## Perception de la biodiversité et de sa gouvernance par le monde politique et institutionnel

Tout d'abord M. Luc Clementé, Maire de Schœlcher, se réjouit du partage d'expérience à l'occasion de ce colloque et insiste sur le fait que cette richesse de la biodiversité à la Martinique doit contribuer non seulement au développement des connaissances des scientifiques mais aussi au développement économique et touristique de l'île.

M. Philippe Saint-Cyr, vice président de l'Université des Antilles et de la Guyane, insiste sur la préservation de cette biodiversité, notamment sur des sites sensibles comme les îlets de la Martinique, et sur le fait que les connaissances et inventaires de cette biodiversité ne sont pas encore complétés. Il s'interroge sur la politique et les compétences des différentes institutions de Martinique (Etat, Conseil Régional, Conseil Général, Conservatoire du Littoral) en matière de biodiversité. Enfin il souhaite une prise de conscience du public, une meilleure coordination et concentration des pouvoirs pour une meilleure efficacité.


M. Daniel Chomet, président du Parc Naturel Régional de la Martinique et membre élu du Conseil Régional, s'inquiète lui de l'érosion de la biodiversité alors que le taux d'espèces dites endémiques apparaît si important dans la région. Il pose la question de la vision à long terme et des engagements à prendre pour mieux faire connaître, valoriser et préserver cette biodiversité pour les générations futures. M. Daniel Chomet s'interroge également sur les liens entre cette riche biodiversité et d'éventuels leviers de développement, outils et acteurs au service de la population dont il rappelle qu'en 2011, une grande partie vit encore en dessous du seuil de pauvreté.

M. Jean-René Vacher, représentant le Préfet, souligne lui aussi l'importance de l'érosion de cette biodiversité (Constat de l'UICN avec une perte de la moitié des espèces présentes pour la fin du siècle). Il note avec satisfaction la multiplication des initiatives, depuis la conférence de Rio (1992) jusqu'à « l'Année de la biodiversité » en 2010 et la Convention sur la Biodiversité biologique (Nagoya, 2010). Il relève également la multiplication des acteurs, qui si elle est une source de complexité dans les liens qu'entretiennent ces acteurs entre eux n'en demeure pas moins une richesse pour la progression des connaissances.

## Les interventions

M. Guillaume Lalubie (UAG) par sa présentation intitulée les « Orientations de la gestion de la faune halieutique à la Martinique face à la complexité insulaire » démontre la trop grande complexité de gouvernance entre instances locales et services de l'état notamment pour la gestion des cours d'eau (SDVP, PDPG, etc.). Il fait état également du manque de connaissances scientifiques sur ces milieux et de l'inquiétude grandissante vis-à-vis de la pollution par les pesticides. Il souhaiterait un programme hiérarchisé des actions à mener pour pallier ces manques.





Mme Bénédicte Chanteur (Parc Naturel Régional de la Martinique) nous a présenté le projet de réserve naturelle régionale de Genipa : outil de protection innovant en Martinique à l'interface terre-mer. Cette présentation nous a interpellé sur les articulations entre réserves régionales et réserves nationales.

Mme Caroline Legouez (ONCFS, Martinique) nous a présenté le plan national d'actions de l'iguane des Petites Antilles, qui émerge après plus de 10 ans d'études scientifiques. Ceci montre que la priorité des scientifiques n'est pas forcément la priorité de tout le monde. Il y a non seulement la nécessité d'appropriation des résultats de la recherche par le plus grand nombre (groupe de travail, comités de suivi) mais aussi la nécessité non seulement du savoir-faire mais du 'faire savoir'.

M. Maurice Burac (UAG) nous a présenté une revue exhaustive des instruments et initiatives dans la région à travers son exposé intitulé « Gouvernance et biodiversité insulaire : le cas des Antilles françaises ». Il nous invite toutefois à sortir des textes (lois, décrets, arrêtés, directives) pour multiplier les initiatives visant à sensibiliser la population à la réduction de la biodiversité. Il recense la multiplicité des acteurs depuis l'échelon européen jusqu'à l'échelon régional. Enfin il constate que si les textes réglementaires existent, il est nécessaire d'avoir une approche réactive notamment en terme de contrôle, avec une attention toute particulière pour les espèces invasives.

Mme Marie Michelle Moreau (Conservatoire du littoral, Martinique) à travers sa présentation « La stratégie d'intervention du Conservatoire du Littoral pour la conservation de la biodiversité Outre Mer » nous présente la notion de corridors écologiques, espaces remarquables de biodiversité, dont la valeur patrimoniale pour nos régions est à prendre en compte en urgence.

Mme Aurélie Bocquet (UICN, France) à travers sa présentation « Conservation de la biodiversité dans l'outre-mer français » fait le constat des différents freins auxquels la conservation de la biodiversité dans l'outre-mer est confrontée : des financements trop tardifs, des porteurs d'enjeux pas toujours associés et bien souvent une somme d'actions en lieu et place d'une véritable stratégie territoriale. Il lui apparaît nécessaire de disposer de documents de synthèse pour accélérer la prise de conscience et la mobilisation collective.

Julie Riegel (CAP-DOM) à travers sa présentation « The importance of French Overseas departments and overseas countries and territories of the European Union for the protection of biodiversity : progress so far » va encore plus loin dans la critique en disant que les politiques communautaires sont dommageables. En effet elle mentionne que les attributions des fonds européens (PAC, FEDER) ne sont pas soumises à une éco-conditionnalité. Il y a donc une véritable nécessité de

faire remonter l'importance et l'intérêt de la biodiversité de l'outre-mer auprès des instances européennes par un travail de lobbying des instances régionales (Conseil Régional, Conseil Général, UAG).

## Quelle gouvernance ?

Les différentes interventions nous ont déjà donné les principales informations pour répondre à cette difficile question. Néanmoins, force est de constater que depuis ces dernières années, si de nouveaux lieux de dialogues se sont ouverts, si les relations entre acteurs ont changé, si les actions se multiplient, l'inertie continue. Peut être que les financements manquent, que les contrôles ne se font pas, que la réglementation n'est pas adaptée et donc il faut agir en ce sens.

Le rapport de Mme Ducroux<sup>1</sup> liste les différents défis et enjeux que nous pouvons nous approprier. Le premier défi c'est « avoir le courage de décider autrement, de changer les méthodes, de préférer la décision issue de la négociation plutôt que la décision issue de l'administration (N. Sarkozy, Grenelle de l'environnement, octobre 2007). Le second défi c'est l'amélioration de l'articulation entre les acteurs. Le troisième défi réside dans l'état de la biodiversité.

Une nouvelle gouvernance serait une innovation sociale et sociétale majeure, aussi attendue par la population que mal repérée politiquement. Il y a toujours une question de confiance, entre citoyens et leurs institutions pour faire face démocratiquement aux enjeux majeurs. L'expérience montre qu'également vis-à-vis des enjeux de la biodiversité, acteurs et décideurs ont besoin de rencontres pour l'action et cette conférence en est un bon exemple. Les enjeux du vivant, aujourd'hui et demain, sont bien souvent défendus par des tiers, volontaires ou passionnés, par ceux qui en ont pris conscience. Par le passé (2003), seuls de 3 à 5% des décideurs, indépendamment de leur appartenance politique, pensaient que les enjeux environnementaux (paysage, flore, faune) devaient constituer une priorité du gouvernement. Les politiques et la société, en dehors des textes, ont besoin d'adhérer à un même objectif, par une coalition des acteurs, par une multiplication des informations et des échanges pour préparer collectivement des réponses inédites aux enjeux interconnectés de la biodiversité et du développement durable. Une nouvelle gouvernance de la biodiversité c'est une ingénierie scientifique, politique et sociétale de la complexité qu'il faut inventer régionalement.

<sup>1</sup> Anne-Marie Ducroux. Note de cadrage sur les enjeux de la gouvernance, Conférence française pour la Biodiversité, 10-12 Mai 2010.





*Tortue - DEAL Martinique*

# Résumés Abstracts



## Pristimantis euphronides, observations in the field and captivity: conservation implications

Craig S. BERG, Billie C. HARRISON, Robert W. HENDERSON

The island of Grenada, West Indies, is home to four species of amphibians. The Grenada Frog (*Pristimantis euphronides*) is the only frog species endemic to the island. It is listed as endangered on the IUCN Red List. Although it is likely that it was once widespread on the island, land use patterns and competition with the invasive Johnstone's Whistling Frog (*Eleutherodactylus johnstonei*) now limits the range of the Grenada frog to about 16 km<sup>2</sup>. Surveys conducted from 2004 to 2009 indicated that the numbers of frogs were dropping, even in protected areas. In 2009, 60 swab samples were taken from both frog species at three sites. These samples were analyzed for the presence of the fungus *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd). This fungus causes the amphibian disease chytridiomycosis, also known as chytrid. Both species were infected at all three sites. In 2010, *E. johnstonei* were swabbed at three additional sites. Chytrid is likely to pose the most severe threat to the Grenada

frog, which is only found at high elevations where both temperature and moisture regimes are ideal for chytrid to thrive. Grenada Frogs have laid fertile eggs at the Milwaukee County Zoo, however they failed to hatch. In order to determine the habitat parameters that may be important for successful egg development, we have radio-tracked Grenada Frogs to their diurnal resting sites and planted data loggers to monitor the microhabitat. Assurance colonies may need to be established to preserve the species.

Key words: Strabomantidae; *Pristimantis*; *Eleutherodactylus*; Grenada; Lesser Antilles; radio-tracking; *Batrachochytrium dendrobatidis*; chytrid; Hurricane Ivan; captive reproduction; home range; habitat loss; conservation

## Conservation de la biodiversité dans l'outre-mer français : le rôle de l'UICN France

Aurélie BOCQUET

L'outre-mer français rassemble 80 % de la biodiversité du territoire. Le rapport « Biodiversité et conservation dans les collectivités françaises d'outre-mer » publié en 2003 par le Comité français de l'UICN a mis en évidence le caractère exceptionnel et l'importance mondiale de la biodiversité de l'outre-mer français. L'outre-mer est une priorité géographique d'action du Comité français de l'UICN. Pour répondre aux enjeux, le Comité français de l'UICN coordonne un groupe de travail spécifique réunissant près de 100 experts issus de 47 organismes publics ou privés, présents dans les collectivités d'outre-mer ou très impliqués localement. Le programme de travail s'articule autour de trois axes : améliorer et diffuser les connaissances ; contribuer aux politiques publiques ; renforcer les acteurs locaux. Sur chacun de ces axes, différentes actions sont engagées. Il s'agit : 1/ de rassembler et de valoriser les données scientifiques sur la biodiversité et d'intégrer ces informations dans le processus de décision des acteurs publics et privés ; 2/ de renforcer la prise en compte de la biodiversité des collectivités d'outre-mer dans les politiques publiques nationales et européennes, et en particulier dans les politiques et mécanismes financiers de développement ; 3/ de soutenir les acteurs locaux pour renforcer leur capacité à s'impliquer pour la biodiversité.

The french overseas territories collect 80 % of the french biodiversity. The report "Biodiversity and conservation in the French overseas territories" published in 2003 by the French Committee of the IUCN highlighted the importance of the biodiversity of the french overseas territories. This heritage confers on France an international responsibility to stop the decline of the biodiversity. To answer the stakes, the French Committee of the IUCN coordinates a specific workgroup combining 100 experts from 47 public or private, based in overseas territories or very involved. The program of work on overseas territories articulates around three axis: improve the knowledge; to contribute to the public policies; to strengthen the local actors. More specifically, the objectives are : 1/ to collect and to increase the value of the scientific data on biodiversity and to integrate this information into the process of decision of the public and private actors; 2/ to strengthen the consideration of the overseas territories in the national and European public policies, and in particular in the financial mechanisms of development; 3/ to support the local actors to strengthen their capacity of involvement for the conservation of the *biodiversity*.





