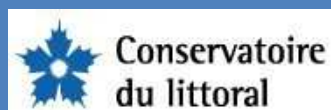


Mars 2013

# Programme pluriannuel de suivi de l'avifaune marine du Rocher du Diamant



Etude réalisée pour le compte du



Délégation Outre-Mer - Antenne de Martinique

**Catherine GODEFROID**

Ingénieur en sciences et techniques  
de l'environnement

Consultante en gestion et  
conservation de la biodiversité

SIRET : 538 083 767 00029  
catherinegodefroid@hotmail.com

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Contexte et objectifs .....</b>	<b>- 1 -</b>
<b>2</b>	<b>Premier volet : Suivi visuel des populations d'oiseaux marins.....</b>	<b>- 2 -</b>
<b>2.1</b>	<b>Espèces ciblées .....</b>	<b>- 2 -</b>
2.1.1	Noddi brun ( <i>Anous stolidus</i> ).....	- 2 -
2.1.2	Sterne bridée ( <i>Sterna anaethetus</i> ).....	- 2 -
2.1.3	Phaéton à bec rouge ( <i>Phaeton aethereus</i> ).....	- 2 -
2.1.4	Phaéton à bec jaune ( <i>Phaeton lepturus</i> ).....	- 2 -
2.1.5	Fou brun ( <i>Sula leucogaster</i> ) .....	- 3 -
2.1.6	Frégate ( <i>Fregata magnificens</i> ) .....	- 3 -
<b>2.2</b>	<b>Protocole de récolte des données .....</b>	<b>- 3 -</b>
<b>2.3</b>	<b>Exploitation des données et intégration au SINP et à Faune-Martinique.....</b>	<b>- 10 -</b>
<b>2.4</b>	<b>Mise en œuvre .....</b>	<b>- 10 -</b>
<b>3</b>	<b>Deuxième volet : Suivi acoustique du puffin d'Audubon .....</b>	<b>- 11 -</b>
<b>3.1</b>	<b>Espèce ciblée : le puffin d'Audubon .....</b>	<b>- 11 -</b>
3.1.1	Distribution et statut.....	- 11 -
3.1.2	Habitat.....	- 11 -
3.1.3	Reproduction.....	- 12 -
3.1.4	Prédation.....	- 12 -
3.1.5	Vocalisations .....	- 12 -
<b>3.2</b>	<b>Protocole de récolte des données .....</b>	<b>- 13 -</b>
<b>3.3</b>	<b>Exploitation des données.....</b>	<b>- 17 -</b>
<b>3.4</b>	<b>Mise en œuvre .....</b>	<b>- 18 -</b>
<b>4</b>	<b>Troisième volet : Valorisation du système de vidéotransmission en éthologie .....</b>	<b>- 19 -</b>
<b>4.1</b>	<b>Espèce ciblée : le phaéton à bec rouge .....</b>	<b>- 19 -</b>
<b>4.2</b>	<b>Protocole de récolte des données .....</b>	<b>- 19 -</b>
<b>4.3</b>	<b>Exploitation des données.....</b>	<b>- 20 -</b>
<b>4.4</b>	<b>Mise en œuvre .....</b>	<b>- 21 -</b>
<b>5</b>	<b>Synthèse opérationnelle, coûts et perspectives de financement .....</b>	<b>- 22 -</b>
<b>6</b>	<b>Remerciements .....</b>	<b>- 25 -</b>
<b>7</b>	<b>Bibliographie .....</b>	<b>- 26 -</b>
	<b>ANNEXES .....</b>	<b>- 28 -</b>

# 1 Contexte et objectifs

Le Rocher du Diamant se situe à deux kilomètres de la côte, sur la commune du Diamant. Il s'agit d'un îlet d'origine volcanique d'une surface d'environ 6 ha, qui présente un diamètre de 300 m et s'élève de 176 m au-dessus de la mer [BIRDLIFE, 2013]. Sur ses différentes façades, on retrouve des falaises à pic, des pentes fortes avec une végétation xérophile et de nombreuses petites grottes.

Ce site est classé depuis 1930 et a été affecté au Conservatoire du Littoral en 1994. Un arrêté de Protection du Biotope a été mis en place cette même année. En effet, en plus de son intérêt patrimonial, le Rocher du Diamant est un site qui présente une grande importance pour l'avifaune. De nombreuses espèces protégées y nichent : le noddie brun, la sterne bridée, le phaéon à bec rouge et le phaéon à bec jaune. C'est également l'un des plus importants dortoirs de fous bruns et de frégates de la Martinique. Il constitue pour cette raison une IBA (*Important Birds Area*) depuis 2007 [BIRDLIFE, 2013]. Au vu de l'intérêt ornithologique de ce site, le Conservatoire du Littoral a souhaité lancer une étude portant sur les possibilités de mise en œuvre d'un suivi pluriannuel de l'avifaune marine du Rocher du Diamant.

Un inventaire de l'avifaune réalisé en 2004 par AMAZONA pour le compte du Parc Naturel Régional de la Martinique a fourni des premières données quant à la fréquentation du site et le nombre de couples nicheurs de chaque espèce, et préconise la mise en place de comptages visant à déterminer l'évolution des populations d'oiseaux marins nicheurs. Le premier volet du programme pluriannuel présenté ici s'intéresse donc à l'évolution intra et extra-annuelle des populations d'oiseaux fréquentant le Rocher et observables depuis une embarcation.

Des missions récentes de prospection (2012-2013) ont permis de confirmer la présence du puffin d'Audubon (*Puffinus lherminieri*), espèce sensible et considérée comme vulnérable. Son recensement est notamment préconisé par le plan d'action oiseaux marins rédigé par BIOS en 2008. Les données sont insuffisantes sur cette espèce pour procéder à son évaluation sur la liste rouge des espèces menacées en France [UICN, 2012]. Ce suivi pourra contribuer à fournir de plus amples données dans ce sens. Au vu des spécificités de cet oiseau et des difficultés d'accès au site, le deuxième volet de ce programme concerne donc la mise en place d'un suivi indirect de cette espèce, via des enregistrements acoustiques.

Enfin, le troisième volet de ce programme évalue les potentialités du système de vidéo-transmission déjà présent sur le Rocher en éthologie de la reproduction. L'objectif est d'acquérir plus de connaissances sur la reproduction d'une espèce classée comme "en danger" sur la liste rouge des espèces menacées en France [UICN, 2012], le phaéon à bec rouge (*Phaethon aethereus*).

Chaque volet comprend une présentation des espèces ciblées, une proposition de protocole de récolte des données et des préconisations de mise en œuvre et d'exploitation des données. Les protocoles de récolte de données ont été construits d'une part sur base de la bibliographie existante et d'autre part via la consultation d'ornithologues locaux. La dernière partie de ce rapport reprend la synthèse opérationnelle du programme proposé, présente les coûts d'investissement et de fonctionnement de ce programme et quelques perspectives de financement.

## 2 Premier volet : Suivi visuel des populations d'oiseaux marins

### 2.1 Espèces ciblées

#### 2.1.1 Noddi brun (*Anous stolidus*)

La population nicheuse sur le Rocher est estimée à 200-250 couples. Cette espèce est classée comme "quasi menacée" sur la liste rouge des espèces menacées en France, pour le chapitre oiseaux de Guadeloupe [UICN, 2012]. La reproduction se déroule généralement d'avril à août. Un œuf unique est pondu à même le sol ou dans les falaises, dans un nid qui peut être assez élaboré. Parfois celui-ci peut être installé dans un arbre ou posé sur un buisson [AMAZONA, 2004].

#### 2.1.2 Sterne bridée (*Sterna anaethetus*)

La population nicheuse sur le Rocher est estimée à 100-120 couples [AMAZONA, 2004]. Cette espèce est classée comme "vulnérable" sur la liste rouge des espèces menacées en France [UICN, 2012]. La reproduction se déroule généralement d'avril à août, un œuf unique est pondu au sol, souvent dans une crevasse ou sous un buisson.

#### 2.1.3 Phaéton à bec rouge (*Phaeton aethereus*)

Cette espèce est localisée dans les Petites Antilles et quasiment absente des Grandes Antilles. La population est estimée à 1.800 à 2.500 couples dont une cinquantaine présents en Martinique. Son statut doit être considéré comme vulnérable pour la sous-espèce nous concernant [AMAZONA, 2004]. Cette espèce est classée comme "en danger" sur la liste rouge des espèces menacées en France [UICN, 2012].

La population nicheuse de cette espèce sur le Rocher a été estimée à 15-20 couples par AMAZONA en 2004. Néanmoins, la mission de prospection mise en place dans le cadre de cette étude a dénombré 41 nids occupés (adulte, juvénile ou les deux) et tous les nids n'ont sans doute pas été découverts. La population de phaétons à bec rouge est donc plus importante qu'il n'y paraît depuis la mer. La reproduction de cette espèce est détaillée au point 4.1.

#### 2.1.4 Phaéton à bec jaune (*Phaeton lepturus*)

Ce phaéton est beaucoup plus rare dans les Petites Antilles. La population des Antilles est actuellement estimée entre 2.500 et 3.500 couples dont moins de 50 couples en Martinique. Cette population doit être considérée comme vulnérable selon SCHREIBER E.A. & LEE D. S. (2000). Cette espèce est classée comme "vulnérable" sur la liste rouge des espèces menacées en France, chapitre oiseaux de Guadeloupe [UICN, 2012].

La population de cette espèce sur le Rocher est estimée à un couple (sans certitude de nidification, [AMAZONA, 2004]). La reproduction se déroule généralement de mars à juillet, parfois plus tôt. Un œuf unique est pondu dans une crevasse de falaise.

### 2.1.5 Fou brun (*Sula leucogaster*)

Le Fou brun ne niche pas au Rocher du Diamant, cependant ce site est très utilisé comme reposoir durant la journée et comme dortoir pour la nuit. L'effectif maximum compté a été de 160 individus [AMAZONA, 2004].

### 2.1.6 Frégate (*Fregata magnificens*)

La Frégate ne niche pas au Rocher du Diamant, cependant ce site est utilisé comme dortoir pour la nuit. L'effectif maximum compté a été de 50 individus. AMAZONA considère que les effectifs de cette espèce sont certainement très variables au cours de l'année.

