Base de connaissances ornithologiques et spectrales relative aux écosystèmes fréquentés par les limnicoles dans les Petites Antilles

Auteur : Catherine Godefroid

Partenaires : UMR ESPACE-DEV, IRD, avec la collaboration de l'AOMA (Georges Tayali) et de « Le Carouge » (Beatriz Conde)

Date : Juin 2012

Projet CARIBSAT – Programme INTERREG Caraïbe IV
www.caribsat.teledetection.fr

Territoires Caraïbe
Climat
Milieu marin
Mangrove
Littoral
Urbanisation
Biodiversité
Risques naturels

Table des matières

1 Contexte et objectif 1

2 Méthodologie 2

3 Résultats et analyse des résultats 4

3.1 Recensement des sites de halte et/ou d'hivernage des limicoles en Martinique 4

3.2 Description des différents écosystèmes utilisés par les limicoles 5

3.2.1 Etang d'eau douce 5

3.2.2 Etang d'eau salée 6

3.2.3 Mangroves 7

3.2.4 Plage 8

3.2.5 Tannes 9

3.2.6 Vasières 10

3.2.7 Zones ouvertes humides 11

3.3 Caractérisation spectrale des écosystèmes utilisés par les limicoles 12

4 Conclusion et perspectives 15

5 Bibliographie 16

1 Contexte et objectif

Autrefois appelés « petits échassiers », les limicoles désignent les oiseaux aux longues pattes et long bec retrouvés dans les écosystèmes humides. Ces oiseaux, de l'ordre des Charadriiformes, se caractérisent par un vol puissant, une course rapide et une physiologie (notamment le bec) particulière adaptée à leur milieu et mode de vie. Ils vivent au sol et y nichent pour la plupart mais sont toujours associés à l'eau, que ce soit dans les terres ou sur les côtes. Ils sont souvent grégaires, sauf en période de nidification.

Les limicoles effectuent des déplacements quasi perpétuels entre leurs sites de nidification et ceux d'hivernage. Les migrations peuvent se faire de manière directe ou par étapes, comportant alors des haltes migratoires le long du parcours. Ces zones de halte se caractérisent par une tranquillité de l'écosystème et une disponibilité alimentaire permettant aux oiseaux de se reposer et se ravitailler pour poursuivre leur route. En cela, les limicoles sont reconnus comme étant de bons indicateurs biologiques de l'état de santé des écosystèmes humides et suscitent ainsi un intérêt particulier depuis quelques années [2].

Les Petites Antilles sont situées sur l'une des voies de migration connues des limicoles, celle qui relie l'est du continent nord-américain (aire de nidification) au plateau des Guyanes (aire d'hivernage). Elles accueillent de nombreux limicoles durant les périodes de migration (de juin à novembre) ainsi que pendant les mois d'hivernage (de décembre à février) [2]. Par conséquence, il parait indispensable de travailler à une échelle interrégionale pour la protection du couloir de migration de ces espèces. Ce travail de conservation passe par la détermination précise des sites de halte migratoire ou d'hivernage dans les différentes îles de l'arc antillais.

Dans ce contexte, notre étude a pour objectif la constitution d'une base de connaissances ornithologiques et spectrales relative aux écosystèmes fréquentés par les limicoles dans les Petites Antilles, au départ de l'exemple de la Martinique. Ce travail préliminaire étudiera les potentialités de la télédétection pour la mise en évidence des sites susceptibles d'être favorables aux limicoles à l'échelle des Petites Antilles, sans devoir recourir à de longs et coûteux inventaires de terrain.

2 Méthodologie

La première phase de ce travail a consisté en une recherche bibliographique centrée sur les limicoles fréquentant les Petites Antilles, que ce soit pour une halte migratoire ou en période hivernale. La recherche s'est focalisée sur les différents écosystèmes utilisés par ces espèces. Nous avons ensuite recensé les sites en Martinique où la présence de limicoles était avérée, sur base des documents bibliographiques existants, mais en intégrant également les connaissances des ornithologues locaux (G. Tayalay de l'AOMA et B. Condé de l'association Le Carouge).

Les limicoles, de par leurs spécificités biologiques et leur préférences alimentaires, se retrouvent principalement dans les zones humides. Notre travail a donc pris comme base la cartographie des zones humides de Martinique de 2006 [10]. Les périmètres des zones humides englobant un ou des site(s) à limicoles ont été extraits de l'inventaire et ont servi de base à la digitalisation de zones d'entrainement.