## Participatory forest management in the Caribbean: lessons on making it work, livelihood benefits and conservation benefits

Neila BOBB-PRESCOTT, Nicole LEOTAUD

How can we catalyse and facilitate effective participation of all stakeholders in forest management? Do participatory approaches result in increased benefits to the livelihoods of people, especially of forest users from rural communities? Do participatory approaches result in improved conservation of forests? This paper presents findings from research by the Caribbean Natural Resources Institute (CANARI) on case studies of participatory approaches to managing forest biodiversity in the English-speaking islands of the Caribbean.

Participatory approaches are increasingly being advocated across the Caribbean islands, but there are few practical examples and rarely independent analysis of the results and lessons learnt. CANARI used the livelihoods framework approach developed by the Department for International Development to assess benefits to people's natural assets, physical assets, human assets, social assets (including political and cultural) and economic assets. Findings indicate that while there are not always significant economic benefits for many people, other benefits for communities living adjacent to the forested areas are significant. The case studies demonstrate that built trust between the government agencies responsible for forest management and the community groups using the forests and partnering with government in management is more important

that having formal management agreements in place. Enabling policies, laws, structures and practices to support participatory forest management are also important. There are key internal capacities needed within community groups and government agencies involved in participatory governance arrangements and these differ between the two groups. Community groups need to have strong leadership, good internal governance, good communication and networking skills, and basic technical knowledge and skills in sustainable forest management. Government agencies engaging in participatory forest management arrangements must have a belief in and commitment to meaningful participation of resource users in forest management and the skills to facilitate participatory processes. More research documenting the impacts of participatory approaches to forest management in the Caribbean is needed. CANARI has piloted the use of participatory research methods to engage community groups and other stakeholders in assessing what are the results of their work and lessons on process. Building capacity for the collection of baseline data and ongoing assessment is an important element in facilitating participatory forest management arrangements that are effective and adapt to changing conditions.

**Key words:** Participation, forest management, Caribbean, community, livelihoods

## Composition et endémisme de l'herpétofaune martiniquaise : histoire géologique et différenciation intra-insulaire du sphérodactyle

Michel BREUIL

L'herpétofaune martiniquaise est composée de quatre groupes biogéographiques distincts : 10 espèces endémiques strictes de Martinique dont certaines se sont différenciées en plusieurs sous-espèces ; 5 espèces présentes en Martinique mais aussi sur au moins une autre île des Petites Antilles, ce sont les endémiques caraïbes, sept taxons sud-américains dont un seul est arrivé par ses propres moyens et deux taxons introduits du nouveau Monde. Quatre voire cinq taxons ont disparu dont des endémiques strictes. En revanche, de nouvelles espèces d'amphibiens et de reptiles se sont installées dont certaines à fort pouvoir invasif qui mettent en danger les espèces endémiques martiniquaises ou caraïbes. L'étude de la répartition et de la différenciation des sphérodactyles, en parallèle avec la reconstitution de l'histoire géologique de l'île, montre comment diverge une espèce en fonction de ses caractéristiques biologiques.

**Mots-clés :** *Sphaerodactylus vincenti*, phylogeographie, herpétofaune endémique, Martinique, espèces invasives, biogéographie.

The Martinique herpetofauna is composed of four distinct biogeographic groups: 10 species strictly endemic to Martinique some of which are differentiated into several sub-species, 5 species are found in Martinique but also on at least one other island in the Lesser Antilles, this group is the Caribbean endemic, seven South American taxa of which only one came by natural means and two introduced taxa of the New World. Four or five taxa have disappeared including strict endemics. In contrast, new species of amphibians and reptiles have arrived and some are highly invasive and are a threat to autochthonous herpetofauna. The study of the distribution and differentiation of sphérodactyles in parallel with the reconstruction of the geological history of the island, shows how a species differs according to its biological characteristics.

**Key words:** *Sphaerodactylus vincenti* phylogeography, endemic herpetofauna, Martinique, invasive species, biogeography.





## Gouvernance et biodiversité insulaire : le cas des Antilles françaises

Maurice BURAC

En matière de conservation de la nature et de développement durable, les Petites Antilles partagent de nombreux points communs. Dans cette partie du monde, les changements environnementaux constituent une donnée permanente, exacerbée depuis la colonisation. Les données géologiques, topographiques, climatiques, environnementales, économiques, sociales et politiques ont conduit à des formes d'occupation, de mise en valeur, qui se caractérisent actuellement par une dégradation et une modification généralisées de la diversité biologique. Confrontées à l'appauvrissement de la biodiversité insulaire, au cours des dernières décennies, les instances

internationales et nationales ont multiplié les lois, décrets, arrêtés, directives visant à protéger les espèces endémiques. En quelques années, la lutte contre cette perte de biodiversité est passée du stade de déclarations non suivies d'effets au stade de la multiplication d'initiatives, d'accords nationaux, régionaux, multilatéraux, avec une participation plus ou moins franche des politiques nationales, des ONG, de la société civile. Dans cette communication, nous nous pencherons plus particulièrement sur le cas des Antilles françaises.

## Les enjeux de préservation de la biodiversité littorale d'outre-mer : les rivages d'Amérique et de l'Océan Indien

Magalie CERLES

La France est le seul pays présent dans 5 des 34 « points chauds » de la biodiversité mondiale : Méditerranée, Caraïbes, Océan Indien, Polynésie et Nouvelle-Calédonie. L'héritage naturel des collectivités d'outre-mer constitue par conséquent une valeur inestimable, tant pour son importance écologique que pour son rôle social et ses valorisations économiques. Les rivages naturels y jouent un rôle prépondérant. Ces interfaces terre et mer sont composées d'habitats littoraux à très haute valeur écologique : récifs coralliens, mangroves, étangs littoraux, îlots, plages et falaises boisées de forêts sèches ... lieux de vie de nombreuses espèces animales sédentaires ou migratrices.

Ces espaces sont pourtant les plus exposés aux perturbations naturelles (cyclones, tsunamis, élévation du niveau de la mer, envahissement d'espèces exotiques...) et sont les plus artificialisés par l'homme (urbanisation anarchique et croissante, braconnage, défrichements, remblais...). Ces facteurs participent au mitage des espaces et à la réduction de l'aire de répartition des espèces. Prendre en compte et protéger les rivages naturels d'outre-mer est un défi majeur, qui implique une conservation, une gestion et une valorisation de la biodiversité.

## Le projet de réserve naturelle régionale en Baie de Génipa : un outil de protection innovant pour la Martinique

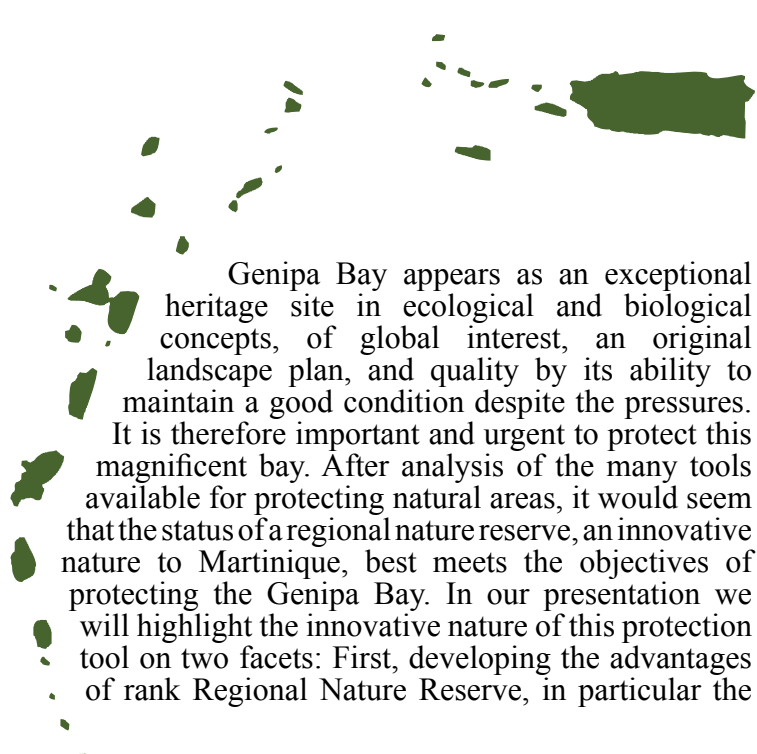
Bénédicte CHANTEUR

La Baie de Génipa apparaît comme un lieu patrimonial d'exception en termes écologique et biologique, d'intérêt mondial, original au plan paysager, et de qualité par sa capacité à conserver un bon état malgré les pressions subies. Il est donc important et urgent de protéger cette baie exceptionnelle. Après analyse des nombreux outils de protection disponibles pour les espaces naturels, il semblerait que le statut de réserve naturelle régionale, à caractère innovant à la Martinique, réponde le mieux aux objectifs de protection de cette baie. Dans notre exposé, nous mettrons en exergue le caractère innovant de cet outil de protection à partir de deux aspects : dans un premier temps, en développant les avantages d'un classement en réserve naturelle régionale, et notamment en termes de décisions concertées entre l'ensemble des

acteurs et usagers de la zone ; dans un deuxième temps, du fait de son positionnement à l'interface terre/mer, sur une surface assez importante (près de 1200 hectares). Nous insisterons particulièrement sur ce deuxième point, en faisant une analyse de la notion d'interface terre/mer appliquée à la Baie de Fort-de-France : quels enjeux implique-t-elle ? Quels types d'actions en découleront ? Avec quels acteurs et outils déjà en place ou pas ? De quels moyens aura-t-on besoin pour le gardiennage et la surveillance de cette future réserve ?

**Mots-clés :** réserve naturelle régionale, outil, protection, interface terre/mer, Baie de Génipa, innovant





Genipa Bay appears as an exceptional heritage site in ecological and biological concepts, of global interest, an original landscape plan, and quality by its ability to maintain a good condition despite the pressures.

It is therefore important and urgent to protect this magnificent bay. After analysis of the many tools available for protecting natural areas, it would seem that the status of a regional nature reserve, an innovative nature to Martinique, best meets the objectives of protecting the Genipa Bay. In our presentation we will highlight the innovative nature of this protection tool on two facets: First, developing the advantages of rank Regional Nature Reserve, in particular the

appearance of agreed decisions with all stakeholders and users of the area. Second, by positioning on the land-sea interface, over an area large enough (1200 ha). We insist particularly on this second point, making an analysis of the concept of land-sea interface applied to the Bay of Fort-de-France: What challenges does it involve? What types of actions will result? Which actors and tools already in place or not? What means will there be need for surveillance and monitoring of the future reserve?

**Key words:** regional nature reserve, tools, protection, land-sea interface, Genipa Bay, innovative

## Cartographie par télédétection et SIG des écotopes potentiels du Moqueur gorge blanche

*Antoine CHEULA, Jean-Raphaël GROS-DESORMEAUX, Yuji KATO, Alexis Georges TAYALAY, Sébastien TOLLIS*

Les îles de la Martinique et de Sainte-Lucie sont les deux seuls écosystèmes insulaires des Petites Antilles abritant le Moqueur gorge blanche (*Ramphocinclus brachyurus*). Dans un contexte mondial d'érosion de la diversité biologique, la connaissance et le suivi d'espèces endémiques constituent des enjeux majeurs. Les enquêtes et relevés de terrain étant parfois longs

et coûteux, sans jamais atteindre l'exhaustivité, il est apparu que les outils associés de télédétection et les SIG pouvaient permettre d'acquérir de la connaissance de manière fiable, rapide et peu coûteuse. Un travail de classification supervisée, combiné à des traitements SIG, d'ordre topographique aboutit à une cartographie des écotopes potentiels du Moqueur gorge blanche.