## 2.2 Protocole de récolte des données

Le suivi de la majorité des oiseaux marins s'effectuera par comptage depuis une embarcation. Les espèces visées sont présentes et en activité sur le site à des heures différentes [Association Le Carouge, comm. pers., 2013] :

- les phaétons sont en activités autour du Rocher principalement entre 13h et 16h ;
- les sternes n'ont pas d'horaire particulier, mais on les voit assez mal lorsqu'elles sont posées, on les compte généralement plutôt en vol ;
- les frégates sont comptées en vol majoritairement, et arrivent assez tardivement sur le site ;
- les fous bruns et les noddis bruns n'arrivent que vers 17h sur le site ;

Ces différences ont pu être observées lors de la mission de reconnaissance de février 2013. Nous proposons donc un comptage qui s'adapte à ces horaires, ces espèces étant comptées séparément et dans un ordre bien particulier.

Le premier tour du Rocher est à effectuer vers 15h, pour compter les phaétons à bec jaune et à bec rouge. Le deuxième tour visera les sternes. Le troisième tour sera effectué après 17h, pour compter les frégates, les fous et les noddis arrivés entre-temps. Cette répartition pourra être adaptée en fonction des heures d'arrivée des différentes espèces et en fonction de la durée du jour.

Lors de chaque tour, le bateau devra s'arrêter à des points précis permettant de voir l'entièreté d'une zone de comptage, qui correspond à une des façades du Rocher. Les figures 1 à 5 pages suivantes présentent les 5 zones ainsi définies.

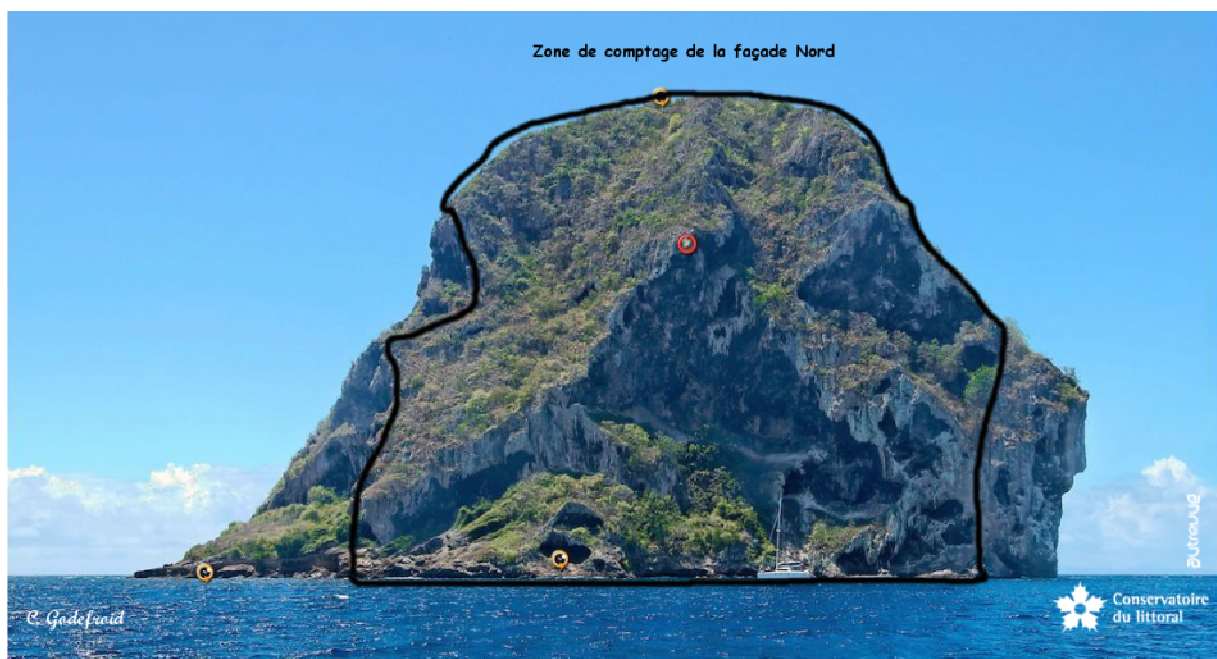


Figure 1 : Zone de comptage de la façade Nord

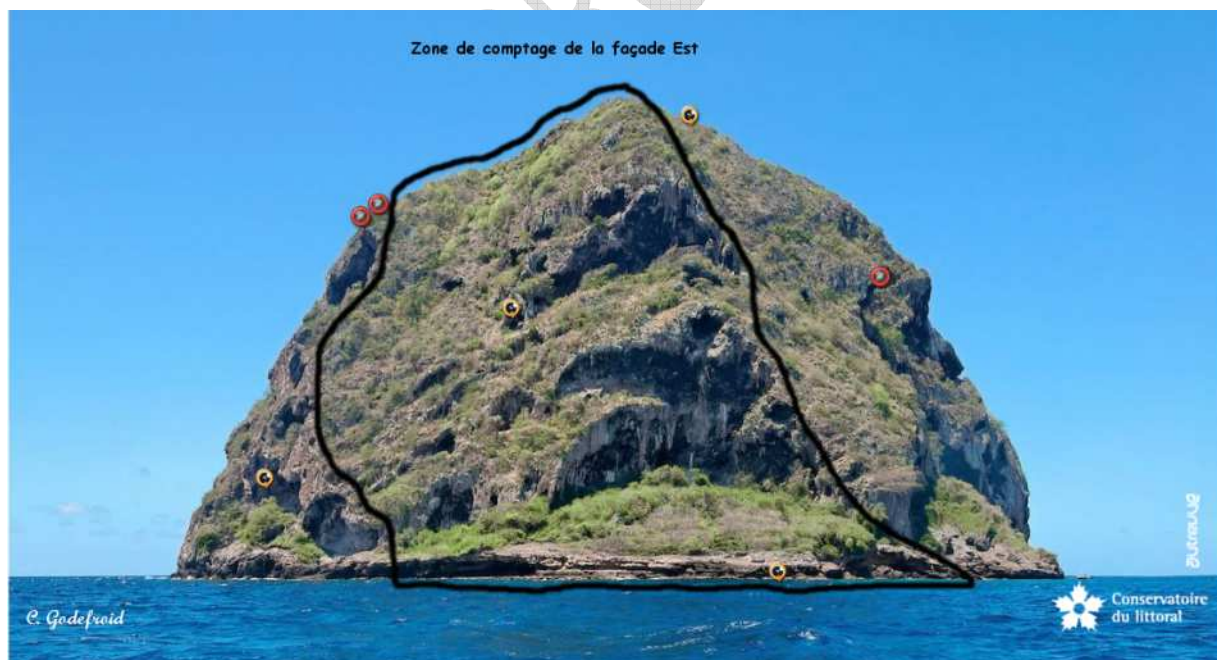


Figure 2 : Zone de comptage de la façade Est



Figure 3 : Zone de comptage de la façade Sud-Est

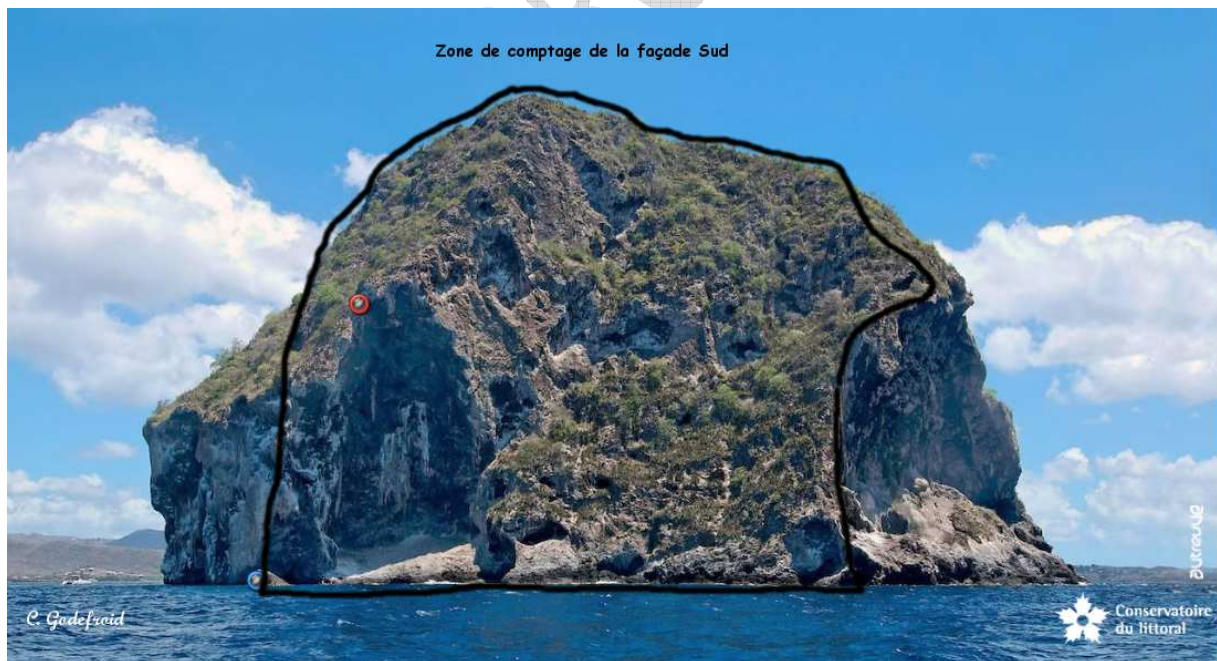


Figure 4 : Zone de comptage de la façade Sud

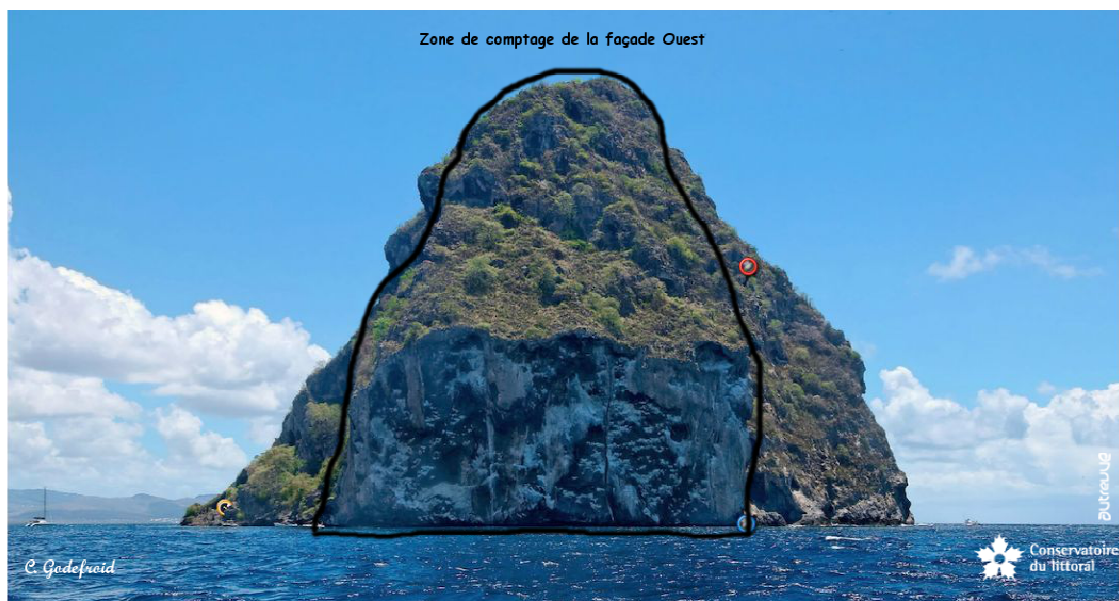


Figure 5 : Zone de comptage de la façade Ouest

A chaque point, et avec le bateau à l'arrêt, les oiseaux posés ou voletant à proximité immédiate du Rocher seront comptés systématiquement par l'opérateur en scannant du regard la zone définie. En cas de doute sur l'espèce ou le comportement d'un oiseau, l'observateur aura recours aux jumelles. Le comportement de l'oiseau sera également noté : en repos (posé ou voletant à proximité) ou en couvaion.