Une zone d'entrainement est, en termes de télédétection, un ensemble de pixels présentant une certaine homogénéité spectrale (visible sur la composition colorée de l'image satellite), qui peut être reliée à une certaine classe thématique (dans notre étude, il s'agit d'écosystèmes). L'objectif de cette étape est d'attribuer un certain nombre de pixels à chaque classe, de manière à pouvoir ensuite caractériser spectralement ces dernières. Dans notre cas, chaque zone d'entrainement correspond à un site fréquenté par des limicoles, et homogène du point de vue de l'écosystème. Leur digitalisation a été effectuée d'une part sur base de l'interprétation visuelle de l'orthophoto de 2010 d'une part, et de l'image satellite Spot du 29 septembre 2006 d'autre part. L'image du 29 septembre a été choisie d'une part parce qu'elle correspondait à la période de halte migratoire et donc de haute fréquentation des limicoles, et d'autre part parce que son couvert nuageux n'était pas trop important. Ensuite, chaque zone a été assignée à la classe thématique (écosystème) à laquelle elle correspond, sur base de l'interprétation de l'orthophoto et/ou des connaissances de terrain.

A titre d'exemple la Figure 1 ci-dessous illustre le cas d'une vasière fréquentée par des limicoles, qui est digitalisée à partir d'une zone humide « mangrove ».

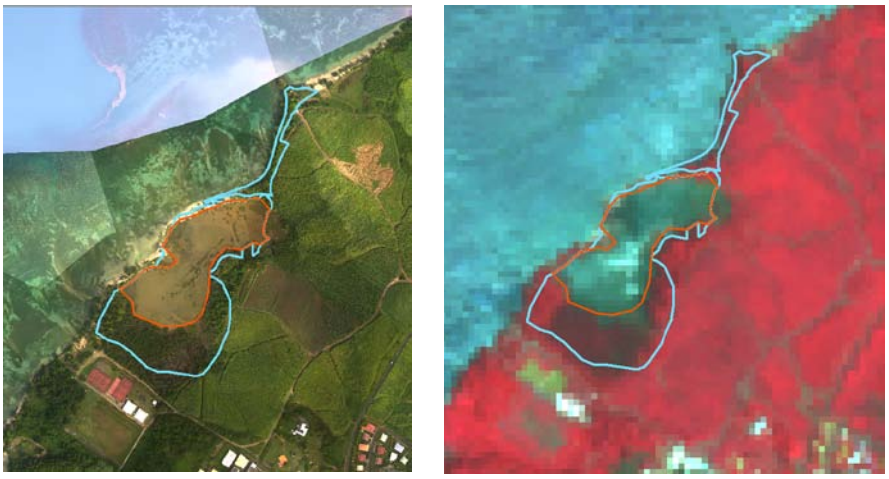

Figure 1 : Digitalisation d'un site de vasière fréquenté par des limicoles (rouge), au départ de la zone humide extraite de l'inventaire de 2006 (bleu), à l'aide de la photo aérienne et de l'image SPOT

Des traitements SIG ont ensuite permis de croiser ces zones d'entrainement avec les différentes bandes spectrales de l'image satellite SPOT du 29 septembre 2006 et avec deux néo-canaux calculés à partir de cette même image. Les sites à limicoles situés sous la couverture nuageuse de l'image satellite ont été écartés de l'analyse.

Les bandes spectrales de l'image SPOT sont le vert (V), le rouge (R), le proche infrarouge (PIR) et le moyen infrarouge (MIR). Les deux néo-canaux résultent de la combinaison de plusieurs de ces bandes spectrales de base.

L'indice de végétation par différence normalisée (Normalised Difference Vegetation Index, NDVI), proposé pour la première fois par Rouse et al en 1973, est l'indice de végétation le plus connu et le plus utilisé en télédétection en relation avec la signature spectrale de la végétation [13]. Il s'agit du rapport de la différence entre la réflectance dans le proche infrarouge (PIR) et dans le rouge (R), sur la somme des deux. Les valeurs du NDVI sont comprises entre -1 et +1, les valeurs négatives correspondant aux surfaces autres que les couverts végétaux, comme l'eau ou les nuages, pour lesquelles la réflectance dans le rouge est supérieure à celle du proche infrarouge. Pour les sols nus, les réflectances étant à peu près du même ordre de grandeur dans le rouge et le proche infrarouge, le NDVI présente des valeurs proches de 0. Les formations végétales quant à elles, ont des valeurs de NDVI positives, généralement comprises entre 0,1 et 0,7 ; les valeurs les plus élevées correspondant aux couverts les plus denses [12].