## Biological invasion assessment: The case of House Sparrow in West Indies

*Philippe CLERGEAU, Anthony LEVESQUE*

Today the impact of introduced species is clearly demonstrated as one of the most important threats for biodiversity and species conservation (Soulé 1990), but also for agriculture and fisheries production (Mack *et al.* 2000). These introductions which were very numerous in the last part of 19th century throughout the world have not stopped. Actually, intentional and unintentional releases of vertebrates continue in numerous countries and especially on islands. The capacity to react to species introduction and to plan effective management counter measures is affected by the dispersion speed of the introduced species. The faster the colonization process, the faster human intervention (site protection, eradication...) must be. When the introduced species is abundant and well established, difficulties increase, and, in numerous cases, demographic evolution and dispersion speed prevent the use of conventional methods of intervention (Feare 1991, Clergeau 1997). Today we know enough on problems linked to invasions to avoid repeating earlier mistakes (Johnston and

Garret 1994, Williamson 1996, Clergeau and Mandon-Dalger 2002). We have to be able to decide very quickly if we conducted an intervention against an invader even if we can't assume that the impact of this species on the new localisation could be important. This is the definition of the "precautionary principle" applied for several problems in ecology, sociology or economy when presumptions of damage risks exit (O'Riordan and Cameron 1994, Godard 1997). This question appears recently in the French West Indies when the House sparrow was first observed in two islands in 1999. Making a decision to act on the establishment of this small bird was not easy not only because numerous people continued to not accept the physical destruction of a "friendly" bird without clear justifications (Conover 1997, Reiter *et al.* 1999), but also because numerical and spatial state of this installation was lacking. To improve this invader decision support, we have proposed and realized in February-March 2002 a short study of the House Sparrow distribution on French West Indies across three spatial scales.





## Evidence that eradicating black rats has boosted the recovery of rare reptiles and seabirds on Antigua islands

Jennifer C. DALTRY, Karron J. JAMES, Andrea OTTO, Toby N. ROSS

The Offshore Islands Conservation Programme (OICP), also known as the Antiguan Racer Conservation Project, successfully eradicated alien invasive black rats (*Rattus rattus*) from 11 Antiguan offshore islets between 1995 and 2006 using brodifacoum bait. Routine monitoring of selected native species has revealed highly significant increases in reptile and bird populations on the restored islands, including a 1,000% rise in the total population of Critically Endangered Antiguan racer snakes (*Alsophis*

*antiguae*) and >400% increases in resident colonies of red-billed tropic birds (*Phaethon aethereus*), brown pelicans (*Pelecanus occidentalis*) and other regionally threatened birds. A comparative study in 2010 found significantly higher density and diversity of birds on rat-free islands versus rat-infested islands. This research provides strong evidence that black rats are a serious yet solvable threat to island wildlife in the Lesser Antilles.

## The importance of French overseas departments and overseas countries and territories of the European Union for the protection of biodiversity: progress so far

Bernard DECEUNINCK, Alison DUNCAN, James MILLET, Julie RIEGEL

La biodiversité des régions ultrapériphériques et des pays et territoires d'outre-mer de l'Union européenne (UE) est immensément plus riche que celle de l'Europe continentale à laquelle ces territoires, principalement insulaires, sont rattachés politiquement. Dans la plupart des cas, la biodiversité de ces régions est peu documentée et bien que beaucoup d'espèces menacées soient décrites, de nombreux taxons demeurent méconnus. Les oiseaux constituent, presque toujours, le groupe taxonomique le plus étudié. Ce groupe possède un nombre d'espèces mondialement menacées relativement important : 331 dans les territoires d'outre-mer du Royaume-Uni, 72 dans les départements et territoires d'outre-mer français (DOM-TOM) et 2 dans les territoires néerlandais. Étonnamment, au regard de ses leviers juridiques et financiers, la France est au 7ème rang mondial des pays comprenant le plus grand nombre d'espèces d'oiseaux mondialement menacées. Ce n'est qu'au cours des dix dernières années que l'UE et les différents pays concernés ont commencé à prendre réellement conscience de l'importance de la richesse de la biodiversité ultra-marine. Parmi les régions ultrapériphériques de l'UE (Canaries, Açores, Madère, Guadeloupe, Martinique, Guyane française et Réunion) les Directives Oiseaux et Habitats, principaux outils européens de protection de la nature, ne sont applicables que pour les 3 premiers archipels (composantes de l'Espagne et du Portugal). Les 4 régions restantes, puisqu'elles sont françaises, sont éligibles tout comme les îles espagnoles et portugaises, aux fonds structurels pour le développement et aux subventions agricoles via la Politique agricole commune. Mais les DOM français ne bénéficient pas de la législation européenne en matière de conservation (Directives Oiseaux et Habitats-Faune-Flore) et ne peuvent donc profiter du réseau des sites Natura 2000.

The biodiversity of outermost regions and overseas countries and territories of Europe is immensely richer than that of continental Europe to which this confetti of, essentially, islands is attached politically. In most cases the biodiversity of these entities is not well documented and whilst many threatened species are described, many more must remain unknown. Birds are, as almost everywhere, the best-recorded taxonomic group and the numbers of Globally Threatened Birds are large; 332 in the UK overseas territories, 72 in French overseas départements and territories (DOMs and TOMs) and 2 in Dutch Territories. Astonishingly, France is 7th on the list of countries with the largest number of globally threatened bird species. It is only in the past ten years that the EU and the different countries concerned have started being really aware of the importance of their rich, overseas, biodiversity. Of the outermost regions of Europe (Canaries, Azores, Madeira, Guadeloupe, Martinique, French Guiana and Reunion Island) only in the first 3 sets of islands (belonging to Spain and Portugal) are the Birds and Habitats Directives, the heart of the nature conservation legislation of Europe, applicable. The other 4 regions are overseas départements (DOM) of France and an integral part of Europe and therefore like the Spanish and the Portuguese islands are eligible for structural funds for development, and agricultural subsidies via the Common Agricultural Policy, and yet do not benefit from the impressive European nature legislation with its large network of Natura 2000 sites.

<sup>1</sup> Cyprus sovereign base areas, Gibraltar or the UK Antarctic territory not included. Les zones de souveraineté du Royaume-Uni à Chypre, le territoire antarctique britannique et Gibraltar ne sont pas inclus.





Les pays et territoires d'outre-mer (PTOM) de France (6), du Royaume-Uni (12), des Pays-Bas (2) et du Danemark (1) sont liés à l'Union européenne par la Décision d'association outre-mer. Mais la législation environnementale est sous la responsabilité des gouvernements et des collectivités territoriales associées. Le soutien financier de l'Europe y est fortement réduit et l'environnement n'est guère pris en considération, malgré le fait que la Nouvelle-Calédonie (France) soit un hotspot de la biodiversité à part entière, tout comme Madagascar, avec plus de 2000 espèces de plantes endémiques souvent confinées sur quelques hectares seulement. Certains gouvernements européens ont développé des instruments de financement spécifiques à l'outre-mer, comme l'Initiative Darwin et l'Overseas Territories Environment Programme (OTEP) au Royaume-Uni. Pour plusieurs raisons, les PTOM ne sont pas éligibles aux appels à projets des principaux bailleurs de fonds pour la conservation, comme le Fond pour l'Environnement mondial (FEM), le Fond de Partenariat pour les Ecosystèmes Critiques (CEPF) et le Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM).

**Mots-clés :** oiseaux, mondialement menacés, habitats, directives, fonds structurels, conservation

The overseas countries and territories (OCTs) of France (6), Great Britain (12), the Netherlands (2) and Denmark (1) are linked to Europe by the Overseas Association Decision. Environmental legislation is the responsibility of territorial governments. The support funding from Europe is greatly reduced and the environment is hardly taken into consideration, despite the fact that New Caledonia, (France) is a biodiversity hotspot in its own right, like Madagascar, with for example more than 2000 endemic plant species, often to just a few hectares. The respective European Governments have developed some funding instruments, like the allocation of a proportion of Darwin Initiative funds and the Overseas Territories Environment Programme (OTEP) in the UK. For a range of reasons, the OCTs are not eligible to apply to a number of major conservation donors including the Global Environment Facility (GEF) Critical Ecosystem Partnership Fund (CEPF) and Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM).

**Key words:** birds, globally threatened, habitats, directives, structural funds, conservation

## Les insectes des Petites Antilles : approche biogéographique

Francis DEKNUYDT

La zone étudiée est d'abord définie sur le plan géologique et géomorphologique. Les différents types de végétation sont précisés. Ensuite sont abordés les origines du peuplement de ces insectes qui ont conduit pour certains d'entre eux à un endémisme local ou régional. Enfin une réflexion est posée sur la raréfaction de certaines espèces et les moyens permettant de préserver les espèces existantes.

**Mots clés :** biogéographie, Petites Antilles, insectes, formes géographiques, endémisme.

Study area is initially set to geological and geomorphological terms. The different types of vegetation are specified. Then discussed the origins of the settlement of these insects which led some of them to a local or regional endemism. Finally a reflection is asked about the scarcity of certain species and the means to preserve existing species.

**Key words:** Biogeography, Lesser Antilles, insects, geographical forms, endemism.

## Biodiversité et art contemporain en Martinique

Franck DORIAC

L'influence d'un lieu (d'une terre) - à propos de l'œuvre d'un artiste - est essentielle et largement reconnue depuis le Land Art (dans les années 70). Ce constat, devenu classique, trouve toute son illustration chez l'artiste contemporain Serge Goudin-Thébia, basé en Martinique. En effet, c'est grâce au « lieu Martinique » que l'œuvre de Serge Goudin-Thébia a atteint sa maturité, tirant ainsi parti de toute la richesse de la biodiversité martiniquaise.

**Mots-clés:** Martinique, Art, biodiversité, installation végétale, Serge Goudin-Thébia, *coccoloba pubescens*.

The influence of a place (of a land) - about the work of an artist - is essential and plenty recognized since the Land Art (in the 70s). This report, become classic, finds all its illustration with the contemporary artist Serge Goudin-Thébia, based in Martinique. Indeed, it is thanks to "Martinique place" that the Serge Goudin-Thébia's work became ripe, so taking advantage from the whole wealth of Martinique biodiversity.

**Keys words:** Martinique, Art, biodiversity, vegetable installation, Serge Goudin-Thébia, *coccoloba pubescens*.

# Les enjeux, les outils et les méthodes de sensibilisation à la biodiversité dans les établissements scolaires : des spécificités dans les établissements ultramarins ?

Magalie FERMENT

Si 2010 a été l'année internationale de la biodiversité, cette dernière avait déjà fait son apparition dans le milieu scolaire depuis quelques années. Cependant, il est intéressant de se demander comment et pourquoi cette thématique a émergé dans les programmes des établissements du premier degré. Vers la fin des années 70 apparaissent les premiers textes relatifs à l'approche de la thématique « développement durable » dans le milieu scolaire. Cependant il faudra attendre le début

des années 2000 pour que ces textes soient remis aux goûts du jour. Autrement dit, il a fallu attendre une trentaine d'années pour que l'approche de la thématique en milieu scolaire soit repensée. Or, entre temps, beaucoup de notions, de problématiques et de questionnements ont vu le jour et les préoccupations ont tourné autour des moyens, des méthodes pédagogiques pour insérer au mieux la thématique et ses enjeux dans le quotidien scolaire.