Deux points d'arrêt complémentaires sont à effectuer à plus grande distance du Rocher, un entre la côte et le Rocher et un au large du Rocher. Ces points permettront de compter les oiseaux en vol d'une part entre la côte et le Rocher, et d'autre part, au large du Rocher, tout en évitant les doubles comptages d'oiseaux qui voleraient d'une zone à l'autre en cours de comptage. La distance au Rocher sera à déterminer lors du premier comptage, en fonction du recul nécessaire pour pouvoir visualiser l'ensemble du secteur. La même distance sera respectée lors des comptages suivants.

A chaque point d'arrêt, les comptages seront répétés trois fois par le même observateur, de manière successive. L'usage d'un compteur est vivement recommandé. La durée du comptage pourra varier en fonction du nombre d'oiseaux présents.

La fréquence de comptage recommandée ici résulte d'un équilibre entre l'intensité du suivi et la quantité d'information souhaitées, les ressources humaines et financières mobilisables et un niveau acceptable de dérangement des colonies. Il est proposé de réaliser un comptage tous les 15 jours pendant le pic de reproduction (avril, mai, juin) et un comptage par mois le reste de l'année, soit 15 comptages par an. L'intérêt de compter les oiseaux toute l'année est de pouvoir observer les variations d'abondance de mois en mois, notamment pour les oiseaux qui utilisent le site comme dortoir. La fiche de récolte des données relative à ce premier volet est présentée page 7 et 8. Les niveaux à appliquer aux conditions climatiques sont présentées au Tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Niveaux à appliquer aux conditions climatiques

Visibilité	Météo	Vent	Mer
Bonne = 1	Clair = 1	Nul = 1	Calme = 1
Moyenne = 2	Faiblement nuageux = 2	Faible = 2	Modérée = 2
Mauvaise = 3	Nuageux = 3	Modéré = 3	Forte = 3
		Fort = 4	



## Fiche de comptage des oiseaux marins - Rocher du Diamant

<b>Noms des observateurs</b>	<b>Date</b>		<b>Heure de début</b>		<b>Heure de fin</b>		<b>Visibilité</b>		<b>Vent</b>	
	<b>Remarque</b>						<b>Météo</b>		<b>Mer</b>	

Zone de comptage	1° comptage			2° comptage			3° comptage			Remarques
Secteur marin côtier	Nbr adultes en vol	Nbr juv. en vol		Nbr adultes en vol	Nbr juv. en vol		Nbr adultes en vol	Nbr juv. en vol		
Phaéton à bec rouge										
Phaéton à bec jaune										
Frégate										
Sterne bridée										
Fou brun										
Noddi brun										
Autre : ...										
Façade Nord	Nbr juv. en repos	Nbr adultes en repos	Nbr adultes en couvaision	Nbr juv. en repos	Nbr adultes en repos	Nbr adultes en couvaision	Nbr juv. en repos	Nbr adultes en repos	Nbr adultes en couvaision	Remarques
Phaéton à bec rouge										
Phaéton à bec jaune										
Frégate										
Sterne bridée										
Fou brun										
Noddi brun										
Autre : ...										
Façade Est	Nbr juv. en repos	Nbr adultes en repos	Nbr adultes en couvaision	Nbr juv. en repos	Nbr adultes en repos	Nbr adultes en couvaision	Nbr juv. en repos	Nbr adultes en repos	Nbr adultes en couvaision	Remarques
Phaéton à bec rouge										
Phaéton à bec jaune										
Frégate										
Sterne bridée										
Fou brun										
Noddi brun										
Autre : ...										

1/2

Zone de comptage	1° comptage			2° comptage			3° comptage			Remarques
	Nbr juv. en repos	Nbr adultes en repos	Nbr adultes en couvaision	Nbr juv. en repos	Nbr adultes en repos	Nbr adultes en couvaision	Nbr juv. en repos	Nbr adultes en repos	Nbr adultes en couvaision	
Phaéton à bec rouge										
Phaéton à bec jaune										
Frégate										
Sterne bridée										
Fou brun										
Noddi brun										
Autre : ...										
Secteur marin au large	Nbr adultes en vol		Nbr juv. en vol	Nbr adultes en vol		Nbr juv. en vol	Nbr adultes en vol		Nbr juv. en vol	Remarques
Phaéton à bec rouge										
Phaéton à bec jaune										
Frégate										
Sterne bridée										
Fou brun										
Noddi brun										
Autre : ...										
Façade Sud	Nbr juv. en repos	Nbr adultes en repos	Nbr adultes en couvaision	Nbr juv. en repos	Nbr adultes en repos	Nbr adultes en couvaision	Nbr juv. en repos	Nbr adultes en repos	Nbr adultes en couvaision	Remarques
Phaéton à bec rouge										
Phaéton à bec jaune										
Frégate										
Sterne bridée										
Fou brun										
Noddi brun										
Autre : ...										
Façade Ouest	Nbr juv. en repos	Nbr adultes en repos	Nbr adultes en couvaision	Nbr juv. en repos	Nbr adultes en repos	Nbr adultes en couvaision	Nbr juv. en repos	Nbr adultes en repos	Nbr adultes en couvaision	Remarques
Phaéton à bec rouge										
Phaéton à bec jaune										
Frégate										
Sterne bridée										
Fou brun										
Noddi brun										
Autre : ...										

### *Option non retenue*

Au cours de la mission de terrain de février 2013, nous avons testés la possibilité de recourir à la photographie pour les comptages. Ceci consiste à prendre des photos à très haute résolution depuis l'embarcation, et à procéder aux comptages depuis un ordinateur. Néanmoins, les résultats obtenus se sont avérés décevants : la haute résolution des photos (16 millions de pixels) s'est avérée insuffisante pour la reconnaissance des espèces.

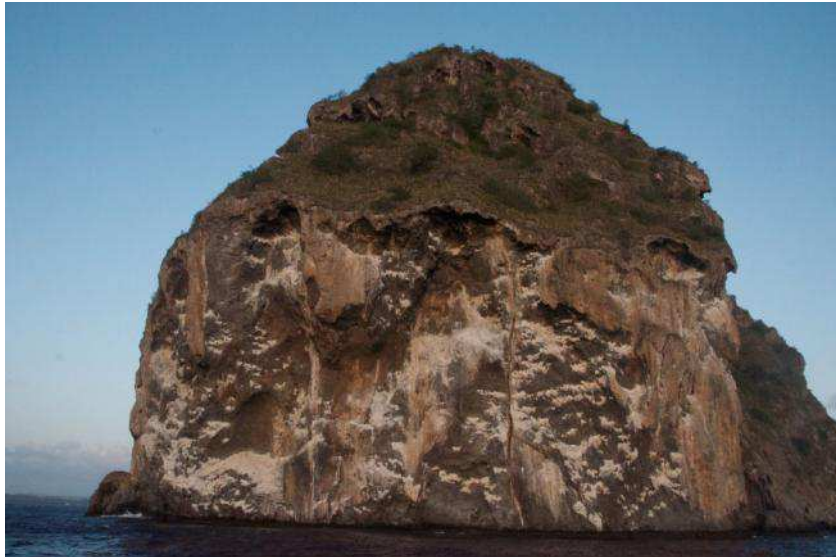


Figure 6 : Photo du Rocher en très haute définition



Figure 7 : Résolution insuffisante pour la reconnaissance des oiseaux

De plus cette méthode demande un temps de travail plus important, puisqu'il faut un photographe qui doit rester plusieurs heures sur le site pour respecter les horaires d'arrivée des oiseaux, et un ornithologue par la suite pour identifier et recompter tous les oiseaux. Cette option n'a donc pas été retenue.

## 2.3 Exploitation des données et intégration au SINP et à Faune-Martinique

Les données récoltées devront faire l'objet d'analyses statistiques, afin de déterminer :

- l'évolution de la richesse spécifique au cours de l'année ;
- l'évolution de l'utilisation des différentes façades du Rocher au cours de l'année ;
- l'évolution des effectifs de chaque espèce au cours de l'année ;
- le cycle de reproduction de chaque espèce nichant sur le site.

Les analyses passeront par le calcul de moyennes, écart-types et autres statistiques usuelles, par espèce et par façade. Plusieurs graphiques seront réalisés pour illustrer les différentes évolutions.

Les données pourront être intégrés au Système d'Information sur la Nature et les Paysages (SINP) et à Faune-Martinique en précisant, pour chaque date et chaque espèce, différents éléments dont au minimum le nom de l'observateur et le nombre d'individus observés sur l'ensemble du Rocher.

## 2.4 Mise en œuvre

Ces comptages nécessitent l'usage d'un bateau de 6 à 8 m de long, avec un pilote connaissant bien le site (courants, vagues, emplacement des casiers, etc.). Il est éventuellement envisageable d'utiliser le bateau d'une des structures partenaires du projet, sous réserve que le pilote connaisse suffisamment le site et qu'il soit disponible de 14h30 à 18h30.

Ils devront être effectués par une personne suffisamment formée en ornithologie pour pouvoir d'une part reconnaître les différentes espèces (en vol et posées), et d'autre part différencier les adultes des juvéniles, et les oiseaux en repos des oiseaux en couvain. De plus, nous recommandons garder les mêmes observateurs d'année en année pour éviter les biais.