L'indice de teneur en eau par différence normalisée (Normalised Difference Water Index, NDWI) existe sous différentes formes. Le NDWI de Gao (1996) est calculé à partir des canaux infrarouge moyen et proche infrarouge et est corrélé au contenu en eau de la végétation. Le NDWI de McFeeters est formé à partir des canaux vert et proche infrarouge et est utilisé pour identifier les surfaces aquatiques [13]. Néanmoins, avec ce dernier, il y a confusion entre les surfaces d'eau libre et les zones urbaines [14]. Pour éviter ce problème, un NDWI modifié (MNDWI) a été développé par Xu (2006). Il utilise la bande verte et la bande MIR. C'est ce dernier NDWI que nous utilisons dans nos analyses. Vu que l'eau possède un pic d'absorption dans le MIR, ce NDWI est positif dans le cas de surfaces d'eau libre, et négatif dans les autres cas, y compris les zones urbaines.

La dernière étape a consisté à calculer les signatures spectrales de chaque écosystème. Ces signatures présentent les statistiques relatives aux données spectrales des pixels contenus dans les zones d'entrainements, et ce pour chacun des canaux détaillé précédemment.

3 Résultats et analyse des résultats

3.1 Recensement des sites de halte et/ou d'hivernage des limicoles en Martinique

Une quarantaine de sites de halte et/ou d'hivernage de limicoles ont été recensés sur tout le territoire martiniquais. 42 sites ont été retenus pour notre analyse, pour une surface totale de 357 ha. La majorité des sites sont littoraux, avec l'exception de quelques zones ouvertes humides et étangs d'eau douce. Ils sont situés principalement dans le sud de l'île et sur la côte atlantique.