## Un outil de protection : les réserves biologiques à la Martinique

Catherine GODEFROID

Une réserve biologique (RB) est une réserve située en forêt publique, relevant du régime forestier (gérée par l'ONF). Il s'agit d'un statut de protection fort (reconnu par l'UICN) s'appliquant aux espaces recelant des milieux naturels d'intérêt écologique et patrimonial majeur. Une RB est créée sur proposition du propriétaire et du gestionnaire (ONF), par arrêté conjoint des ministères en charge de l'environnement et de l'agriculture, et après consultation locale et nationale. Elle se base sur un plan de gestion qui définit les enjeux de conservation et les actions à mener. Les RB constituent un cadre

privilegié pour les études scientifiques. Depuis plusieurs années, des inventaires mycologiques, ornithologiques et entomologiques ont été réalisés en partenariat avec la DIREN, des universités, des naturalistes et des associations. Citons également une étude d'un marsupial (le manicoü), une étude des chiroptères forestiers et un suivi de la recolonisation végétale naturelle, suite au feu. D'autres projets sont prévus sur le long terme, comme la création d'un réseau de placettes permanentes pour l'étude de la dynamique des écosystèmes naturels.

## Réseaux de capteurs pour la surveillance des Moqueurs Gorge-Blanche à la Martinique

Harry GROS-DESORMEAUX, Philippe HUNEL

Cet article présente les travaux qui sont réalisés dans le cadre de la surveillance des Moqueurs gorge blanche à la Martinique au Laboratoire LAMIA de l'Université des Antilles et de la Guyane. Des méthodes d'estimation de la population de l'espèce ont été développées à l'aide de réseaux de capteurs sans fil. Elles sont présentées et ouvrent de nombreuses perspectives quant à leur application sur la presqu'île de la Caravelle.

This paper presents the studies which have been done at the LAMIA Lab to monitor the White-breasted Thrasher in Martinique. A counting technique leveraging wireless sensor networks to estimate the population of birds is presented. This work opens new ways to tackle the monitoring of the birds life.

**Mots-clés :** habitat, surveillance, réseaux de capteurs, systèmes distribués

**key words :** habitat, monitoring, wireless sensor networks, distributed systems



## La biodiversité, du néologisme à l'idéologie

Jean-Raphaël GROS-DESORMEAUX

Les puristes qui perçoivent la diversité biologique comme étant uniquement la quantification de la complexité structurale et organisationnelle du vivant limitent vraisemblablement son champ d'application. L'adoption du néologisme biodiversité a permis d'ouvrir ses problématiques à l'ensemble des questionnements relevant des relations entre l'homme et la nature. Bien plus qu'un concept, la biodiversité tend à devenir une discipline où diverses compétences se mutualisent dans un objectif commun de protéger, de conserver et de valoriser la diversité biologique de la biosphère. Grâce à ses fondements éthiques, cette notion est utilisée pour justifier l'application de mesures visant à favoriser une coexistence réciproquement bénéfique entre l'homme et la nature dans les Petites Antilles. Plus encore, elle justifie la protection d'espaces contre toute dégradation en vue de protéger des espèces emblématiques : c'est par exemple le cas de la réserve

naturelle des îlets de Sainte-Anne à la Martinique. Né du croisement entre les sciences de la nature et les sciences humaines, ce concept prend une double dimension : tout en étant un champ d'application des nouveaux rapports qui s'établissent entre l'homme et la nature, la biodiversité est le lieu d'émergence de nouvelles préoccupations supplémentaires concernant le monde vivant. Ces préoccupations se fondent sur le sentiment diffus que les activités humaines risquent de mettre en péril l'avenir de l'humanité. Le concept de biodiversité a permis aux sociétés modernes de passer d'une perception anthropocentriste où la valeur de la nature est directement liée aux services rendus à l'homme, à une vision moderne basée sur des considérations biocentristes liées au respect de la vie. La biodiversité s'apparente à un véritable fait de société dans lequel de nouvelles valeurs morales remettent en cause les choix des modèles économiques de développement.

## Contrasting dynamics in secondary contact zones of *Anolis roquet* in north-eastern Martinique

Helena JOHANSSON, Roger S. THORPE and Yann SURGET-GROBA

L'étude des zones de contact secondaires peut renseigner sur les processus à l'origine de la divergence et de la spéciation dans les populations naturelles. Nous avons étudié la variation de l'ADN nucléaire et de la couleur du fanon gulaire du lézard antillais *Anolis roquet* le long de deux transects parallèles qui traversent la même zone de contact entre lignées dans différents habitats en Martinique. Les données issues de microsatellites ont été analysées grâce à une méthode d'assignement bayésien, et la couleur du fanon a été mesurée par spectrophotométrie et analysée par des méthodes multivariées. Par la suite, ces données ont été analysées par des méthodes d'analyse de clines. Nos résultats suggèrent que les populations précédemment isolées sont en train de fusionner dans l'habitat forestier. Au contraire, les données microsatellites suggèrent une réduction des flux géniques dans l'habitat côtier, et le cline correspondant à la couleur du fanon est décalé par rapport au centre de la zone de contact. Ces résultats sont en accord avec les études précédentes sur les caractères quantitatifs et l'ADN mitochondrial sur ces mêmes transects. Nous concluons que ces différents patrons de variation le long des transects est vraisemblablement dû au fort régime de sélection, similaire de chaque côté de la zone de contact en forêt, et à un régime de sélection plus faible et divergent sur la côte. Ces résultats suggèrent que quel que soit le rôle de l'allopatry dans la divergence des populations, la spéciation des anoles des Petites Antilles dépend de l'impact du régime de sélection.

**Mots-clés:** *Anolis roquet*, fanon gulaire, microsatellite, zone hybride

Secondary contact dynamics may give an insight into processes that drive divergence and speciation in natural populations. We studied nDNA and dewlap hue variation in the Caribbean lizard *Anolis roquet* along parallel transects that traverse the same lineage boundary (approximately 6 km apart) in different habitats (coastal habitat versus transitional forest) on Martinique. Microsatellite data were analysed with Bayesian assignment methods and dewlap hue measured with spectrophotometrical methods and subject to multivariate analyses. Subsequently, both nDNA data and dewlap hue data were analysed with cline fitting techniques. Our results from both dewlap hue and microsatellite data suggest that previously isolated populations are fusing in the transitional forest habitat. In contrast, on the coast microsatellite data suggests reduced genetic exchange, and the dewlap hue cline is displaced from the centre of the secondary contact zone. These results are in accordance with previous studies of quantitative trait variation and mtDNA on the same two transects. We conclude that the different patterns on the transect are most likely contingent on relatively strong and similar selection regimes either side of the secondary contact in the transitional forest, and relatively weaker selection and dissimilar selection regimes either side of the zone of secondary contact on the coast. These results strongly suggest that whether or not allopatry plays a significant role in divergence, speciation of Lesser Antillean anoles is contingent on the impact of differential natural selection.

**Key words:** *Anolis roquet*, dewlap, microsatellite, hybrid zone



## Invasive Alien Species Management in St. Lucia and Caribbean Partner Countries

Ulrike KRAUSS

This paper gives an overview of St. Lucia's recent efforts in the management of invasive alien species (IAS) that threaten native biodiversity. A regional GEF-funded project "Mitigating the Threat of Invasive Alien Species in the Insular Caribbean" has the goal to conserve globally important ecosystems in the insular Caribbean. Five pilot countries, the Bahamas, Dominican Republic, Jamaica, Saint Lucia, and Trinidad & Tobago, aim to mitigate the threat to local biodiversity and economy from IAS, covering terrestrial and aquatic ecosystems via five approaches: (1) development of National Invasive Species Strategies, (2) establishment of Caribbean-wide Cooperation and Strategy, (3) knowledge generation, management and dissemination, (4) increase in capacity

to prevent new IAS introductions and (5) increase in capacity to detect, respond, control and manage IAS impacts across ecosystems. A list of terrestrial IAS recognized in St. Lucia and their current status is presented. St. Lucia's pilot project under (4) addresses the protection of the unique biodiversity of Maria Islands Nature Reserve and the surrounding Pointe Sables Environmental Protection Area. Under (5) St. Lucia focuses on the eradication of an alien iguana that escaped from a mini-zoo in Soufriere and now threatens the unique St. Lucian native iguana. The progress during the first project year as well as future plans are presented.

## Les orientations de la gestion de la faune halieutique à la Martinique face à la complexité insulaire

Guillaume LALUBIE, Maurice MONTÉZUME, Francis DAUBA, Thierry LESALES

La Martinique, régie par les législations française et européenne, ne possède cependant jusqu'à ce jour, aucun document de réflexion sur la gestion globale des milieux aquatiques et de la pêche plus particulièrement. Pourtant, il existe une véritable tradition culinaire à consommer certains jours de l'année, les produits de la pêche en rivière (et mangrove). Quel est l'impact des prélèvements sur l'écosystème aquatique terrestre, mais aussi comment réagit la population halieutique face à l'évolution de la pression anthropique? Dans l'objectif de répondre à cette problématique, la Fédération Départementale des Associations Agréées de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques (FDAAPPMA) de la Martinique a entrepris de mettre en place un Schéma Départemental de Vocation Piscicole (SDVP) ainsi qu'un Plan Départemental pour la Protection des milieux aquatiques et la Gestion des ressources piscicoles (PDPG) dans le département. Cependant, l'état de la connaissance scientifique, l'insularité et les coutumes de pêche, ne permettent pas de transposer machinalement ces documents aux spécificités du contexte martiniquais. Ces deux documents, à l'intérieur de leur cadre législatif seront réalisés avec une orientation définie en consultation avec l'ensemble des acteurs concernés. Il s'agira avant tout de réfléchir sur les moyens d'essayer de faire cohabiter et de faire bénéficier réciproquement les milieux aquatiques et leurs usagers.

Despite French and European legislation in effect, Martinique does not yet have any document concerning the global management of aquatic environments, especially fishing. However, there is a tradition to eat the products of river and mangrove fishing on certain days of the year. What is the impact of fishing on the land aquatic ecosystem, and also, how does the fish population evolve in response to the anthropic pressure? In this respect, the Departmental Fishing Federation, in partnership, undertook to realize a Departmental Plan for the Vocation of Fishing, as well as a Departmental Plan for the protection of fishing resources in Martinique. The state of scientific knowledge, the insularity and the fishing customs, do not allow for the mechanical transposition of these national documents to the specific context of Martinique. Both documents, within their legislative framework, will be realized according to objectives defined by the actors concerned. Above all, they will promote the cohabitation and the mutual benefit of aquatic environments and their users.

**Mots-clés:** faune halieutique, cours d'eau, biodiversité, développement durable, SDVP, PDPG, Martinique, Caraïbe

**Key words:** halieutic faun, river, biodiversity, sustainable development, SDVP, PDPG, Martinique, Caribbean





## Le plan national d'actions de l'iguane des Petites Antilles 2010-2015

Caroline LEGOUEZ

Longtemps chassé pour sa chair et naturalisé, l'iguane des Petites Antilles (*Iguana delicatissima* Laurenti, 1768) conserve aujourd'hui une forte valeur patrimoniale dans les esprits antillais. Il est classé en danger par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN, 2009). La vulnérabilité de cette espèce endémique des Petites Antilles justifie la mise en oeuvre d'actions spécifiques pour restaurer ses populations et ses habitats. Dans le cadre des réflexions issues du Grenelle de l'environnement et pour répondre à ces besoins, l'élaboration d'un plan national d'actions de l'iguane des Petites Antilles a été décidée. Ce plan vise à organiser, dans les Antilles françaises, un suivi cohérent des populations de cette espèce, à mettre en oeuvre des actions coordonnées favorables à sa restauration et à celle de ses habitats, à informer les acteurs concernés et le public et à faciliter l'intégration de la protection de l'iguane des Petites Antilles dans les activités humaines et dans les politiques publiques (Circulaire DEB/PVEM n°08/07 du 03/10/2008). Il est piloté par la DIREN Martinique et sa rédaction a été confiée à la cellule Martinique de l'ONCFS Antilles françaises.