Nous proposons donc une action de formation continue sur un an de deux agents. Cette action prendrait la forme d'un compagnonnage la première année du suivi, un ornithologue accompagnant systématiquement les agents lors des sorties en mer de comptage. De cette manière, les agents pourront acquérir les connaissances détaillées au paragraphe précédent et être autonomes les années suivantes.

L'exploitation des données (analyses statistiques) pourra être effectuée par un technicien de la structure qui prendra en charge ces comptages, ou par un prestataire externe.

## 3 Deuxième volet : Suivi acoustique du puffin d'Audubon

### 3.1 Espèce ciblée : le puffin d'Audubon

#### 3.1.1 Distribution et statut

Le puffin d'Audubon (*Puffinus lherminieri*) est un oiseau marin pélagique appartenant à l'ordre des Procellariiformes. Dans la mer des Caraïbes, la sous espèce rencontrée est *P. l. lherminieri*.

Cette espèce a une large distribution mondiale avec une surface de nidification globale estimée entre 50 000 et 100 000 km<sup>2</sup>. La population globale des puffins d'Audubon est de 500 000 individus [PRECHEUR C., 2009]. Le puffin d'Audubon, dans les Antilles françaises, est observé en Martinique, Guadeloupe, à la Désirade et à Marie-Galante. Il est présent également à Saint-Barthélemy et Saint-Martin. L'effectif reproducteur exact n'est cependant pas connu.

En Martinique, le seul site de nidification avérée est celui de la Réserve Naturelle des Ilets de Sainte-Anne. Néanmoins, PINCHON avait déjà signalé la présence du puffin sur le Rocher du Diamant en 1963, et cette présence a été confirmée lors de différentes missions de prospection en 2012. En janvier 2012, une dizaine de puffins ont été vus et entendus sur le haut du Rocher par l'équipe de V. BRETAGNOLLE. Un cadavre de puffin a été découvert en novembre 2012 dans la grotte n°16 dite "du télégraphe" et un cri de puffin a été clairement identifié depuis la grotte n°18 [GODEFROID C., 2012].

Au niveau mondial, l'IUCN considère le puffin d'Audubon comme une espèce à préoccupation mineure (« Least Concern ») c'est-à-dire à probabilité faible de menace d'extinction surtout en raison du manque de données sur l'évolution des effectifs de la population mondiale de cette espèce. De même, les données sont insuffisantes pour procéder à l'évaluation de cette espèce sur la liste rouge nationale [IUCN, 2012]. Néanmoins, dans la Caraïbe, la population de puffins d'Audubon relativement à d'autres populations, est de petite taille et en diminution. La population de puffins d'Audubon (*Puffinus lherminieri lherminieri*) des Antilles est considérée comme menacée par SCHREIBER et al. (2000).

#### 3.1.2 Habitat

Aux Galápagos, le puffin d'Audubon nidifie dans des terriers, recoins des falaises ou sous les rochers. Aux Bahamas, l'habitat du puffin est similaire, il nidifie également dans des dépressions. Les facteurs du microhabitat influençant le choix du site de reproduction de la colonie sont notamment le pourcentage de couverture rocheuse autour et la présence de végétation [TRIMM et al., 2005]. A la Réunion, le puffin niche dans des terriers à la base des falaises, dans des pentes très fortes avec une végétation plutôt basse, à environ 100 m d'altitude [BRETAGNOLLE V. et al., 2000].

En Martinique, on retrouve l'oiseau dans les galeries souterraines de l'îlet Hardy et également dans des cavités rocheuses des îlets Burgaux et Percé. Son nid est peu élaboré avec une simple dépression dans le sol. Son habitat sur le Rocher du Diamant est inconnu à ce jour. Bien que des terriers aient été découverts sur différents sites, nous n'avons pas la certitude qu'ils appartiennent à cette espèce.

### 3.1.3 Reproduction

La sous espèce *P. Iherminieri* présente des mœurs nocturnes. Les adultes pêchent en mer la journée et reviennent sur le site à la tombée de la nuit pendant la période de nidification. La population de puffins d'Audubon des îlets de Sainte-Anne arrive vers novembre-décembre. Elle s'installe définitivement en janvier et commence à pondre au mois de janvier ou en février. La période du mois de mars à la première quinzaine du mois d'avril correspond à l'éclosion des œufs. La période de départ s'étale de mai à fin juillet [PRECHEUR C., 2009].

### 3.1.4 Prédation

Les prédateurs du rat (*Rattus rattus*) et du faucon pèlerin sont celles ayant le plus d'impact sur la population du puffin d'Audubon des îlets de Sainte-Anne. Sur le Rocher du Diamant, la présence du rat n'est pas avérée, aucun individu n'ayant été observé avec certitude ou capturé lors de l'inventaire des micromammifères réalisée par l'ONCFS en 2009.

### 3.1.5 Vocalisations

Les puffins d'Audubon ont des cris bien particuliers, composés de une à dix phrases. Chaque phrase contient de une à huit notes harmoniques expirantes et une longue note rauque inspirante. Chaque individu produit un cri avec un nombre différent de phrases et un nombre différent de notes expirantes dans chaque phase. Les phrases d'un même individu avec le même nombre de notes sont constantes en temps et en fréquence acoustique d'année en année, pendant les nuits d'une même année et pendant une même nuit [MACKIN, 2005].

Le taux de vocalisations des puffins d'Audubon adultes (mâles et femelles confondus) devient plus important de 20h50 à 21h30 (16.96 appels/10min) et moins importants de 22h50 à 00h30. Le taux d'appels des poussins (15 appels/10min) est plus élevé que celui des adultes de 22h50 à 23h30 [TRIMM et al., 2005].

Le taux d'appels et la durée de l'activité vocale la nuit sont réduits quand la lune est visible. Au Bahamas, le taux d'appels des puffins est corrélé négativement avec le fort éclairage lunaire ; on a donc un taux d'appel plus important les nuits sombres.

On remarque également une distribution bimodale pour le taux d'appels. L'hypothèse avancée est l'arrivée à la colonie plus tard dans la nuit des oiseaux non reproducteurs, ce qui entraîne une réaction vocale territoriale des reproducteurs déjà dans leurs terriers. A la Réunion, il est également suggéré que les non-reproducteurs ne rejoignent pas la colonie les nuits éclairées par la lune. [BRETAGNOLLE V. et al., 2000].

Une distinction peut être faite entre le mâle et la femelle par une différence de structure et de fréquence du cri. C'est le cas pour beaucoup d'espèces de l'ordre de Procellariiformes [BRETAGNOLLE V. et al., 2000].

## 3.2 Protocole de récolte des données

Plusieurs éléments liés à la biologie et l'éthologie de l'espèce rendent un suivi classique non envisageable dans le cas du puffin d'Audubon. Tout d'abord, cet oiseau a des mœurs nocturnes et niche soit dans des grottes, soit dans des terriers, ce qui limite les possibilités d'observations visuelle depuis une embarcation. Ensuite, le Rocher du Diamant est un site dont l'accès est particulièrement difficile, un suivi par CMR (capture-marquage-recapture) demanderait des moyens humains, techniques et financiers très importants. De plus, cette espèce est assez sensible au dérangement surtout pendant la période d'incubation. Enfin, nous ne savons pas encore avec certitude quelles sont les zones exactes du Rocher utilisées par cette espèce, pendant quelle durée et à quelle fin. Pour toutes ces raisons, l'utilisation des enregistreurs acoustiques et l'analyse des chants est une méthode indirecte particulièrement bien adaptée au suivi de cette espèce.

Afin de tester les potentialités de cette méthodologie, un enregistreur acoustique prêté par le bureau d'étude Biotope Guyane a été placé sur le Rocher du Diamant lors de la mission de prospection de novembre 2012. Il a été programmé pour enregistrer une minute toutes les cinq minutes, de 17h30 à 20h30. L'appareil est resté en fonctionnement du 6 novembre au 13 février. Dans le cadre de cette étude, plusieurs journées d'enregistrements ont été écoutées. Il s'agit des 3 premiers jours après l'installation de l'appareil, puis 3 jours par mois, en période d'absence de lune, où les chants sont supposés être plus importants. Des chants de puffins ont été détectés à l'oreille le 7 et le 8 novembre, le 12 janvier et le 12 février, confirmant la présence de puffins sur le Rocher pendant plusieurs mois d'affilée. Le Tableau 2 présente les résultats obtenus.

Tableau 2 : Chants de puffins sur le Rocher du Diamant

Date	Lune	Résultat
7/11/2012	60%	chants de puffins à 18h30 et de 20h à 20h30
8/11/2012	51%	chants de puffins à 19h25
9/11/2012		pas de chants de puffins détectés
13/12/2012		pas de chants de puffins détectés
14/12/2012	0%	pas de chants de puffins détectés
15/12/2012		pas de chants de puffins détectés
12/01/2013		chants de puffins à 19h15
13/01/2013	0%	pas de chants de puffins détectés
14/01/2013		pas de chants de puffins détectés
10/02/2013		pas de chants de puffins détectés
11/02/2013	0%	pas de chants de puffins détectés
12/02/2013		chants de puffins de 20h10 à 20h25

Les observations réalisées en 2012 et la mission de terrain effectuée en février 2013 ont permis de définir différentes zones d'habitat potentiellement favorables à cette espèce, ainsi que de faire la synthèse des indices et des preuves de présence du puffin. Dans l'idéal, un enregistreur acoustique serait placé dans chacune de ces zones favorables, mais dans un premier temps, nous proposons d'en placer un dans chacune des quatre zones où la présence de puffin à un moment donné en 2012 a pu être confirmée.

Sur la façade Nord du Rocher, on retrouve deux zones d'habitats favorables. Une de celle-ci correspond également à la zone approximative d'observation nocturne de puffins en janvier 2012. Nous proposons donc de placer un enregistreur acoustique sur le haut de cette zone, dans une petite grotte située à proximité du fil de la caméra Nord. Il serait également possible de placer un enregistreur sur le haut de la seconde zone favorable.