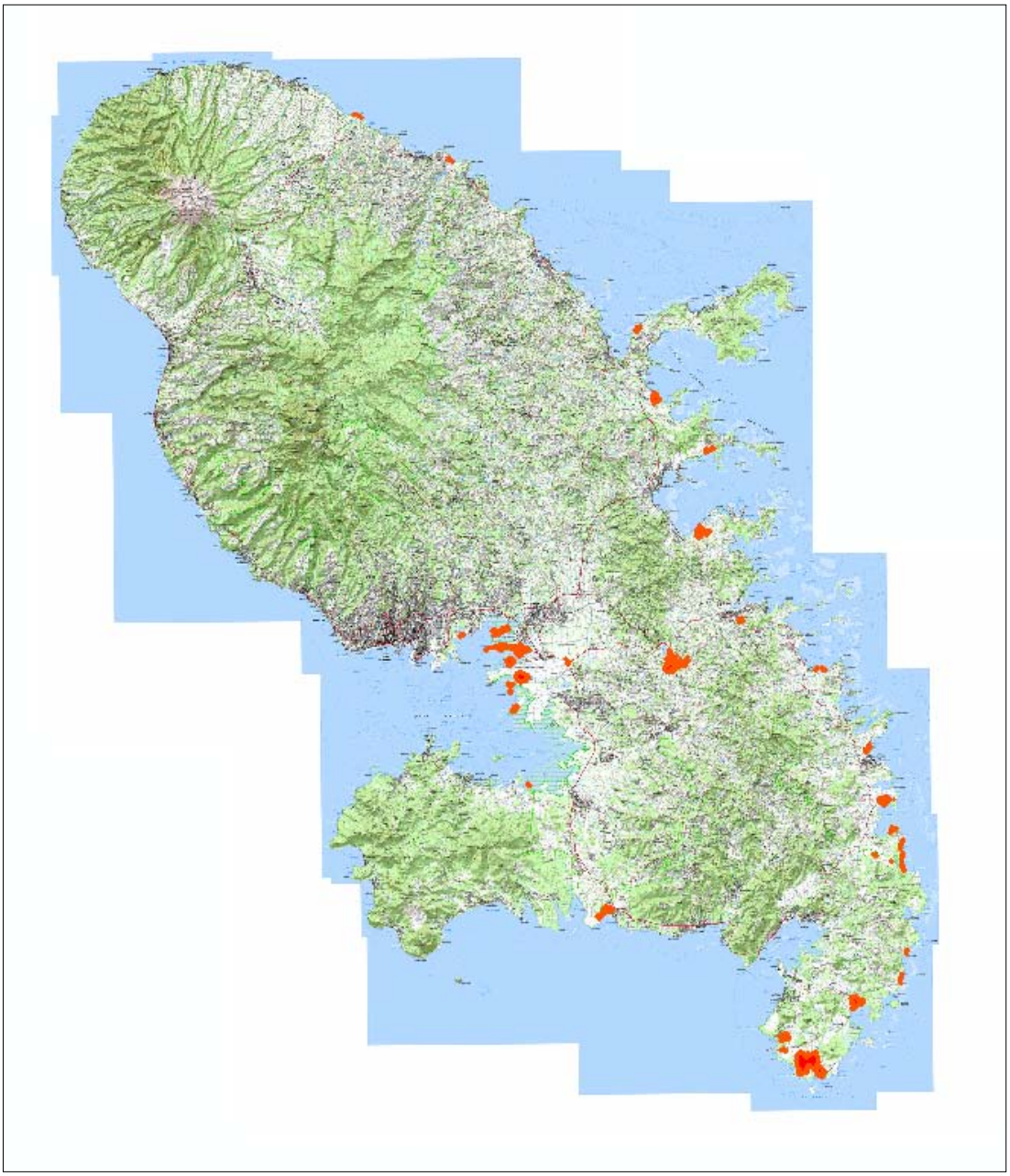

Figure 2 : Localisation des sites de halte et/ou d'hivernage de limicoles en Martinique (en rouge)

Les sites accueillant des limicoles sont répartis en six catégories d'écosystèmes, décrits dans les paragraphes suivants.

Tableau 1 : Répartition des sites accueillant des limicoles en fonction du type d'écosystème

Type d'écosystème	Code écosystème	Nombre de sites en Martinique	Surface (ha)
Etang d'eau douce	EED	4	43,5
Etang d'eau salée	EES	2	92,03
Mangrove	MAN	3	32,69
Plage	PLA	6	7,61
Tanne ou vasière	TOV	23	154,28
Zone ouverte humide	ZOH	4	26,7

Remarquons que les tannes et les vasières ont été regroupées en une seule catégorie, pour plusieurs raisons. D'une part, la distinction entre vasière et tanne sous eau sur base de la photo aérienne ne pouvait être réalisée pour certains sites. D'autre part, un traitement test des sites où la distinction était possible a fait apparaître des signatures spectrales relativement similaires pour ces deux écosystèmes.

3.2 Description des différents écosystèmes utilisés par les limicoles

3.2.1 Etang d'eau douce

Dans cette catégorie sont reprises les étendues permanentes d'eau douce, que ce soit des étangs, des mares ou des retenues d'eau. On retrouve les limicoles en bordure des étangs, là où la profondeur est suffisamment faible pour leur permettre de se déplacer et de rechercher leur nourriture.

La Figure 3 ci-dessous est une photo aérienne de la commune du Vauclin et présente un exemple de cet écosystème. Il s'agit du Grand Etang de Macabou, d'une surface de 0,8 ha.

Figure 3 : Grand étang de Macabou

3.2.2 Etang d'eau salée

Les écosystèmes associés à ces zones, outre l'étendue permanente d'eau salée, sont souvent déterminés par l'entretien et l'usage, qui ne permet pas le développement d'écosystèmes riches ou même particuliers à ces zones, malgré la présence récurrente d'espèces plus ou moins halophiles (palétuviers, etc.) [10].

De même que pour la catégorie précédente, on retrouve les limicoles en bordure de ces étangs.

Dans cette catégorie, l'Etang des Salines à Sainte-Anne est un site très connu. Il offre une halte migratoire pour de nombreux migrateurs nord américains (chevaliers, bécasseaux, pluviers).

Figure 4 : Etang des Salines

3.2.3 Mangroves

La mangrove est une forêt littorale qui colonise l'étage intertidal des littoraux lagunaires et vaseux des régions tropicales. Elle se développe sur un sol pauvre en dioxygène. Cette forêt est caractérisée par un nombre peu important d'espèces végétales (palétuviers).

Les mangroves peuvent être utilisées par les limicoles comme reposoir et comme refuge contre les prédateurs pendant les heures de marée haute [7]. Ce sont les parties les plus ouvertes (les moins denses) qui sont les plus fréquentées.

La Figure 5 est une photo aérienne d'un de ces sites, la mangrove de la Reynoird, au Robert.

Figure 5 : Mangrove de la Reynoird

3.2.4 Plage

Les plages sableuses pourvues d'un cordon algal important sont fréquentées par différentes espèces de limicoles à la recherche de nourriture [7], notamment d'œufs de poissons déposés dans les algues [2].

La photo suivante illustre bien ce phénomène. Elle a été prise sur la plage de Grand Macabou, au Vauclin. Ce site fait partie de l'IBA (Important Bird Area) « Grand Macabou » située au sud-est de la Martinique, d'une superficie totale d'environ 157 ha [8]. Il est fréquenté pendant les deux périodes de migration et durant la saison d'hivernage par de nombreux limicoles.