**Mots-clés :** *Iguana delicatissima*, en danger, plan national d'actions, Antilles françaises, conservation

Extensively hunted for its flesh and used as decorative item in the past, the Lesser Antillean iguana (*Iguana delicatissima* Laurenti, 1768) keeps today a strong image in Antillean mind. It is classified endangered by the International Union for conservation of Nature (IUCN, 2009). The vulnerability of this endemic species of the West Indies explains that specific actions, notably voluntary ones, are undertaken to recover its populations and habitats. Part of the French government voluntary initiative (notably the French Ministry of ecology) and to answer these needs, the creation of a national actions' plan for *Iguana delicatissima* has been decided in 2006. In the french West Indies, the plan objectives are to organize a coherent monitoring of the populations, to undertake well-coordinated actions which could be positive for the species and its habitats, to inform the concerned actors and public and to facilitate the integration of the *Iguana delicatissima*'s protection in human activities and public policies (Circular DEB/PVEM n°08/07, 03/10/2008). It is coordinated by the DIREN Martinique and the ONCFS Martinique was entrusted with the writing.

**Keys words :** *Iguana delicatissima*, endangered, national actions' plan, french West Indies, conservation

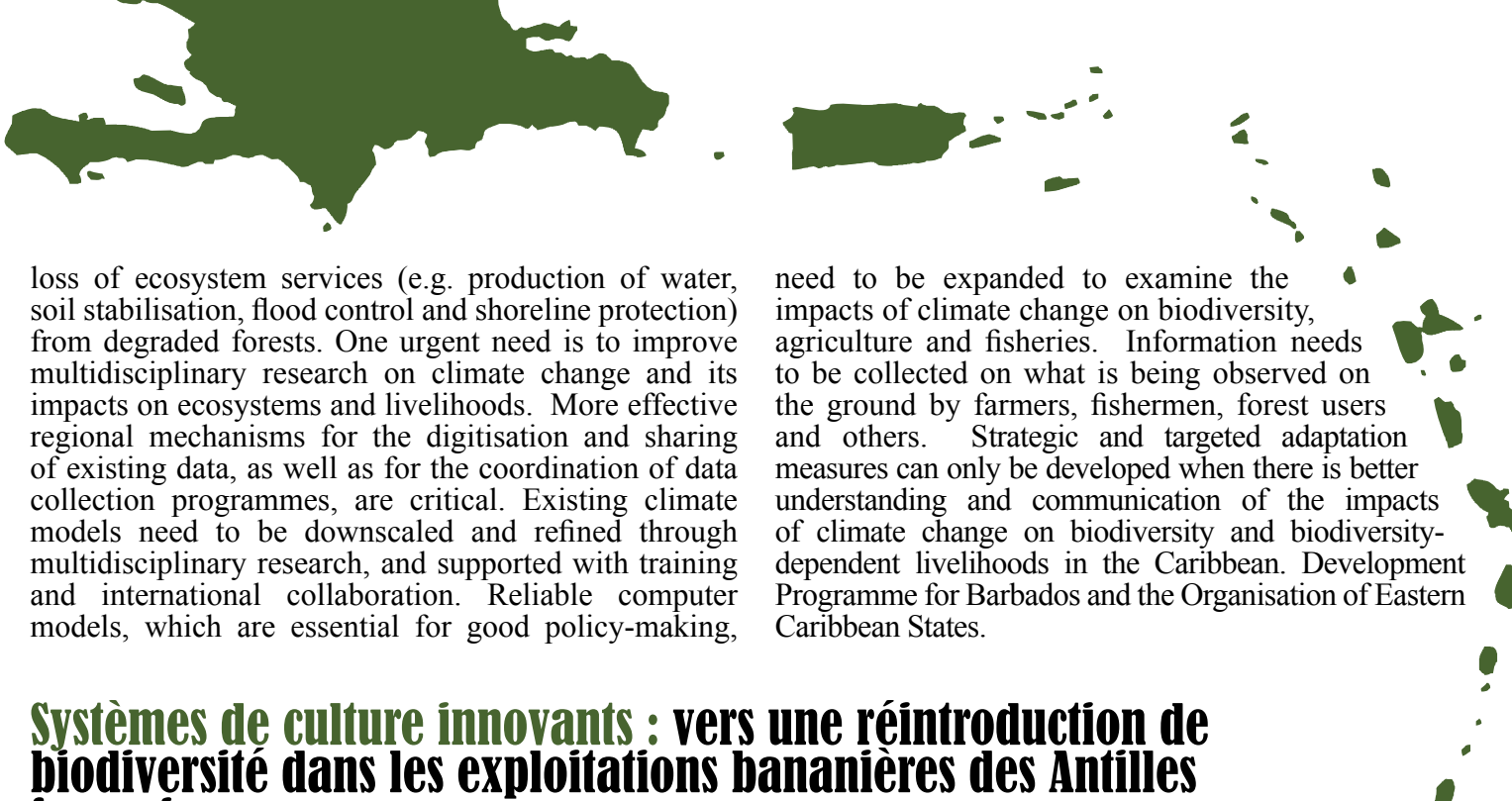
## The impacts of climate change on biodiversity and biodiversity-dependent livelihoods in the Caribbean islands

Nicole LEOTAUD, Neila BOBB-PRESCOTT

This paper will present the results of work coordinated by the Caribbean Natural Resources Institute (CANARI) involving leading scientists in the region and other stakeholders to increase the understanding and consensus on what is known for the Caribbean about the predicted climate change trends, their impact on biodiversity, and the final impact on the many people whose livelihoods depend on this biodiversity especially through tourism, agriculture, fisheries and forestry. The latest knowledge is that the projected climate change trends in the region will be: increasing air and sea temperatures; less precipitation in the Greater Antilles in June, July and August; sea level rise; and increase in hurricane intensity. Increased beach erosion, flooding, landslides and forest fires are some of the results. The impact on coastal and marine biodiversity includes stress on coral reefs, mangroves, and some marine species are likely to leave in search of cooler waters. The impact on forests includes forest thinning from loss

of branches and complete uprooting of trees, changes in plant flowering seasons and forest composition, prevalence of pests and diseases due to warmer conditions, and reduction in wildlife populations due to drought and fires. Little analysis has been done on the impact of climate change on livelihoods but preliminary research by CANARI indicates that the effects of climate change on forest-based livelihoods include: the loss of subsistence materials (food, wood-fuel, medicines, construction material) from forest fires, storms, disease or drought; the loss of revenues from tourism, the sale of forest products and recreational services when vast areas of dead or dying forests reduce scenic appeal, when access into forests is closed off or becomes difficult, when degraded forests are unable to support wildlife attractions, and when income opportunities are lost from the sale of forest products due to limited resources or poorer quality of forest products (for example, seeds for jewellery-making being washed away in heavy rains, low plant productivity in drought conditions); and the





loss of ecosystem services (e.g. production of water, soil stabilisation, flood control and shoreline protection) from degraded forests. One urgent need is to improve multidisciplinary research on climate change and its impacts on ecosystems and livelihoods. More effective regional mechanisms for the digitisation and sharing of existing data, as well as for the coordination of data collection programmes, are critical. Existing climate models need to be downscaled and refined through multidisciplinary research, and supported with training and international collaboration. Reliable computer models, which are essential for good policy-making,

need to be expanded to examine the impacts of climate change on biodiversity, agriculture and fisheries. Information needs to be collected on what is being observed on the ground by farmers, fishermen, forest users and others. Strategic and targeted adaptation measures can only be developed when there is better understanding and communication of the impacts of climate change on biodiversity and biodiversity-dependent livelihoods in the Caribbean. Development Programme for Barbados and the Organisation of Eastern Caribbean States.

## **Systemes de culture innovants : vers une réintroduction de biodiversité dans les exploitations bananières des Antilles françaises**

*Murielle MANTRAN, Jérôme TIROLIEN, Jean-Louis DIMAN*

Les usages de pesticides ont un effet très négatif sur la biodiversité car leur spectre d'action dépasse le plus souvent les seuls ravageurs des cultures et ils perturbent fortement les équilibres écologiques. En culture bananière aux Antilles françaises, les usages massifs de pesticides ont provoqué des dommages environnementaux importants. Pour faire face à ces problèmes, l'unité de recherche Agrosystèmes Tropicaux de l'INRA (UR-ASTRO) a mis en œuvre, en partenariat avec le CIRAD et les organisations de producteurs, un programme de conception de systèmes de culture innovants de bananiers. Ce programme vise à développer des systèmes de culture à biodiversité renforcée, permettant de réduire les usages de pesticides au moyen de plantes de services cultivées en association ou en rotation avec la banane. Dans le but d'évaluer ex-ante le potentiel d'adoption de ces systèmes innovants, une enquête a été effectuée en 2008 auprès de 85% de la population totale de producteurs de banane des Antilles Françaises. Cette enquête a permis d'apprécier ex-ante les comportements d'adoption d'innovations techniques alternatives dans les systèmes de culture de bananiers. Globalement, les innovations présentées aux agriculteurs permettent de réintroduire de la biodiversité dans le champ cultivé au moyen de rotations ou d'associations

culturelles, par rapport aux systèmes actuels. Cette réintroduction est évaluée au moyen du critère "maintien de la biodiversité" de l'outil MASC (*Multi-attribute Assessment of the Sustainability of Cropping systems*), lequel a été adapté à la production bananière aux Antilles. Le critère choisi a permis une évaluation a priori des pratiques agricoles, par la diversité des cultures produites et les pratiques phytosanitaires. Aucune des innovations développées n'a d'effet dépressif sur la biodiversité par rapport à la situation sans innovation. Certaines d'entre elles améliorent la note obtenue, d'autres restent sans effet. Par ailleurs, il apparaît que les innovations n'ont pas la même note de maintien de la biodiversité, selon le type d'exploitations agricoles dans lesquelles elles devraient être adoptées. Cette approche couplée au géoréférencement des exploitations permet d'identifier les "hot spot" potentiels de réintroduction de biodiversité dans les bananeraies des Antilles françaises. Pour que la démarche soit plus aboutie, il conviendrait de compléter l'évaluation par des critères s'appuyant sur une appréciation quantitative de la diversité faunistique et floristique au sein des parcelles de bananiers.

**Mots-clés** : producteurs de bananes, Guadeloupe, Martinique, innovation, biodiversité


## **Le Système d'information sur la nature et les paysages : un outil de mise en valeur des connaissances sur la nature et les paysages**

*Marion PATIN, Gaëlle SIMIAN, Alain PIBOT*

La mise en place du système d'information sur la nature et les paysages (SINP) résulte du constat d'une dispersion de la production des données nature et paysages, et donc d'un manque de visibilité de ces données.

The SINP was established due to the realization that the production of nature and landscape data has historically been dispersed and therefore lacking in visibility.






Elle s'inscrit dans la logique initiée notamment par la Convention d'Aarhus (1998) concernant la mise à disposition des données publiques, par la Stratégie Nationale pour la Biodiversité (SNB, 2004), insistant sur la nécessité de développer la connaissance scientifique et l'observation du patrimoine naturel, et par la Directive INSPIRE (2007/2/CE) qui vise à favoriser la production et l'échange des données géographiques nécessaires aux différentes politiques de l'Union européenne. Le SINP se veut être d'abord une plate-forme de promotion des producteurs de données sur la nature qui y adhèrent. Il devra permettre une meilleure prise en compte de l'environnement dans les décisions de politique publique, à travers la mise à disposition de l'information aux citoyens, et par la mise en place d'observatoires de la biodiversité.