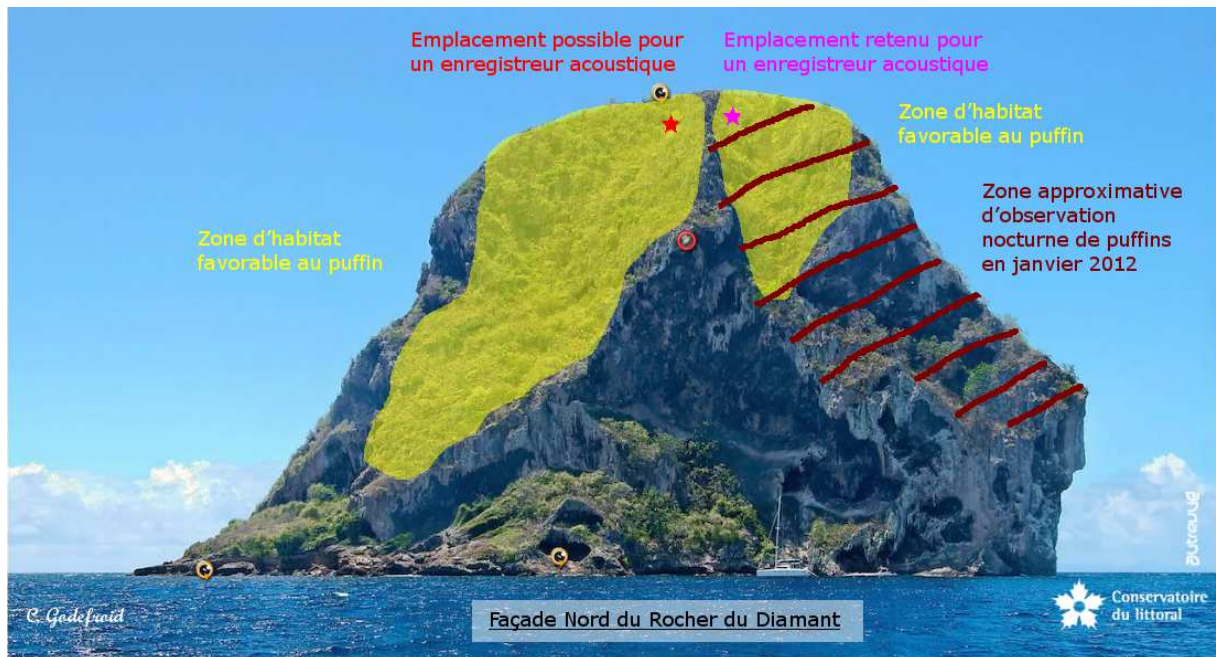


Figure 8 : Intérêt de la façade Nord du Rocher du Diamant pour le puffin d'Audubon

C'est la façade Est du Rocher qui présente le plus d'intérêt pour le puffin. La vallée par laquelle passe le chemin d'accès au sommet constitue une première zone d'habitat favorable. On y retrouve deux zones de terriers, qui pourraient potentiellement appartenir à des puffins. C'est également dans cette vallée qu'a été distinctement entendu un chant de puffin en novembre 2012. Nous proposons donc d'y placer le deuxième enregistreur acoustique, légèrement au-dessus de la zone de terriers située à proximité du chemin d'accès à la caméra mobile.

La zone centrale présente également une petite zone d'habitat favorable où des terriers (appartenant potentiellement à des puffins) ont été découverts. Dans la grande grotte juste au-dessus (grotte n°16 dite "du télégraphe"), un cadavre de puffin a été découvert en novembre 2012. Un enregistreur acoustique a été placé à cet endroit et a enregistré quelques cris de puffins entre novembre 2012 et février 2013 (cf. Tableau 2). La présence de puffins est donc bien avérée, et nous proposons donc de placer un troisième enregistreur dans cette même grotte. Enfin, une troisième zone d'habitat relativement favorable a été observée, mais la présence de végétation arborée réduit un peu son intérêt par endroits. Signalons également la présence d'une petite colonie de bihoreaux (16 individus observés).



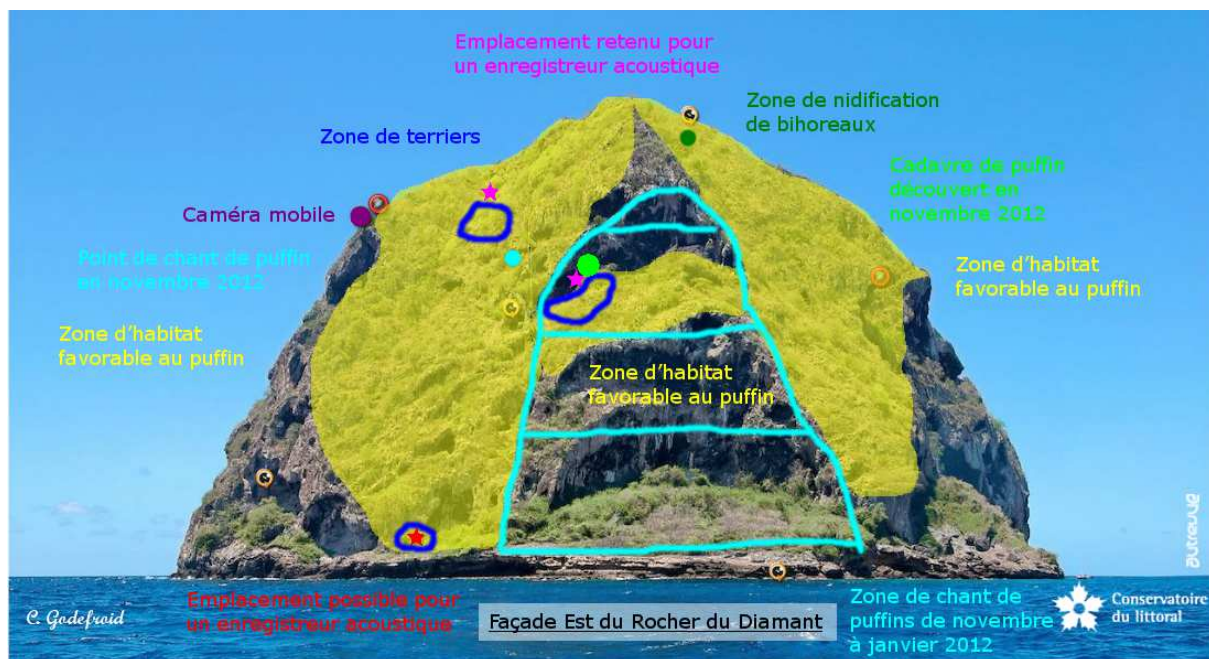


Figure 9 : Intérêt de la façade Est du Rocher du Diamant pour le puffin d'Audubon

La façade Sud du Rocher comprend une première zone d'habitat favorable au puffin, correspondant à la suite de la zone approximative d'observation nocturne de puffins en janvier 2012. Nous proposons donc d'y placer le quatrième enregistreur acoustique. Celui-ci pourrait être placé dans une petite grotte située sur le haut de la zone favorable et accessible depuis le sommet via l'installation d'un rappel (technique de corde). Cette façade comprend une deuxième zone d'habitat favorable au puffin, mais en l'absence de tout indice de présence, le placement d'un enregistreur acoustique n'y est pas une priorité.

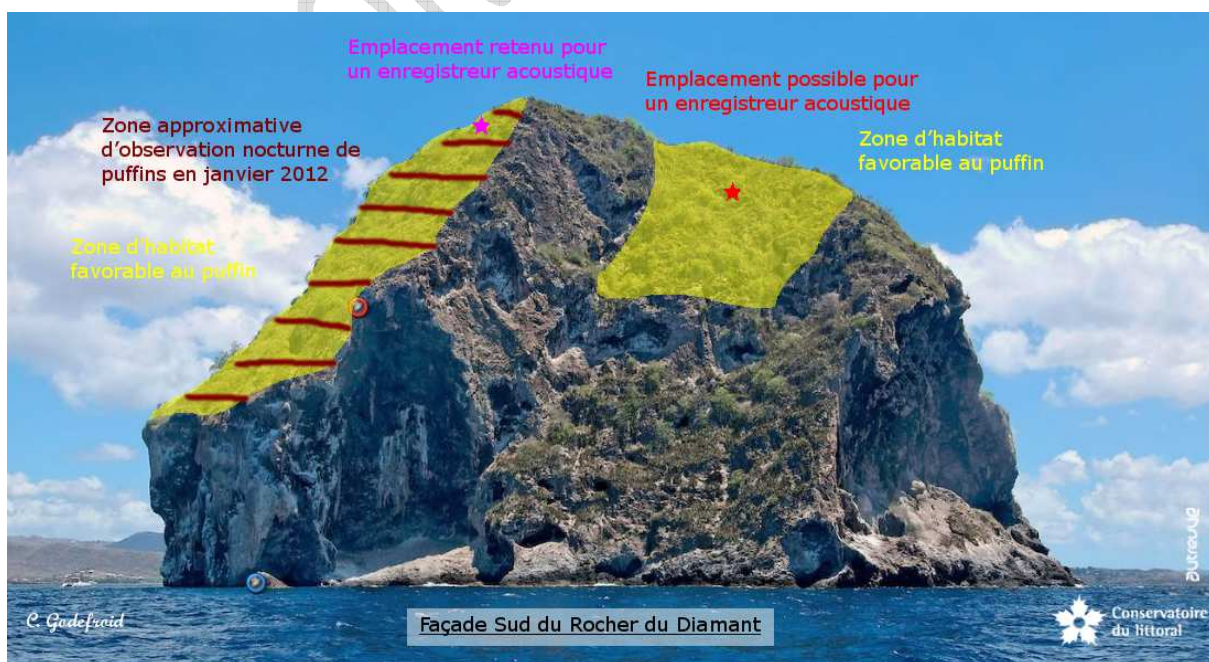


Figure 10 : Intérêt de la façade Sud du Rocher du Diamant pour le puffin d'Audubon

La façade Ouest du Rocher reprend sous une autre vue la zone d'observation nocturne décrite au paragraphe précédent, et l'emplacement du quatrième enregistreur acoustique.