Figure 6 : Limicole dans le cordon algal

3.2.5 Tannes

Les mangroves incluent ou sont souvent bordées par des zones ouvertes qui leur sont associées par leur fonctionnement hydrologique. Il peut s'agir de tannes ou de vasières (voir paragraphe suivant).

Les tannes se développent aux dépens de la mangrove dans la partie supérieure de l'estran, soumise aux marées de vive eau. Ce sont des zones aux sols généralement sursalés, nus ou peu végétalisés (peu ou pas de régénération de palétuviers, au contraire des vasières), du fait des immersions marines faibles et régulières qui favorisent la concentration en sel. A la saison des pluies, les tannes peuvent être sous eau, mais pendant le Carême, le sol est généralement sec et craquelé. On les appelle également étangs bois sec en Martinique, car elles sont parfois ponctuées d'arbres morts et de souches.

Un exemple est présenté à la Figure 7 ci-dessous.

Figure 7 : Tannes

3.2.6 Vasières

Les vasières sont des écosystèmes littoraux constitués de matériaux sédimentés. Elles peuvent être d'origine naturelle ou artificielle. En Martinique, les chasseurs entretiennent des zones ouvertes appelés « miroirs de chasse » au sein ou en arrière des mangroves, en coupant la végétation. Les limicoles en vol sont attirés par ces zones « brillantes » suite à la réflexion de la lumière sur l'eau et viennent s'y poser.

Les vasières sont sous eau à marée haute, et présentent un filet d'eau à marée basse. On peut y observer de la régénération de palétuviers. Elles sont utilisées comme zones d'alimentation par les limicoles car elles abritent différentes espèces d'invertébrés aquatiques [7].

On peut voir à la Figure 8 plusieurs vasières connues pour accueillir des limicoles et situées dans la mangrove de la Baie de Fort-de-France.

Figure 8 : Vasières au sein d'une mangrove

3.2.7 Zones ouvertes humides

Sous cette catégorie sont repris différents écosystèmes, qui ont en commun leur caractère ouvert, et une végétation herbacée souvent rase.

Il peut s'agir de marais ou de prairies (eau saumâtre ou salée), colonisés par une végétation herbacée plus ou moins halophile, inondables ou saturés (temporairement ou non). On retrouve également sous cette appellation les pelouses et prairies humides (eau douce) à herbe rase.

A titre d'exemple, nous présentons à la Figure 9 une zone ouverte humide du François.

Figure 9 : Zone ouverte humide

3.3 Caractérisation spectrale des écosystèmes utilisés par les limicoles

La Figure 10 et la Figure 11 présentent, sous forme d'histogrammes, les signatures spectrales de chacun des écosystèmes fréquentés par les limicoles. Les valeurs représentées sont les moyennes des valeurs spectrales des pixels des zones d'entrainement de chaque écosystème, pour chaque bande spectrale et indice dérivé de l'image SPOT. Le Tableau 2 (page 14) fournit toutes les statistiques relatives à ces signatures spectrales.

On peut constater que les signatures sont bien différentes entre chaque écosystème, ce qui laisse penser qu'ils seraient facilement différenciables dans une démarche de classification de l'entièreté de l'image satellite.