A terme, une amélioration de la cohérence et de l'homogénéité des données est recherchée, ainsi qu'une mutualisation des outils et techniques utilisés. L'exemple de données concernant le milieu marin sera pris pour illustrer les possibilités offertes par ce système d'information.

**Mots-clés :** système d'information sur la nature et les paysages, connaissance, patrimoine naturel, mutualisation, valorisation, diffusion de l'information



The SINP's set up is in line with: the principles of the Aarhus Convention (1998) which grant public rights regarding access to biodiversity information; the French National Biodiversity Strategy (SNB, 2004 : the transposition of the Convention on Biological Diversity into French law), which emphasizes the need to develop scientific knowledge and the observation of natural heritage; the INSPIRE Directive (2007/2/EC) which aims to establish an infrastructure for the production and sharing of spatial information in Europe to support Community environmental policies. Above all the SINP aims to promote the data producers which adhere to the program. It enables environmental issues to be increasingly taken into account in public policy decisions via information made available to the public, and by the founding of biodiversity observatories. Eventually an improvement of the coherence and homogeneity of biodiversity data is sought, as well as a mutualisation of the tools and techniques adopted. As an example data concerning the marine environment will be used to illustrate the possibilities offered by this information system.

**Key words:** Information System on Nature and Landscapes, knowledge, natural heritage, mutualisation, added-value, information circulation

## Biodiversity, Biogeography, and Conservation of Bats in the Lesser Antilles

*Scott C. PEDERSEN, Hugh H. GENOWAYS, Gary G. KWIECINSKI, Peter A. LARSEN, and Roxanne J. LARSEN*

The chiropteran fauna of the Lesser Antilles consists of 27 species. The diversity of this fauna is low when compared with Neotropical faunas of large continental islands or at sites on the adjacent mainland, however, the Lesser Antillean fauna contains 11 species endemic to these islands making it worthy of large-scale conservation efforts. At the southern end of the Lesser Antilles, the biological limit of the Lesser Antillean bat fauna is marked by Koopman's Line. To the south of this line, the bat faunas of the Grenadines and Grenada are composed of South American and widespread species of bats. The central Lesser Antillean islands have been grouped as the "Lesser Antillean Faunal Core." The bat

faunas of these islands are characterized by the presence of 9 or more species and several endemic species that occur on only one or two of these islands. The faunas of the northern Lesser Antillean islands are united into the "Northern Antillean Faunal Area" and share the same eight species of bats. The conservation of bats is critical not only to the biodiversity that they represent, but to the maintenance of biodiversity of other fauna and flora. The maintenance of chiropteran fauna can best be served by three actions—preservation of caves, preservation of forest diversity, and restoration of hydrological systems.



# Première étude des chauves-souris dans les goyaveraies de Martinique

Rémi PICARD, François CATZEFLIS

En Martinique (Petites Antilles) sont connues actuellement 11 espèces de chauves-souris (chiroptères), parmi lesquelles cinq incluent des fruits dans leur régime alimentaire. Depuis 2000, plusieurs prospections scientifiques ont été effectuées sur l'île mais les milieux agricoles ont été négligés. Cette première prospection en vergers de goyaviers vise à éclairer la situation de ces espèces stigmatisées parfois comme ravageurs des cultures. Une campagne de 23 nuits de capture dans 4 vergers différents répartis dans les principales zones de productions de goyaves de l'île a été organisée. Les chauves-souris ont été identifiées, pesées, mesurées, marquées et leurs excréments ainsi que le pollen présent sur leur pelage ont été collectés. Grâce à un effort global de plus de 6000 mètres de filet par heure, 62 chauves-souris représentant 5 espèces différentes ont été capturées. Il s'agit de *Brachyphylla cavernarum*, *Artibeus jamaicensis*, *Monophyllus plethodon*, *Sturnira lilium* et *Pteronotus davyi*. La grande majorité des pollens collectés vient de fromagers (*Ceiba pentandra*). Des graines de bois-canon (*Cecropia schreberiana* :Moracées), de figuier (*Ficus insipida* et *Ficus* spp. : Moracées), de malimbé (*Piper aduncum* ; *P. dilatatum* ; *P. hispidum* : Pipéracées), de goyavier (*Psidium guajava* : Myrtacées), et de mélongène-diable (*Solanum torvum* :Solanacées) ont été trouvées dans les excréments. Il semble que les chauves-souris ne fréquentent pas abondamment les vergers de goyaviers, tout au moins durant la période d'étude. Néanmoins, il est apparu que des groupes importants de chauves-souris frugivores peuvent ponctuellement visiter les vergers de goyaviers. Il semblerait que la déprédation des goyaves en Martinique par les chauves-souris soit à relativiser vis-à-vis de celle d'autres vertébrés comme les oiseaux et les rongeurs.

11 bat species (Chiroptera) are known on the island of Martinique (Lesser Antilles) and 5 of them have fruits in their diet. Since 2000, several scientific studies were conducted, but agricultural landscapes were ignored. This first study in orchards intends to understand if bats are really pests for guavas, as they are actually seen. 23 nights of trapping were done, in 4 orchards spread in the main production sector of the island. Bats were identified, weighed, measured and branded. Pollen and dejections present on their fur were collected. After a sampling of more than 6000 meters of net per hours, 62 bats were collected. 5 different species were identified: *Brachyphylla cavernarum*, *Artibeus jamaicensis*, *Monophyllus plethodon*, *Sturnira lilium* and *Pteronotus davyi*. The majority of pollen collected came from *Ceiba pentandra*. Seeds from *Cecropia schreberiana* (Moraceae), *Ficus insipida* and *Ficus* spp. (Moraceae), *Piper aduncum*, *P. dilatatum* and *P. hispidum* (Piperaceae), guava *Psidium guajava* (Myrtaceae) and *Solanum torvum* (Solanaceae) were collected in excrements. It seems that bats do not go frequently in guava orchards, at least during the study time. Nevertheless, important groups of fruit eating bats can visit orchards sometimes. However, the impact of other vertebrates against orchards, like birds and rodents, could be more important than the one done by bats.

**Mots-clés :** Chiroptera, piégeage, graine, pollen, vergers, goyave, Martinique, Petites Antilles

**Key words:** Chiroptera, trapping, seed, pollen, guava, Martinique, Lesser Antilles



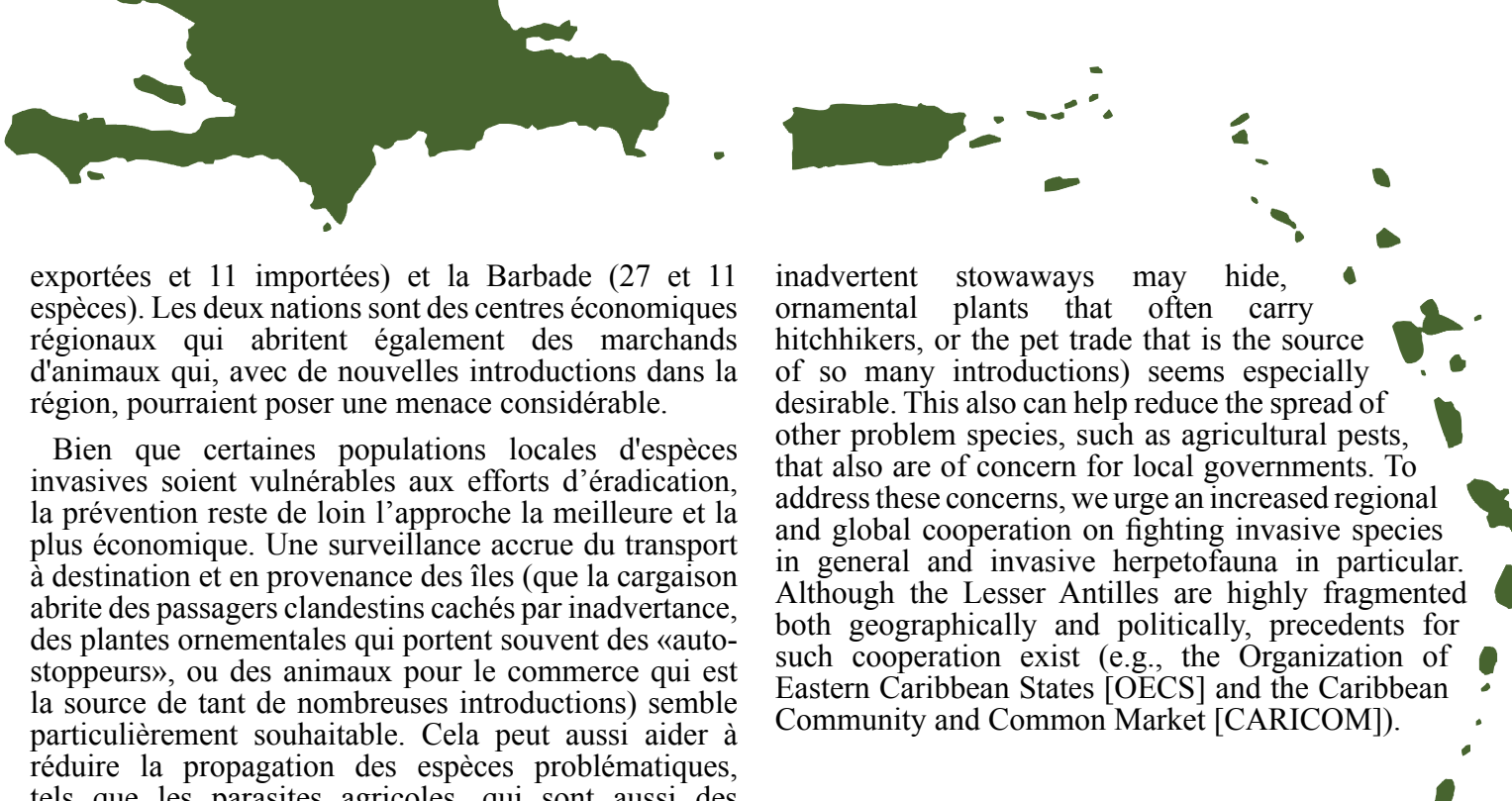


## Introduced amphibians and reptiles in the Lesser Antilles

Robert POWELL, Robert W. HENDERSON, Gad PERRY, Michel BREUIL, Christina M. ROMAGOSA

En complétant un examen approfondi de la littérature par des observations personnelles et des informations sollicitées auprès des collègues, nous avons rapporté 163 cas d'introductions de 61 espèces d'amphibiens et de reptiles dans les îles des Petites Antilles. Ce nombre est certainement une sous-estimation. En plus de populations non encore découvertes, nous n'avons pas considéré les populations de certaines espèces largement répandues (par exemple, *Hemidactylus mabouia* et *Gymnophthalmus underwoodi*) qui ont pu atteindre les îles par une dispersion naturelle par des courants océaniques à partir de l'Amérique du Sud. Nous avons également limité nos données d'*Iguana iguana* et de *Chelonoidis carbonaria* aux situations pour lesquelles nous étions absolument sûrs de leur statut de non-autochtones. Dans les deux cas, même les populations naturelles pourraient être régulièrement augmentées par des arrivées récentes imputables à l'homme. Trois autres introductions correspondent à des translocations motivées par la nécessité d'établir d'autres populations d'espèces menacées, et une autre introduction a été effectuée à des fins de recherche. Sur les 163 arrivées documentées, 108 (66,3%) se sont établies au moins localement. Neuf introductions ont échoué et le reste représente des animaux égarés, des individus isolés ou de petits nombres d'animaux qui n'ont jamais établi de population. Bien que de nombreuses populations introduites (et des individus isolés) soient limitées en grande partie ou entièrement à des habitats anthropisés, au moins une partie (par exemple, *Rhinella marina*, *Eleutherodactylus johnstonei*, *Iguana iguana*, *Anolis cristatellus*) a réussi à envahir les habitats naturels. Les effets connus sur les espèces indigènes dans la région comprennent la prédation, la compétition, l'hybridation, la confusion des programmes d'éducation et de conservation, et l'introduction éventuelle de vecteurs de maladies exotiques. Certaines introductions ont été réalisées pour la lutte contre les ravageurs (par exemple, *Rhinella marina*) et d'autres pour la nourriture (par exemple, les déplacements d'iguanes et de tortues par les premiers Amérindiens et les premiers Européens), mais la plupart des introductions récentes sont involontaires et un grand nombre d'entre elles est associé au développement du commerce des nouveaux animaux de compagnie. Pour illustrer l'ampleur de ce dernier et pour souligner le danger de l'augmentation des introductions involontaires, plus de 79 espèces (28.912 individus) ont été importés des États-Unis dans la région et plus de 16 espèces, au moins sept d'entre elles ne sont pas originaires de la région (13.196 individus), ont été importées de la région vers les États-Unis. La plupart du trafic impliquent deux nations insulaires, les Antilles néerlandaises (48 espèces