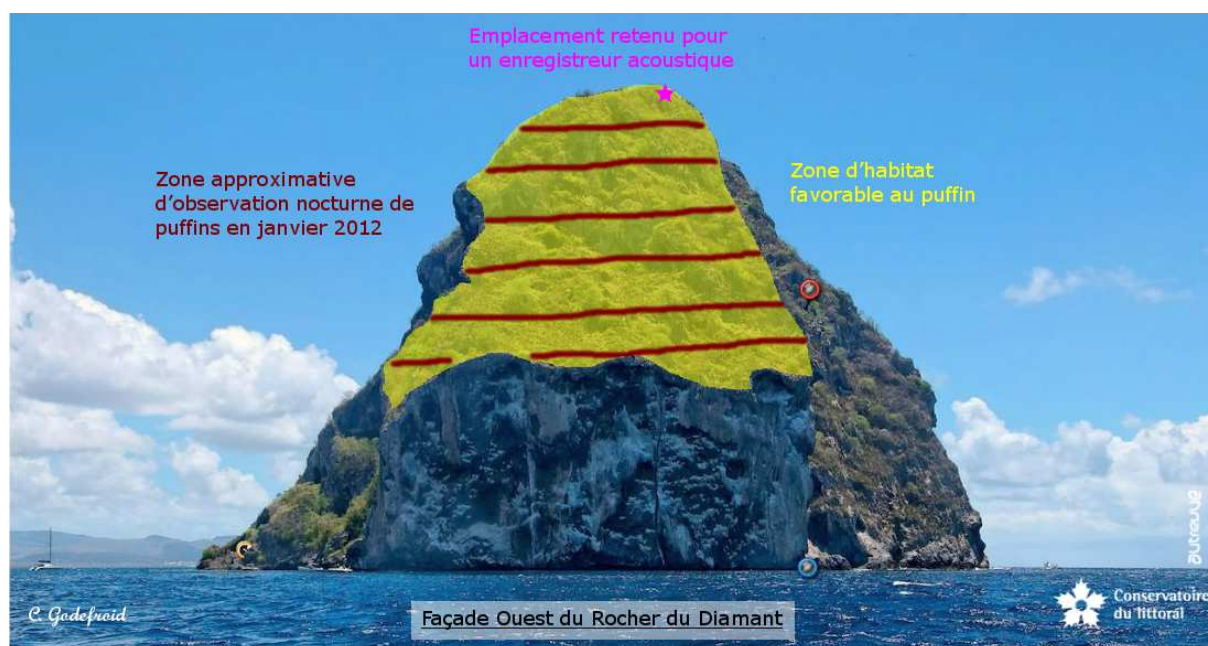


Figure 11 : Intérêt de la façade Ouest du Rocher du Diamant pour le puffin d'Audubon

Les enregistreurs acoustiques les plus utilisés pour ce type de méthodologie sont les Song Meters développés par Wildlife Acoustics. Cette société fournit également des micros, normaux et spéciaux pour "chants en vol de nuit". Plusieurs Song Meters sont actuellement utilisés par le PNRM pour le suivi du moqueur à gorge blanche dans la Réserve Naturelle de la Caravelle.

Les enregistreurs acoustiques seront placés le plus à l'abri possible des éléments, notamment du soleil (signalons qu'ils sont imperméables), et les micros (normaux ou spéciaux "vol de nuit") seront placés de manière à être protégés du vent et à capter au mieux les chants potentiels de puffins posés ou en vol dans la zone.

Les enregistreurs seront programmés de manière à enregistrer à un taux d'échantillonnage de 16 kHz. En effet, il ressort de l'étude bibliographique que les oiseaux marins, dont le puffin, émettent généralement sous les 8 kHz, et que la majorité des études acoustiques utilisent ce taux de 16 kHz par sécurité. A ce taux et avec des cartes mémoires de 32 Gb (4 par appareil), on peut enregistrer un minimum de 3h par nuit pendant 6 mois. L'utilisation d'un format de compression des données (.wac à la place de .wav) permet de tripler soit la durée de fonctionnement de l'appareil, soit le nombre d'heures d'enregistrements chaque jour. Dans notre cas, il nous semble intéressant de rester sur une durée de 6 mois, pour qu'en cas de mauvais fonctionnement de l'enregistreur, l'opérateur chargé de la maintenance puisse réagir et que les données de toute une saison de reproduction ne soient pas perdues.

Les différentes études concernant les puffins en général, et plus particulièrement le puffin d'Audubon ne s'accordent pas sur une programmation optimale des enregistrements acoustiques. En effet, les pics de chants de ces oiseaux dépendent de différents paramètres, notamment de la distance entre zone d'alimentation et zone de reproduction, de l'heure du lever du soleil etc.

Des informations relatives aux pics de chants pourront éventuellement être récupérées auprès de Carine Prêcheur (qui effectue une thèse sur la colonie des îlets de Sainte-Anne) ou des scientifiques étudiant la même espèce sur d'autres territoires. Bien que la démarche ait été lancée dans ce sens, aucun retour n'a été obtenu au moment de la rédaction de ce rapport.

Néanmoins, les premières données issues du SM2 placé entre novembre 2012 et février 2013 sur le site montrent une majorité de chants entre 20h et 20h30. Cette fourchette horaire devra donc être prise en compte pour les enregistrements.



Figure 12 : Enregistreur acoustique utilisé lors de la phase de test de la méthodologie

L'horaire, la durée et la fréquence (1 minutes toutes les 5 minutes à partir du coucher du soleil, 15 minutes toutes les demi-heures au petit matin, etc.) d'enregistrements seront donc à définir au moment du placement des enregistreurs sur le site, en fonction des informations qui auront pu être récoltées entre temps.

### 3.3 Exploitation des données

L'exploitation des données enregistrées devra fournir des statistiques sur l'évolution du pic d'activité vocale (nombre de cris maximum/minute) au cours de l'année, ainsi que l'activité vocale moyenne et son évolution. Ces paramètres reflètent en effet la taille de la colonie. Enfin, une comparaison de l'activité sonore des mâles et des femelles est à envisager.

### 3.4 Mise en œuvre

La mise en œuvre de ce volet nécessite l'acquisition de quatre enregistreurs acoustiques (SM2), des micros et du matériel nécessaire à leur fonctionnement et à leur alimentation électrique, via les panneaux solaires déjà en place au sommet du Rocher. Le PNRM possède déjà quelques SM2 utilisés pour le suivi du moqueur gorge blanche à la Caravelle. Malheureusement, les saisons de reproduction du moqueur et de puffin se chevauchent. Il n'est donc pas envisageable actuellement d'utiliser les SM2 du PNRM pour le suivi du puffin.

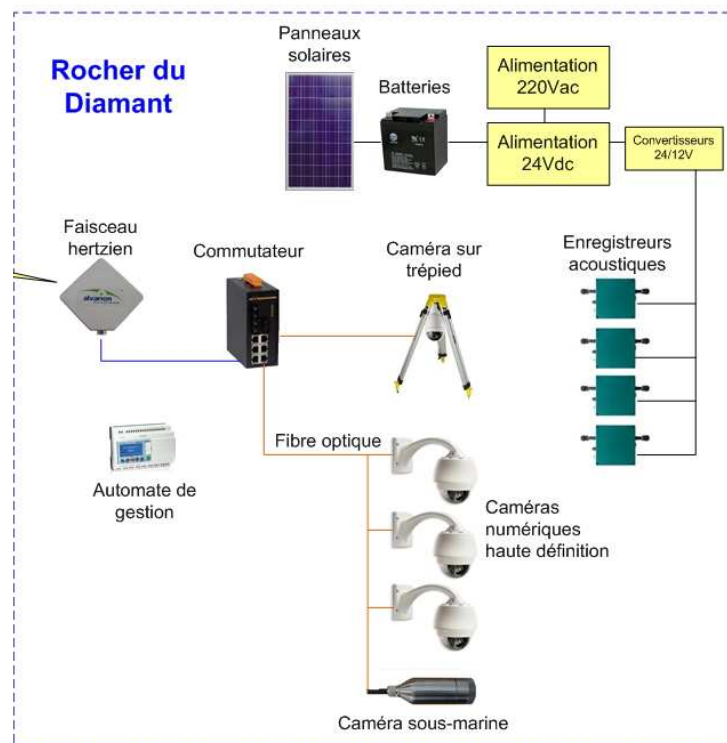


Figure 13 : Description du système d'alimentation des enregistreurs acoustiques (Source : DRM)

Cet appareillage devra ensuite être installé aux emplacements décrits aux points précédents, programmé et mis en route. De plus, une maintenance (fonctionnement, programmation et changements des cartes SD) est à prévoir deux fois par an. Ces opérations requièrent l'intervention d'un prestataire technique externe.

L'exploitation de données acoustiques nécessite des connaissances poussées en statistiques et en acoustiques. Elle peut être réalisée sur le logiciel Song Scope développé par Wildlife Acoustics et dont le PNRM possède une licence. Néanmoins, obtenir des résultats intéressants demande un niveau de connaissance très avancé de ce logiciel ou d'un équivalent. Il est donc préférable de faire appel à un prestataire externe, qui pourra, dans un premier temps, développer un algorithme de reconnaissance du chant des puffins, et ensuite procéder chaque année aux analyses sur base de cet algorithme.

## 4 Troisième volet : Valorisation du système de vidéotransmission en éthologie

### 4.1 Espèce ciblée : le phaéton à bec rouge

Le choix du phaéton à bec rouge comme espèce cible de ce troisième volet s'inscrit dans un processus de valorisation du système de vidéotransmission déjà en place sur le Rocher. Les caméras fixes sont trop éloignées pour pouvoir suivre en détail la reproduction des espèces sur le Rocher (zoom insuffisant, angle de vue peu adapté). Par contre, on retrouve à proximité immédiate de la caméra mobile (caméra placée près du sommet du Rocher) plusieurs nids de phaétons, ce qui offre de grandes possibilités d'étude de la reproduction de cette espèce. Cette espèce ayant déjà été présentée au point 2.1.3, nous ne détaillons ici que sa reproduction.

La reproduction du phaéton à bec rouge en Martinique se déroule généralement de janvier à juin selon AMAZONA, de décembre à août selon BENITO-ESPINAL et de mars à septembre pour PINCHON. La mission de prospection effectuée en novembre 2012 a montré qu'à cette période de l'année, des juvéniles de bonne taille étaient déjà présents. D'autre part, l'Espace muséographique Bernard David a suivi le développement d'un poussin né le 6 novembre 2012. La reproduction semble donc s'effectuer toute l'année.

Le phaéton à bec rouge niche dans un trou ou dans une crevasse, sur le sol nu. La femelle dépose un seul œuf blanc taché de brun roux. L'incubation dure environ 40 à 46 jours, assurée par les deux parents, mais par la femelle la majeure partie du temps, tandis qu'elle est nourrie au nid par le mâle. Le phaéton à bec rouge se nourrit de poissons volants essentiellement, mais aussi de calmars. Le poussin naît couvert de duvet gris. Il reste seul au nid pendant que les parents vont chercher de la nourriture. Ils le nourrissent deux fois tous les trois jours, jusqu'à la pousse de son plumage, 12 à 13 semaines après la naissance. Le jeune n'est pas encore capable de voler et reste posé sur l'eau plusieurs jours durant, perdant du poids jusqu'à pouvoir s'élever dans les airs.