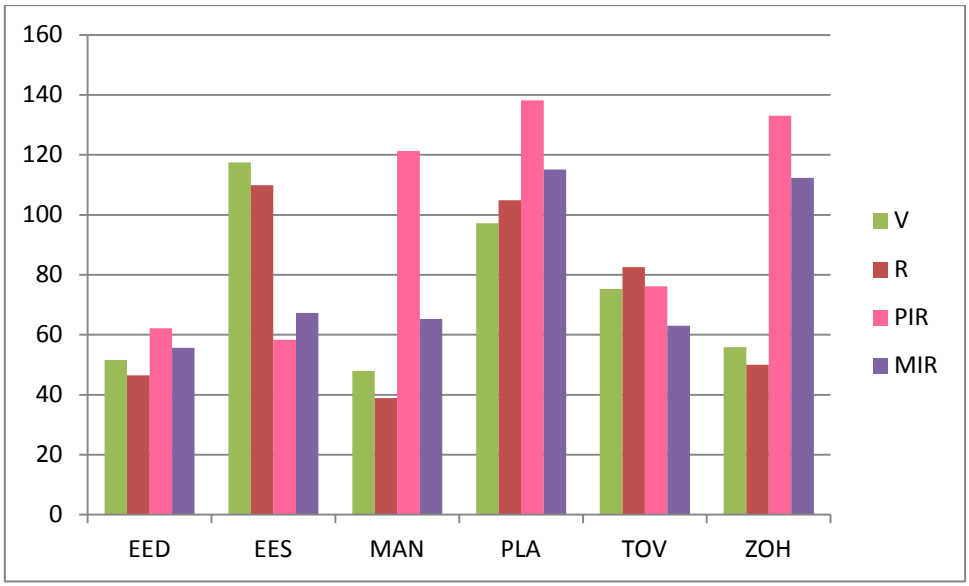

Figure 10 : Signature spectrale de chaque écosystème

Les indices NDVI et NDWI apportent une information supplémentaire pertinente (Figure 11 page suivante). Le NDVI est élevé pour les mangroves et les zones ouvertes humides, qui présentent un couvert végétal important. Il est également positif pour les plages et les étangs d'eau douce, ce qui est plus surprenant. En ce qui concerne les plages, il semble que la délimitation des zones d'entrainement n'a pas été suffisamment précise et a inclus quelques mètres de la formation forestière d'arrière-plage. Pour les étangs d'eau douce, la même raison peut être invoquée : les abords de l'étang, bien végétalisés, ont pu contribuer à augmenter le NDVI moyen. Dans certains cas, il est possible que la présence de plantes aquatiques flottantes ou d'ilots au sein de l'étang soient à l'origine de ce NDVI positif. Les étangs d'eau salée, les tannes et les vasières ont quant à eux un NDVI négatif, suite à l'absence (presque) complète de végétation.

Le NDWI met bien en évidence les étendues d'eau, puisqu'il est positif ou proche de zéro pour les tannes et les vasières, les étangs d'eau salée et les étangs d'eau douce. Au contraire, les écosystèmes où la végétation domine (mangrove, zones ouvertes humides) ainsi que les plages ont un NDWI négatif.

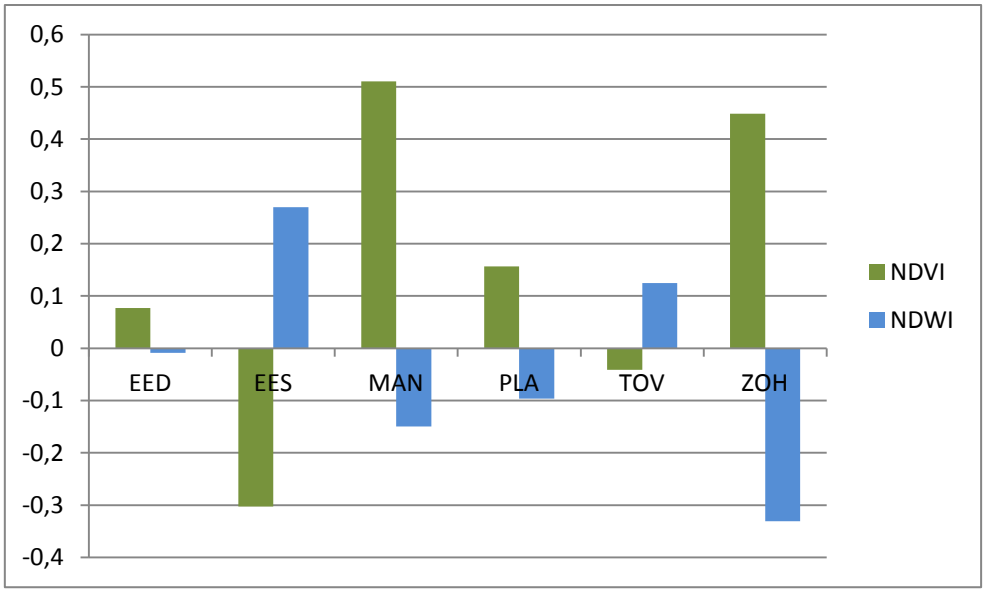

Figure 11 : Comparaison du NDVI et du NDWI de chaque écosystème

Néanmoins, si ces écosystèmes sont facilement différentiables les uns des autres, se pose la question de la différentiation des sites favorables aux limicoles au sein d'un même écosystème. C'est notamment le cas pour les zones ouvertes humides. En effet, un traitement de télédétection mettrait probablement en évidence de nombreuses zones semblables (prairies humides par exemple), sans que celles-ci soient forcément intéressantes pour les limicoles en termes de recherche de nourriture. Il ne nous semble donc pas judicieux d'utiliser ce type d'écosystème dans une démarche de recherche des plus importantes zones d'accueil de limicoles en migration.