By supplementing a thorough literature review with personal experiences and information solicited from colleagues, we have documented 163 incidents of 61 different introduced species of amphibians and reptiles on Lesser Antillean islands. This large number represents a very conservative estimate; in addition to populations not yet discovered, we have not considered populations of some widely distributed species (e.g., *Hemidactylus mabouia* and *Gymnophthalmus underwoodi*) thought to be introduced, as they might have reached the islands by natural over-water dispersal from South America. We also have limited our counts of *Iguana iguana* and *Chelonoidis carbonaria* to situations for which we were absolutely sure of their non-native status. In both instances, even naturally occurring populations might be regularly augmented by recent human-mediated arrivals. An additional three introductions can be attributed to relocations motivated by a need to establish additional populations of endangered species and one other introduction was conducted for research purposes. Of the total 163 documented arrivals, 108 (66.3%) are established at least locally. Nine introductions failed and the remainder represents "strays," individuals or small numbers of animals that never became established, or records for which the fate of the introduction is unknown. Although many of the introduced populations (and individuals) are restricted largely or entirely to human-dominated habitats, at least some (e.g., *Rhinella marina*, *Eleutherodactylus johnstonei*, *Iguana iguana*, *Anolis cristatellus*) have successfully invaded natural habitats. Known effects on native species in the region include predation, competition, hybridization, confounding conservation/education programs, and possibly introducing alien disease vectors. Some introductions were for pest control (e.g., *Rhinella marina*) and others for food (e.g., historical Amerindian and early colonial movements of iguanas and tortoises), but most recent introductions are unintentional—and a large number of those are associated with the burgeoning pet industry. To illustrate the extent of the latter and to emphasize the danger of more unintended introductions, 79+ species (28,912 individuals) were imported from the U.S. to the region and 16+ species, at least seven of which are not native to the region (13,196 individuals) were imported from the region into the U.S. Most trafficking involves two island nations, the Netherlands Antilles (48 exported species and 11 imports) and Barbados (27 and 11 species). Both islands are regional economic centers and also home to known commercial animal dealers that could pose a considerable threat for new introductions into the area. Although some localized populations of invasive species are vulnerable to eradication efforts, prevention remains by far the best—and most economical—approach. An increased scrutiny of the transport to and from the islands (whether cargo where



exportées et 11 importées) et la Barbade (27 et 11 espèces). Les deux nations sont des centres économiques régionaux qui abritent également des marchands d'animaux qui, avec de nouvelles introductions dans la région, pourraient poser une menace considérable.

Bien que certaines populations locales d'espèces invasives soient vulnérables aux efforts d'éradication, la prévention reste de loin l'approche la meilleure et la plus économique. Une surveillance accrue du transport à destination et en provenance des îles (que la cargaison abrite des passagers clandestins cachés par inadvertance, des plantes ornementales qui portent souvent des «auto-stoppeurs», ou des animaux pour le commerce qui est la source de tant de nombreuses introductions) semble particulièrement souhaitable. Cela peut aussi aider à réduire la propagation des espèces problématiques, tels que les parasites agricoles, qui sont aussi des préoccupations pour les gouvernements locaux. Pour répondre à ces préoccupations, nous demandons instamment une coopération accrue régionale et mondiale pour la lutte contre les espèces invasives en général et de l'herpétofaune invasive en particulier. Bien que les Petites Antilles soient très fragmentées à la fois géographiquement et politiquement, les précédents de cette coopération existent (par exemple, l'Organisation des États des Caraïbes Orientales [OECS] et la Communauté des Caraïbes et du Marché commun [CARICOM]).

**Mots-clés:** Espèces introduites; Petites Antilles; reptiles; amphibiens; vecteurs; commerce des animaux.

inadvertent stowaways may hide, ornamental plants that often carry hitchhikers, or the pet trade that is the source of so many introductions) seems especially desirable. This also can help reduce the spread of other problem species, such as agricultural pests, that also are of concern for local governments. To address these concerns, we urge an increased regional and global cooperation on fighting invasive species in general and invasive herpetofauna in particular. Although the Lesser Antilles are highly fragmented both geographically and politically, precedents for such cooperation exist (e.g., the Organization of Eastern Caribbean States [OECS] and the Caribbean Community and Common Market [CARICOM]).

**Key words:** Introduced species; Lesser Antilles; reptiles; amphibians; vectors; pet trade.

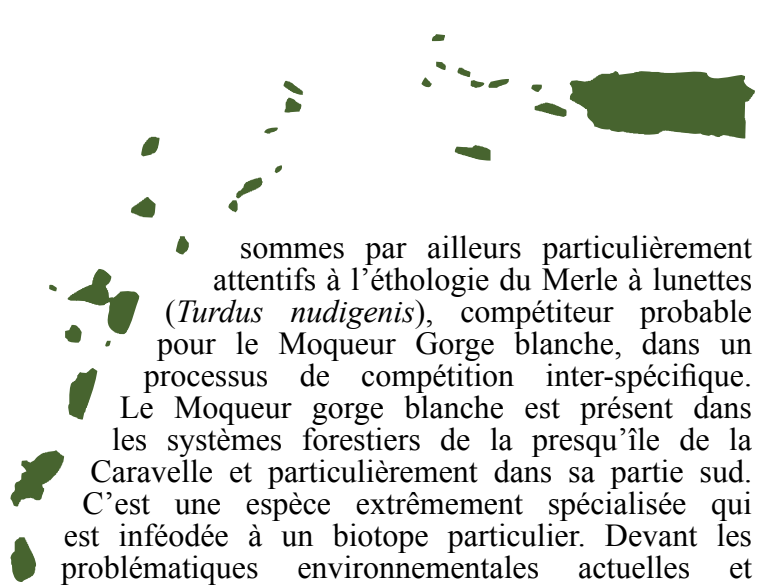
## Etat de la connaissance naturaliste relative au Moqueur gorge blanche à la Martinique

Alexis Georges TAYALAY

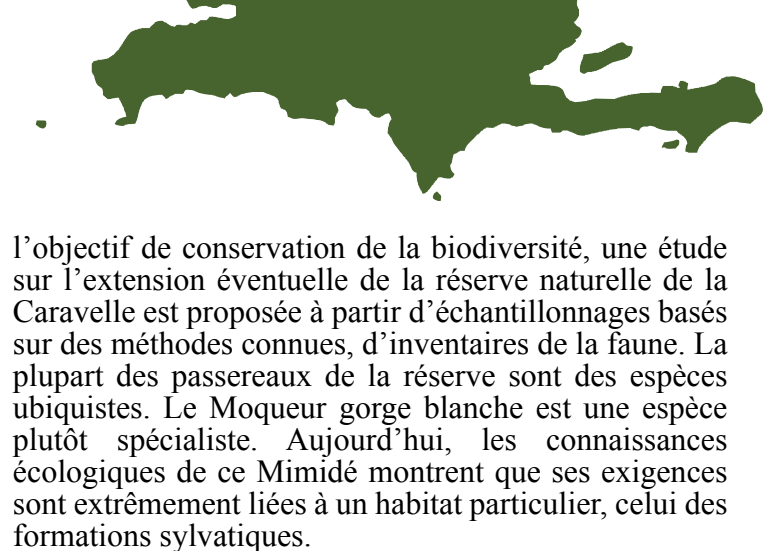
La Réserve Naturelle de la Caravelle a été créée par l'arrêté interministériel du 2 mars 1976. Elle occupe l'extrémité orientale de la presqu'île du même nom, qui se situe à peu près au milieu de la côte est de la Martinique, sur le territoire de la commune de Trinité. Ce prolongement s'étend sur une longueur d'environ dix kilomètres et une largeur de un kilomètre. La réserve naturelle couvre une superficie de 388 ha, avec un relief varié de mornes, de ravins, de côtes découpées en baies, anses et falaises, exposées à l'hydrodynamisme marin. L'occupation de la presqu'île remonte à la colonisation française, avec le défrichement de l'est de l'île par les Français, vers 1658. A la fin du XVIIe siècle, la Presqu'île de la Caravelle n'a pas échappé au déboisement en vue de la culture de la canne, l'exploitation du bois, ou l'élevage. Cependant, ces dégradations n'ont pas été irréversibles. La déprise agricole a permis la reconstitution progressive des milieux naturels, caractérisés par une végétation très diversifiée : mangrove, forêt d'arrière plage, fourrés, forêt sèche, etc. Une dynamique de reconquête ligneuse naturelle a contribué à la fermeture des paysages, d'où l'évolution progressive des différentes formations

végétales vers des stades forestiers. On assista à une progression des espèces d'oiseaux forestiers, au détriment d'espèces des milieux ouverts. Il est important de rappeler comment la configuration globale de l'habitat influe sur la communauté des oiseaux nicheurs. Dans la réserve naturelle, gérée par le Parc naturel régional, des inventaires ont été réalisés, afin d'estimer les effectifs des peuplements d'oiseaux. La richesse aviaire est composée essentiellement de passereaux communs, hormis les pélagiques, Ardéidés, limicoles, etc. Toutefois, les enjeux concernent particulièrement le Moqueur Gorge blanche (*Ramphocinclus brachyurus*) et l'Oriole de Martinique (*Icterus Bonana*), deux de nos espèces endémiques. Inscrites dans la liste rouge des espèces menacées selon l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), ces espèces sont devenues une priorité en matière de conservation de la diversité biologique avienne mondiale. De nos espèces endémiques, le Moqueur gorge blanche, de la famille des Mimidés, est celui dont l'aire de répartition, connue à ce jour, est la plus restreinte. Nous





sommes par ailleurs particulièrement attentifs à l'éthologie du Merle à lunettes (*Turdus nudigenis*), compétiteur probable pour le Moqueur Gorge blanche, dans un processus de compétition inter-spécifique. Le Moqueur gorge blanche est présent dans les systèmes forestiers de la presqu'île de la Caravelle et particulièrement dans sa partie sud. C'est une espèce extrêmement spécialisée qui est inféodée à un biotope particulier. Devant les problématiques environnementales actuelles et



l'objectif de conservation de la biodiversité, une étude sur l'extension éventuelle de la réserve naturelle de la Caravelle est proposée à partir d'échantillonnages basés sur des méthodes connues, d'inventaires de la faune. La plupart des passereaux de la réserve sont des espèces ubiquistes. Le Moqueur gorge blanche est une espèce plutôt spécialiste. Aujourd'hui, les connaissances écologiques de ce Mimidé montrent que ses exigences sont extrêmement liées à un habitat particulier, celui des formations sylvatiques.