Le cycle de reproduction du phaéton à bec rouge s'étale ainsi sur environ 5 mois ( 45 jours d'incubation et 12 semaines de nourrissage).

### 4.2 Protocole de récolte des données

Dans un cadre éthologique, il est particulièrement intéressant d'acquérir des données sur les aspects suivants de la reproduction du phaéton à bec rouge :

- le comportement de couvain : la durée et la fréquence des relais entre les deux adultes ;
- le devenir du nid et de l'œuf ;
- l'alimentation du poussin : le nombre, la fréquence et la durée des phases de nourrissage ;
- la croissance du poussin, le développement de plumage, la mue.

En effet, à l'heure actuelle, les connaissances sur la reproduction du phaéton à bec rouge à la Martinique sont lacunaires et ce protocole permettrait de les compléter, sans induire de dérangement.

Après consultation de différents ornithologues et en fonction des contraintes techniques liées au système de vidéo transmission, nous proposons de programmer les enregistrements sur la caméra mobile de la manière suivante :

- 12h d'enregistrement vidéo continu depuis la caméra mobile le dimanche (de 6h à 18h) pendant toute la durée du cycle de reproduction (environ 5 mois, soit 1800 heures au total, le double si deux cycles de reproduction successifs) ;
- 1 photo prise automatiquement tous les jours à 9h depuis la caméra mobile, toute l'année, soit 365 photos par an.

Le personnel de l'Espace muséographique nous a fait part de sa grande motivation à participer activement à ce programme scientifique. Dès lors, nous proposons d'ajouter à ces enregistrements automatiques quelques prises de vue manuelles complémentaires. Chaque semaine, l'opérateur présent à l'Espace muséographique Bernard David prendra une photo de chaque nid de phaéton installé à proximité de la caméra mobile (soit un maximum d'environ 160 photos par an). Enfin, si des évènements ou comportements particuliers sont observés, des séquences vidéos ou photos complémentaires pourront être prises du nid et de ses abords.

Le début de l'enregistrement vidéo sera déterminé par ce même opérateur, à partir du moment où un nouveau couple de phaétons commencera à s'installer au pied de la caméra mobile. L'angle de vue sera déterminé de manière à avoir une vue globale sur le nid et ses abords immédiats. La caméra sera programmée pour reprendre automatiquement cet angle de vue lorsqu'elle s'allume le matin à 9h, quelque soient les modifications effectuées à des fins éducatives la veille.

Le timing et la fréquence d'enregistrement pourront être modifiés après une première année de test, en fonction des résultats et des objectifs à atteindre.

De part l'intérêt patrimonial que représente la sterne bridée pour la commune du Diamant, il est également proposé un protocole très léger de suivi de cette espèce par photographie d'un plateau où s'installe chaque année quelques couples de sternes. L'opérateur prendra manuellement une photo depuis la caméra fixe de cette partie de la colonie, une fois par semaine au minimum. Ce protocole très léger pourra éventuellement être développé les années suivantes, en fonction des résultats obtenus et de l'intérêt qu'y porteront les Diamantinois d'une part, et la communauté scientifique d'autre part.

### **4.3 Exploitation des données**

Les données récoltées seront mises à disposition des ornithologues, des universités et laboratoires de recherche intéressés par le domaine de l'éthologie de reproduction des oiseaux et plus particulièrement du phaéton à bec rouge. L'analyse des enregistrements vidéo et des photos pourrait par exemple s'envisager dans le cadre d'un stage de master.

## 4.4 Mise en œuvre

La mise en œuvre de ce dernier volet du programme nécessite l'acquisition d'un système de stockage pour sauvegarder les données photographiques et vidéographiques, ainsi que d'un onduleur. Ces appareils devront être installés à l'Espace muséographique Bernard David. Une maintenance du système et un déstockage des données est à prévoir une fois par an.

Le système de vidéotransmission et plus particulièrement la caméra mobile devront être programmés pour un enregistrement automatique des photos et séquences vidéographiques tel que décrits au point 4.2.

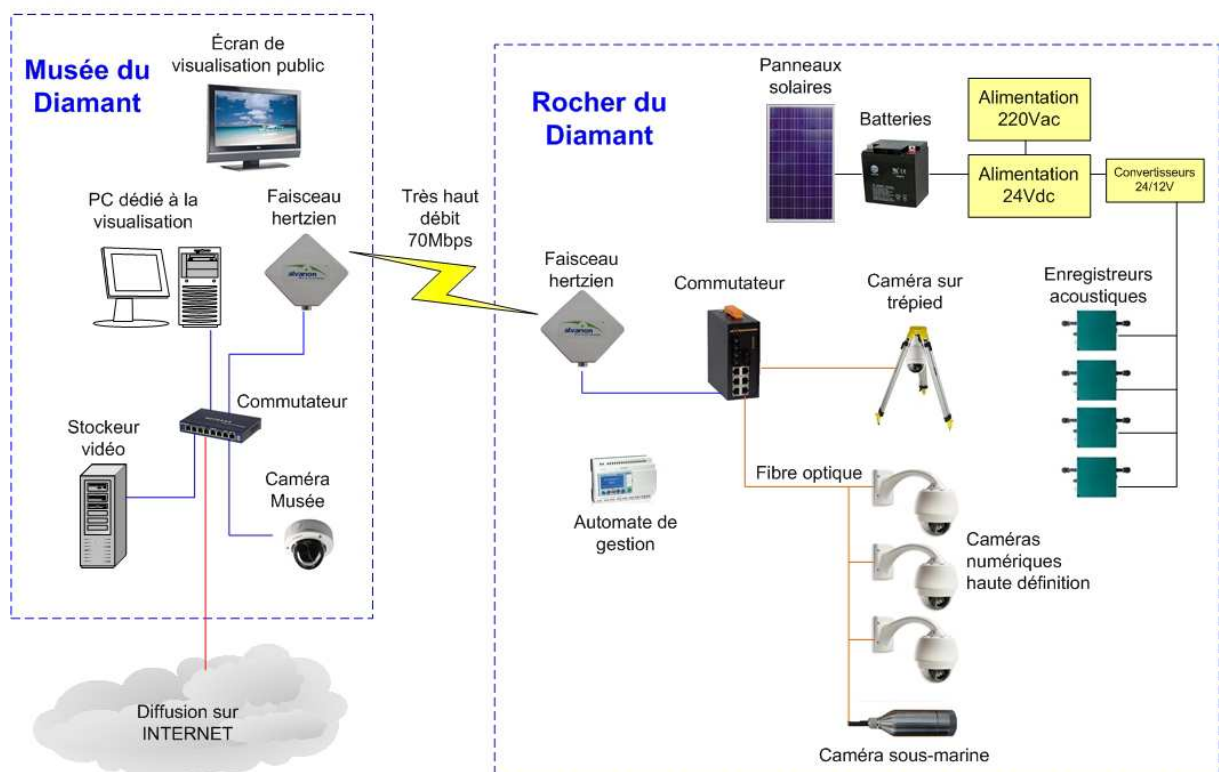


Figure 14 : Description du système de vidéotransmission adapté pour répondre aux objectifs du troisième volet du programme de suivi de l'avifaune (Source : DRM)

Enfin, ce suivi demande l'intervention d'un opérateur de l'Espace muséographique environ une demi-heure par semaine, soit un total de 3 jours ETP par an.

## 5 Synthèse opérationnelle, coûts et perspectives de financement

Les deux tableaux ci-dessous synthétisent l'ensemble des actions envisagées, leur durée, leur coût, la période de l'année à laquelle elles doivent avoir lieu ainsi que les intervenants pressentis. Les coûts présentés sont des coûts TTC. Les coûts ETP du PNRM, du Conservatoire du Littoral et du bureau d'étude Biotope nous ont été communiqués par les structures en question.

Tableau 3: Coûts d'investissement du programme pluriannuel de suivi de l'avifaune du Rocher du Diamant

COÛTS D'INVESTISSEMENT : 24413 € TTC							
Volet	Action	Durée	Coût TTC (€)	Sous-total par volet TTC (€)	Référence	Intervenant proposé	Période
1	Compagnonnage lors de la première année de suivi et formation d'un agent par un ornithologue expérimenté	15 demi-journées	2250	2250	Devis Association Le Carouge	Prestataire	Deux fois par mois en avril, mai et juin, Une fois par mois le reste de l'année
2	Acquisition de 4 Song Meters et du matériel nécessaire à leur fonctionnement	délai de livraison inconnu	7098	15092	Devis DRM	Prestataire	Avant le mois d'octobre (début de la saison de reproduction en novembre)
	Installation de l'alimentation électrique des SM2 et mise en place des SM2 sur le Rocher	2 jours	4034		Devis DRM	Prestataire	Fin octobre (début de la saison de reproduction en novembre)
	Programmation, placement et mise en route des SM2	1 jour	660		Estimation	Prestataire	Fin octobre (début de la saison de reproduction en novembre)
	Construction de l'algorithme de reconnaissance de chants de puffins sur base des données acoustiques	5 jours	3300		Coût ETP ingénieur Biotope	Prestataire	A la fin de la saison de reproduction ou au minimum après 6 mois d'enregistrement
3	Acquisition d'un stockeur iSCSI pour le stockage de données photo et vidéo	/	5509	7071	Devis DRM	Prestataire	Le plus rapidement possible
	Installation du stockeur iSCSI et programmation de la caméra mobile pour un enregistrement automatique de photos et séquences vidéo	/	1562		Devis DRM	Prestataire	Le plus rapidement possible



Tableau 4 : Coûts annuels de fonctionnement du programme pluriannuel de suivi de l'avifaune du Rocher du Diamant

COÛTS DE FONCTIONNEMENT : 11748 € TTC par an							
Volet	Action	Durée	Coût annuel TTC (€)	Sous-total par volet TTC (€)	Référence	Intervenant proposé	Période
1	Comptages par bateau	15 demi-journées	1140	5750	Coûts ETP cat. C PNRM	PNRM	Deux fois par mois en avril, mai et juin, une fois par mois le reste de l'année
	Location bateau et pilote	15 demi-journées	3750		Devis Erdual L.	Prestataire	
	Exploitation des données de comptage (analyses statistiques de base)	5 jours	860		Coûts ETP cat. B PNRM	PNRM	Une fois par an
2	Maintenance et programmation des SM2 et changements des cartes SD	2 jours (minimum)	1736	5036	Devis DRM	Prestataire	Une fois tous les 6 mois (minimum)
	Exploitation des données acoustiques (analyses acoustiques et statistiques poussées)	5 Jours	3300		Coût ETP ingénieur Biotope	Prestataire	Une fois par an
3	Prise de photos et enregistrements depuis la caméra mobile	3 jours	825	962,5	Estimation	Espace muséographique Bernard David	Répartis sur toute l'année
	Déstockage des données photo et vidéo	1/2 journée	137,5		Coûts ETP cat. B CdL	Conservatoire du Littoral	Une fois par an
	Exploitation des données photo et vidéo	plusieurs mois	/		/	Ornithologue, université ou laboratoire de recherche	Une fois par an

La mise en œuvre de ce programme de suivi pluriannuel de l'avifaune marine du Rocher du Diamant nécessite un budget d'environ 24500 € d'investissement et d'environ 12000 € de fonctionnement annuel. Différents partenaires nous ayant fait part de leur désir d'intervenir sur ce programme, nous présentons ici, de manière non exhaustive, quelques possibilités de montage financier.