La même remarque est applicable aux mangroves. Aucun critère permettant de distinguer les mangroves pouvant abriter des limicoles des autres n'a émergé au cours de notre analyse. Il s'agit vraisemblablement de critères liés à la structure interne de la mangrove, la disponibilité de perchoirs, l'accessibilité, etc., ces derniers critères n'étant pas convertibles en termes spectraux. Un traitement de télédétection pourrait certes mettre en évidence toutes les mangroves du territoire, mais cela resterait peu pertinent dans le cadre de notre problématique.

Il est connu que les plages de sable, de par leurs propriétés spectrales, sont souvent confondues avec les toits de maison et l'écume des vagues. De plus, le critère majeur d'intérêt pour les limicoles est la présence d'un cordon algal, qui, par sa faible extension spatiale, est très difficile à mettre en évidence par télédétection. Nous ne pensons donc pas que cet écosystème puisse être utilisé dans une analyse à grande échelle.

Enfin, les tannes et les vasières, bien que fort différentes en termes de structure et d'intérêt pour les limicoles, n'ont pas pu être différenciées spectralement dans cette étude (voir point 2). Par contre, la catégorie plus générale « tanne ou vasière » ne présente pas les inconvénients des autres écosystèmes ; elle pourrait facilement être mise en évidence à une échelle interrégionale. C'est également le cas des étangs d'eau douce et d'eau salée.

Tableau 2 : Statistiques spectrales de chaque écosystème

Type d'habitat	Bande spectrale	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
EED	V	52	38	159	13
	R	46	32	166	15
	PIR	62	30	246	40
	MIR	56	31	194	25
	NDVI	0,077	-0,170	0,702	0,213
	NDWI	-0,009	-0,414	0,231	0,140
EES	V	117	41	144	18
	R	110	35	139	16
	PIR	58	31	158	10
	MIR	67	26	155	10
	NDVI	-0,303	-0,431	0,562	0,113
	NDWI	0,270	-0,403	0,515	0,078
MAN	V	48	41	115	4
	R	39	31	117	6
	PIR	121	45	179	16
	MIR	65	34	125	8
	NDVI	0,510	-0,166	0,648	0,081
	NDWI	-0,149	-0,385	0,369	0,056
PLA	V	97	49	208	37
	R	105	39	226	47
	PIR	138	51	194	33
	MIR	115	57	218	32
	NDVI	0,157	-0,293	0,617	0,236
	NDWI	-0,096	-0,420	0,485	0,161
TOV	V	75	40	207	17
	R	83	35	220	22
	PIR	76	29	201	20
	MIR	63	25	188	30
	NDVI	-0,041	-0,317	0,641	0,137
	NDWI	0,125	-0,424	0,521	0,188
ZOH	V	56	43	87	7
	R	50	34	109	9
	PIR	133	40	200	24
	MIR	112	64	177	22
	NDVI	0,449	0,000	0,674	0,085
	NDWI	-0,331	-0,487	-0,150	0,050

4 Conclusion et perspectives

Cette étude a posé les bases de la définition des écosystèmes favorables aux limicoles dans les Petites Antilles, au travers de l'exemple de la Martinique. Les résultats obtenus contribuent à une meilleure compréhension de la distribution des limicoles le long du littoral et à la localisation des zones choisies comme site d'alimentation ou reposoir pour ce groupe d'oiseaux.

L'inventaire des sites fréquentés par les limicoles en Martinique pourrait être amélioré en intégrant les observations quantitatives réalisées par les différents ornithologues, afin d'avoir une vue plus précise de la répartition des limicoles sur notre île. D'autre part, la base de connaissance pourrait s'enrichir des sites connus pour être fréquentés par les limicoles sur les autres îles des Petites Antilles (Guadeloupe notamment). Ces nouveaux sites pourraient servir de zones d'entrainement supplémentaires et contribueraient à augmenter la précision des signatures spectrales de chaque type d'écosystème.

Il ressort de l'analyse spectrale effectuée que quatre écosystèmes pourraient facilement être mis en évidence par un traitement de télédétection. Il s'agit des étangs d'eau douce et d'eau salée, ainsi que des tannes et des vasières (un travail de terrain s'avère néanmoins nécessaire à la différenciation de ces deux dernières). S'il ne s'agit là que de la moitié des écosystèmes utilisés par les limicoles lors de leurs migrations, ils représentent, pour la Martinique, 70 % des sites fréquentés par les limicoles et 80 % de la surface totale. On y retrouve également, selon les ornithologues locaux, les sites les plus importants en termes de nombre d'individus observés. Il nous parait donc judicieux d'orienter les futurs traitements spectraux sur ces quatre écosystèmes.