## La biodiversité, porteuse des prémises d'un contre-modèle de développement


Raphaël VAUGIRARD

L'approche trop commune de la biodiversité conduit certains à une conception réductrice la renvoyant à des actions ponctuelles, telles que la protection d'oiseaux, de forêts, la connaissance de plantes rares, de richesses marines, etc, alors que ce sujet traite en fait, de façon plus fondamentale, de la préservation d'écosystèmes complexes qui fournissent à l'homme des « services » indûment tenus pour acquis. On prend de plus en plus conscience que ces « services » conditionnent en fin de compte le niveau de vie et de « bien être » de l'homme, mais aussi le niveau de développement économique des sociétés. Introduite dans l'opinion mondiale au sommet

de Rio en 1992 (à travers la Convention mondiale sur la biodiversité), elle est devenue aujourd'hui une alerte majeure désormais portée concurremment par le monde scientifique et les instances internationales (notamment onusiennes), face à des Etats trop souvent réticents. En France, entre 2007 et 2010, plusieurs lois dites « Grenelle de l'environnement » abordent la préservation et valorisent la biodiversité. Ces lois conçues en pleine crise de l'économie post-industrielle mondialisée annoncent-elles la révolution dite de la « croissance verte » évoquée en décembre 2008 ?

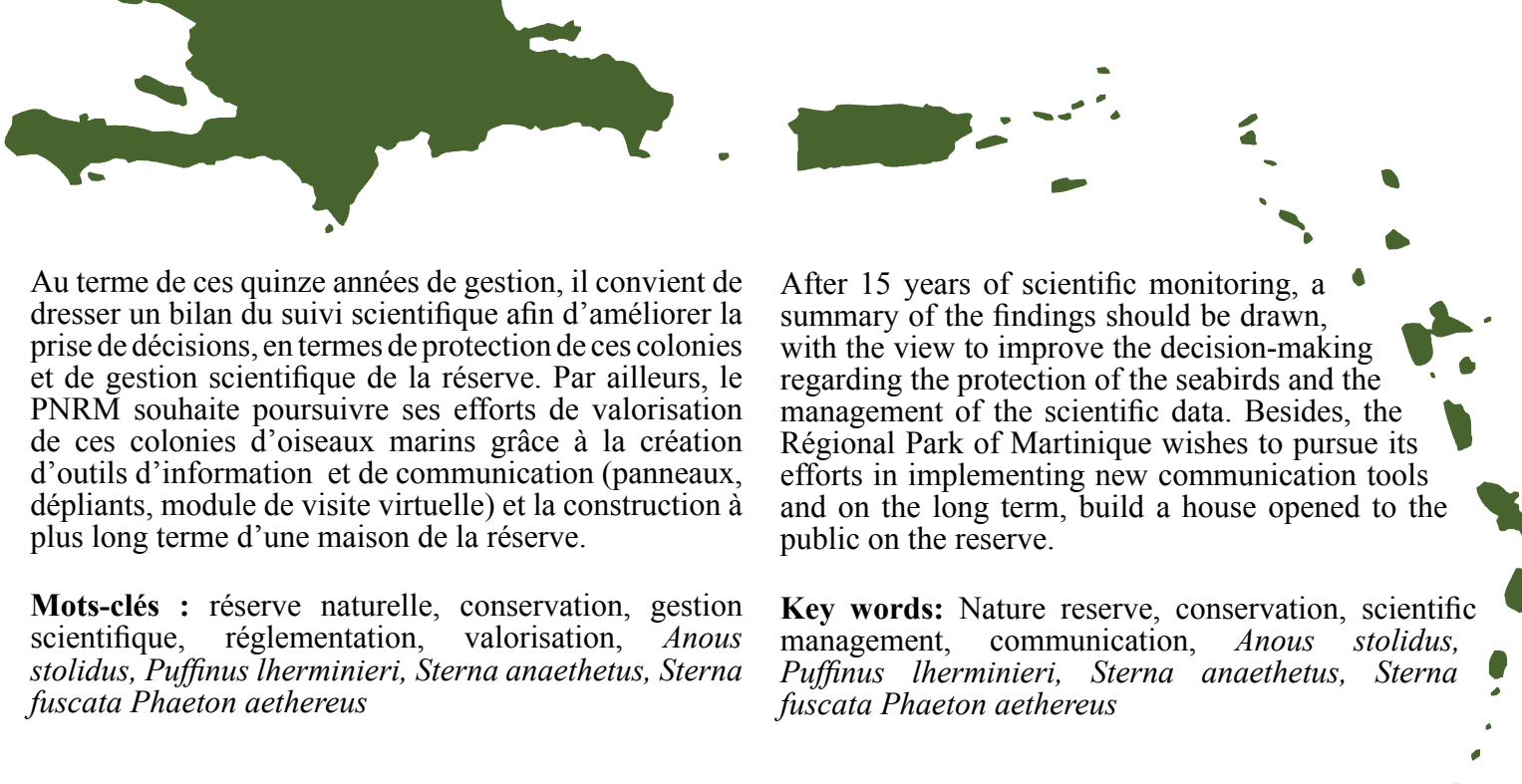
## La réserve naturelle des îlets de Sainte-Anne : comment concilier protection et valorisation d'un site de reproduction d'oiseaux marins

Nadine VENUMIERE



Créée depuis 1995, cette réserve naturelle constitue un atout majeur pour la conservation des oiseaux marins des Petites Antilles. Constituée des quatre îlets Hardy, Percé, Burgaux et Poirier, elle accueille chaque année des colonies de Puffin d'Audubon (*Puffinus lherminieri*), Noddi brun (*Anous stolidus*), Sterne bridée (*Sterna anaethetus*), Sterne fuligineuse (*Sterna fuscata*) et Phaéton à bec rouge (*Phaeton aethereus*). Depuis 1997, le Parc Naturel Régional de la Martinique, en tant que gestionnaire réalise un suivi scientifique de ces populations d'oiseaux marins qui lui permet de dresser un état annuel de la reproduction, d'apprécier l'évolution des effectifs par espèce et de détecter la présence du rat noir, espèce allochtone exerçant une prédation sur ces colonies, notamment sur les œufs et les poussins. Ce suivi a démontré la nécessité d'un renforcement de la réglementation par la création d'un périmètre de 100 mètres autour de chaque îlet, et une augmentation des moyens par l'affectation de deux gardes à la réserve.

Created since 1995, this nature reserve has played an essential role in protecting the sea birds in the Lesser Antilles. Made of four islets named Hardy, Percé, Burgeaux and Poirier, this reserve provides, every year, nest sites for colonies of Audubon's Shearwater (*Puffinus lherminieri*), Brown Noddy (*Anous stolidus*), Bridled Tern (*Sterna anaethetus*), Sooty Tern (*Sterna fuscata*) and Red-billed Tropicbird (*Phaeton aethereus*). Since 1997, the Regional Park of Martinique, the reserve administrator, has performed a scientific monitoring of the sea birds which allow them to draw up the annual rates of breeding, to estimate the evolution of number of seabirds by species and to spot black rats. This allochthonous species is a predator to the birds themselves and particular to their eggs and chicks. This monitoring has pointed out the need for law enforcement, which resulted in the creation of a ban on access in a perimeter of 100 meters around each islet and the appointment of two guards in the reserve.



Au terme de ces quinze années de gestion, il convient de dresser un bilan du suivi scientifique afin d'améliorer la prise de décisions, en termes de protection de ces colonies et de gestion scientifique de la réserve. Par ailleurs, le PNRM souhaite poursuivre ses efforts de valorisation de ces colonies d'oiseaux marins grâce à la création d'outils d'information et de communication (panneaux, dépliants, module de visite virtuelle) et la construction à plus long terme d'une maison de la réserve.

**Mots-clés :** réserve naturelle, conservation, gestion scientifique, réglementation, valorisation, *Anous stolidus*, *Puffinus lherminieri*, *Sterna anaethetus*, *Sterna fuscata* *Phaeton aethereus*

After 15 years of scientific monitoring, a summary of the findings should be drawn, with the view to improve the decision-making regarding the protection of the seabirds and the management of the scientific data. Besides, the Régional Park of Martinique wishes to pursue its efforts in implementing new communication tools and on the long term, build a house opened to the public on the reserve.

**Key words:** Nature reserve, conservation, scientific management, communication, *Anous stolidus*, *Puffinus lherminieri*, *Sterna anaethetus*, *Sterna fuscata* *Phaeton aethereus*

## **L'Écotourisme at the Asa Wright Nature Centre: a tool for educating children about conservation and biodiversity in Trinidad**

Rachael WILLIAMS

According to The International Ecotourism Society (TIES), ecotourism can be defined as, "responsible travel to natural areas, that conserves the environment, and improves the well-being of local people." The society subscribes to the principles of minimizing impact; building environmental and cultural awareness and respect; providing positive experiences for both visitors and hosts; providing direct financial benefits for conservation; providing financial benefits and empowerment for local people; and raising sensitivity to host countries' political, environmental, and social climate. Also supporting these general eco-tenets is The Asa Wright Nature Centre. Located in the foothills of the Arima valley in Trinidad, the Centre has been self-sustaining for the past 43 years, funding its own conservation programmes through development and management of an ecotourism-enterprise based principally on Tours. Today, however, its programmes are limited to those operations related to the centre only, and to conservation and education programmes which began in the early 1990's. One such intervention into conservation education is the development of two programmes, the Valley Schools Outreach Programme (VSOP) which started in 2008 and the Teacher Training workshops which started in the late 1990's.

Selon l'Association Internationale pour L'Écotourisme ou The International Ecotourism Society (TIES), la définition de l'écotourisme est « le voyage responsable aux zones naturelles, qui protège l'environnement, et qui améliore le bien-être des populations locales. » Les principes adoptés par cette association sont de réduire l'effet sur l'environnement ; de développer une prise de conscience et de respect pour l'environnement et la culture ; d'organiser des activités enrichissantes pour les visiteurs et pour les habitants du pays d'accueil ; de fournir des bénéfices financiers directs pour la protection de l'environnement ; de fournir des bénéfices financiers et de renforcer l'implication de la population locale ; et de sensibiliser les visiteurs à la vie politique, à l'environnement et à la vie sociale du pays d'accueil. Le Centre Asa Wright pour la Nature adopte aussi ces principes de base d'écotourisme. Situé dans la vallée d'Arima à Trinidad, le Centre est financièrement autonome depuis maintenant 43 ans, et finance ses propres programmes de protection de l'environnement par la création et la gestion d'un centre d'écotourisme dont l'activité principale est la Visite Guidée. Aujourd'hui, cependant, ses programmes se limitent à ceux qui se déroulent au Centre Asa Wright pour la Nature et aux programmes de protection de l'environnement et de sensibilisation qui ont commencé au début des années 1990. Un exemple de ce dernier est le développement de deux programmes, le Programme de Sensibilisation pour les Écoles de la Vallée (PSEV), qui a commencé en 2008, et les stages de Formation pour Enseignants, qui ont commencé à la fin des années 1990.





DEAL MARTINIQUE - D/COM - Création visuelle de couverture : TAG Sari - juillet 2013



Direction de l'Environnement,  
de l'Aménagement et du Logement  
de Martinique

Pointe de Jaham  
97274 SCHËLCHER Cedex  
Tél. : 05 96 59 57 00  
Fax : 05 96 59 58 00  
[www.martinique.developpement-durable.gouv.fr](http://www.martinique.developpement-durable.gouv.fr)



Université des Antilles  
et de la Guyane  
Campus universitaire  
B.P 7209  
97275 SCHËLCHER Cedex  
Tél. : 05 96 72 73 00  
Fax : 05 96 72 73 02  
[www.univ-ag.fr](http://www.univ-ag.fr)