Le PNRM a exprimé sa volonté d'intervenir sur le premier volet relatif au suivi visuel des populations (2250 € d'investissement, 5750 € de fonctionnement annuel). Ce premier volet est aussi celui qui intéresse le plus la DEAL. La mise en œuvre de ce volet pourrait être envisagée dans le cadre d'un projet FEDER mené par le Parc. D'autre part, ce premier volet présente un potentiel écotouristique intéressant. En effet, lorsque plusieurs agents auront été formés au protocole de suivi, il serait envisageable d'accueillir à bord du bateau une dizaine de personnes intéressées par les oiseaux marins et le suivi scientifique de ce site majeur du patrimoine martiniquais. La participation financière demandée pourrait couvrir les coûts d'un agent supplémentaire chargé de l'animation du groupe, ainsi qu'une partie des coûts liés à la location du bateau.

Au vu de son caractère très technique et relativement innovant pour le suivi d'une espèce discrète sur un site peu accessible, le deuxième volet (suivi acoustique du puffin d'Audubon) pourrait être financé via le montage d'un projet LIFE+ "Biodiversité". En effet, ces projets se doivent d'être des projets d'innovation et/ou de démonstration de la faisabilité et de l'efficacité de nouvelles pratiques, méthodologies ou approches de mise en œuvre permettant de limiter la perte de biodiversité. Le LIFE+ "Biodiversité" s'adresse notamment à des projets visant à élaborer des plans d'action en faveur d'espèces ne figurant pas dans les annexes de la directive "habitats", mais figurant dans les listes rouges européennes ou dans la liste rouge de l'UICN. Le cofinancement communautaire est de 50 % des coûts éligibles. Cette possibilité mérite d'être approfondie en tenant compte des critères très limitatifs de ces projets LIFE+. Il est également envisageable d'intégrer ce volet au projet FEDER pré-mentionné. Rappelons que ce volet est le plus coûteux, avec un investissement assez important (15092 €) mais par contre des coûts annuels de fonctionnement moins élevés (5036 €).

Enfin, le Conservatoire du Littoral, la DEAL ou le PNRM pourraient prendre en charge les coûts d'investissement du troisième volet (7071 €). Le financement des coûts de fonctionnement de ce volet ne devrait pas être difficile au vu du faible montant en question (moins de 1000 € par an). Il est également possible d'intégrer ce volet au projet FEDER pré-mentionné.

## 6 Remerciements

Ce programme de suivi n'aurait pas pu être construit sans l'intervention de nombreuses personnes.

Nous tenons à remercier David Belfan et Beatriz Conde (Association Le Carouge), Georges Tayalay (AOMA) et Gilles Leblond (Bios) pour leurs précieux conseils ornithologiques.

Pour les aspects techniques, nous remercions Yves Bas (Biotope) et Jonathan Priam (Carbet des Sciences) pour leurs explications relatives aux SM2, Pascal Humbert (DRM) pour ses explications relatives au système de vidéo-transmission et à l'alimentation électrique du site. Nous remercions le bureau d'étude Biotope Guyane qui nous a permis, via l'intervention de Maël Dewynter, d'utiliser un SM2 sur le site pendant plusieurs mois.

Nous tenons également à remercier Yann Flahaut (Aventures et Canyon), Julien Mailles (DEAL) et Carine Prêcheur (doctorante CNRS) pour leur participation à la mission de terrain de février 2012. Nous tenons à remercier tout particulièrement Laurent Juhel (Autrevue) dont la connaissance du site s'est révélée un atout de taille lors de la préparation et du déroulement de l'opération, ainsi que pour la préparation des cartes de synthèse du deuxième volet.

Enfin, nous remercions le personnel de la Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement, celui du Parc Naturel Régional de Martinique ainsi que celui de l'Espace muséographique Bernard David et bien-sûr, du Conservatoire du Littoral pour leur implication, présente et future, dans ce projet.

## 7 Bibliographie

AMAZONA [2004]. L'avifaune du Rocher du Diamant en Martinique : Statut et propositions de gestion. Rapport AMAZONA n° 6.

BÉNITO-ESPINAL E., HAUTCASTEL P. [2003]. *Les oiseaux des Antilles et leur nid. Petites et Grandes Antilles*. Editions PLB.

BIOS [2008]. Synthèse des connaissances sur les oiseaux marins nicheurs en Martinique et proposition d'un plan d'action.

BIRDLIFE INTERNATIONAL [2013]. *Important Bird Areas factsheet: Rocher du Diamant*. Downloaded from <http://www.birdlife.org> on 05/02/2013

BIRDS AND CO. *Les oiseaux de Martinique*. <http://www.sosdom.lautre.net/index.htm>, consulté pour la dernière fois en février 2013.

BRETAGNOLLE V., ATTIE C., MOUGEOT F. [2000] *Audubon's Shearwaters Puffinus lherminieri on Reunion Island, Indian Ocean: behaviour, census, distribution, biometrics and breeding biology*. Ibis 142, p. 399-412.

BUXTON R.T., JONES I.L. [2012]. *Measuring nocturnal seabird activity and status using acoustic recording devices: applications for island restoration*. Journal of Field Ornithology 83 (1) p. 47-60.

COX W.A., PRUETT M.S., BENSON T.J. [2012]. Development of Camera Technology for Monitoring Nests. Dans : Video Surveillance of Nesting Birds, Cooper Ornithological Society.

GLADBACH A., BRAUN C., NORDT A., PETER H.-S., QUILLFELDT P. [2009]. *Chick provisioning and nest attendance of male and female Wilson's storm petrels Oceanites oceanicus*. Polar Biol 32, p. 1315 - 1321

GODEFROID C. [2012]. *L'avifaune du Rocher du Diamant - Rapport de mission du 6 et 7 novembre 2012*.

GOH M. [2012] *Developing an automated acoustic monitoring system to estimate abundance of Cory's Shearwaters in the Azores*. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science and the Diploma of Imperial College London.

JONES I.L., MAJOR H., BUXTON R. [2008]. *An experimental and observational study of the status and recovery of nocturnal seabirds at Amatignak and Little Sitkin Islands, Aleutian Islands, Alaska in 2008*. Alaska Maritime National Wildlife Refuge and Challenge Cost Share program.

LE GALLIARD J.-F., GUARINI J.-M., GAILL F. [2012]. *Sensors for ecology : Towards integrated knowledge of ecosystems*. Centre National de la recherche scientifique (CNRS), Institut Écologie et Environnement (INEE).

MACKIN W.A. [2005]. *Neighbor-stranger discrimination in Audubon's shearwater (Puffinus l. lherminieri) explained by a "real enemy" effect*. Behav Ecol Sociobiol 00.

MAILLARD J.-F. [2008]. *Faune des Antilles : Espèces soumises à réglementation, Martinique, Guadeloupe, Saint-Barthélemy et Saint-Martin*. Editions Roger Le Guen.

MARGALIDA A., BOUDET J., BERTRAN J., MARTINEZ J.-M., HEREDIA R. [2006]. *A solar-powered transmitting video camera for monitoring cliff-nesting raptors*. J. Field Ornithology 77(1), p. 7–12.

ONCFS [2009]. *Inventaire des micro-mammifères et étude de faisabilité d'une dératisation sur le rocher du Diamant (Martinique)*.

PRECHEUR C. [2009]. *Etude de la dynamique de population du puffin d'Audubon (Puffinus lherminieri) de la réserve naturelle des îlets de Sainte-Anne*. Thèse de master professionnel en sciences et technologies, Biodiversité Tropicale, Université des Antilles et de la Guyane.

ROUL S. [2011]. *Current Status of the Manx Shearwater (Puffinus puffinus) population at Lawn Islands Archipelago Provisional Ecological Reserve*. The Osprey Nature Journal of Newfoundland and Labrador. Volume 42, Issue 3.

SCHREIBER E.A., LEE D.S. [2000]. *Status and Conservation of West Indian Seabirds*. Society of Caribbean Ornithology. 225 p.

TRIMM N.A., HAYES JR & K.W. [2005]. *Distribution of nesting Audubon's Shearwaters (Puffinus Lherminieri) on San Salvador Island, Bahamas*. Proceedings of the Tenth Symposium on the natural history of the Bahamas.

UICN FRANCE, MNHN, AMAZONA, AEVA, ASFA & ONCFS [2012]. *La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Oiseaux de Guadeloupe*. Dossier électronique.

WILEY J.W., HAYES F.E. [2009]. *A Bibliography of Seabirds of the Caribbean Region*.

## ANNEXES

Différents documents sous format numérique sont annexés sur le CD fourni avec ce rapport :

- **Fiche de comptage des oiseaux marins** (Fiche de comptage des oiseaux marins - Rocher du Diamant.xlsx) ;
- **Montages photographiques relatifs aux zones de comptage sur les différentes façades du Rocher du Diamant** (dossier "zones de comptage" comportant 5 fichiers png) ;
- **Montages photographiques relatifs aux emplacements retenus pour les enregistreurs acoustiques sur les différentes façades du Rocher du Diamant** (dossier "enregistreurs acoustiques" comportant 4 fichiers png) ;
- **Devis de la société DRM pour l'acquisition et l'installation de tous le matériel technique du volet 2 et 3** (Devis DRM.pdf) ;
- **Devis de l'Association Le Carouge pour le compagnonnage lors de la première année de suivi et la formation d'un agent par un ornithologue expérimenté** (Devis Association Le Carouge.pdf) ;
- **Devis de Louis Erdual pour le transport en bateau** (Devis Louis Erdual.pdf) ;
- **Devis du bureau d'étude Biotope pour la construction de l'algorithme de reconnaissance de chants de puffins et les analyses acoustiques** (MANQUANT AU 29/03 - estimation donnée par mail)