Au vu des résultats obtenus, l'utilisation de l'indice NDWI nous semble primordiale dans une démarche de détermination des sites potentiellement favorables aux limicoles dans les Petites Antilles. L'étape suivante est en effet la procédure de classification proprement dite, qui utilise les signatures spectrales pour ranger les pixels dans les différentes classes thématiques. Une classification réalisée au départ d'un seuillage sur base du NDWI permettrait de mettre en évidence les quatre écosystèmes mentionnés ci-dessus dans la Caraïbe insulaire.

Cette démarche est particulièrement adaptée dans le cadre des corridors de conservation de la Caraïbe, qui visent à relier entres elles des zones clés de protection. En effet, le bilan des travaux du colloque « Biodiversité terrestre des Petites Antilles », co-organisé par la DEAL et l'UAG en 2010, a mis en évidence la nécessité de renforcer le réseau de corridors de conservation du hotspot Caraïbe, notamment au travers de l'intervention du Ministre de l'environnement et des Ressources naturelles de la République Dominicaine Martinez Eleuterio. La pertinence de la délimitation de ces corridors est néanmoins dépendante des données disponibles sur le groupe taxonomique visé. Dans le cadre des travaux du Fonds de Partenariat pour les Ecosystèmes Critiques (CEPF), la détermination des corridors de conservation s'appuie sur un réseau d'experts locaux dans chacune des îles de la Caraïbe [15]. Nous proposons d'intégrer notre démarche dans ce processus, en utilisant l'expertise des scientifiques concernés pour étoffer notre base de connaissances sur les limicoles en l'étendant à un niveau interrégional. De l'utilisation de la télédétection découlerait une localisation des sites potentiellement favorables à ces espèces, qui bénéficierait aux experts consultés en leur fournissant un outil cartographique utilisable dans la protection des habitats des limicoles sur leur territoire.

5 Bibliographie

1) AMAZONA-LPO [2007]. *Oiseaux d'eau et marins en Guadeloupe*. Rapport préliminaire.

2) AMAZONA [2006]. *Suivi des limicoles de la réserve naturelle de Petite-Terre de 1998 à 2006*. Rapport AMAZONA n°11, 25 p.

3) SEPANMAR-LPO [2007]. *Oiseaux d'eau et marins en Martinique*.

4) ONCFS [2009]. *Le littoral guyanais : un intérêt majeur pour la conservation des limicoles migrateurs*. Faune Sauvage n°284, p. 6-12.

5) AOMA [2006]. *Les oiseaux migrateurs à la Martinique*. Bilan de connaissances. 31 p.

6) U.S. SHOREBIRD CONSERVATION PLAN [2005]. *Southeastern Coastal Plains – Caribbean Regional Shorebird Plan*. Version 1.0.

7) ONCFS [2012]. *Suivi des populations de limicoles migrateurs en Guadeloupe et Guyane, mise en relation avec le dispositif de suivi régional ''Pan American Shorebird Program''(PASP).*

8) HANSEN-CHAFFARD E. [2000]. *Peuplement des oiseaux d'eau du littoral guyanais. Cas particulier des limicoles.* Ecole pratique des hautes études, sciences de la vie et de la terre.

9) BIRDLIFE INTERNATIONAL [2012]. *Important Bird Areas factsheets*. Downloaded from http://www.birdlife.org

10) PNRM [2006]. *Inventaire des zones humides de la Martinique*. Rapport de synthèse

11) CCT : CENTRE CANADIEN DE TELEDETECTION [2007] *Tutoriel : Notions fondamentales de télédétection.* http://www.ccrs.nrcan.gc.ca, dernière consultation en mai 2012

12) UVED [2012]. *Module de formation à distance ENVCAL (Suivi de l'environnement par télédétection)* http://e-cours.univ-paris1.fr/modules/uved/envcal/html/index.html, dernière consultation en mai 2012

13) IFE – ONCFS [2005]. *Application de la télédétection à l'étude des zones humides : identification des prairies, des roselières, des peupleraies et des gravières*. Document technique. 134 p.

14) HO L.T.K., UMITSU M., YAMAGUCHI Y. [2010]. *Flood hazard mapping by satellite images and SRTM DEM in the Vu Gia-Thu Bon alluvial plain, Central Vietnam.* International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, V. 38, Part 8. Japan.

15) GROS-DESORMEAUX J.-R. [2011]. *Les corridors de conservation au sein du hotspot caraïbe, des usages au service du développement*. La Caraïbe, un espace pluriel en question, p.. 175-187