



## Document de synthèse de l'action A4 « savanes » du programme LIFE+ Cap DOM

Anna Stier  
Chargée de mission savanes  
GEPOG Association  
16, Avenue Pasteur  
97300 Cayenne  
Guyane Française





**Document de synthèse de l'action A4 « savanes » du programme  
LIFE+ Cap DOM**

**Anna Stier**

**Juin 2012**

Pour tous commentaires : Anna Stier

Tél. : 0594 29 46 96

Mail : [anna.stier@gepog.org](mailto:anna.stier@gepog.org) ou [association@gepog.org](mailto:association@gepog.org)

---

Le GEPOG est une association agréée de protection de la nature créée en 1993, dont les activités concernent la connaissance et la conservation des oiseaux et des milieux dont ils dépendent, la participation à la gestion d'espaces naturels et la contribution au débat public environnemental. Le GEPOG participe par ailleurs à l'éducation à l'environnement des différents publics guyanais. Il est membre de France Nature Environnement, membre fondateur de la fédération Guyane Nature Environnement et partage ses valeurs avec le réseau BirdLife International dont la LPO est le représentant français. Plus d'informations sont disponibles sur le site du GEPOG <http://www.gepog.org/> et sur le site du programme <http://www.lifecapdom.org/>.

Images de la page de couverture :

© Anna Stier 2011

© Olivier Claessens 2011

Proposition de citation : **Stier, A., 2012. "Document de synthèse de l'action A4 « savanes » du programme LIFE+ Cap DOM ", GEPOG. 40p**

## REMERCIEMENTS

L'action A4 fait partie du volet « savanes » du programme LIFE+ Cap DOM piloté localement par le GEPOG et dont les coordinateurs, financeurs et partenaires sont listés en page de couverture et dont la contribution a été essentielle pour son déroulement.

Le GEPOG tient à remercier plus particulièrement tous les propriétaires et gestionnaires d'espaces de savanes qui ont autorisé le travail de terrain nécessaire à cette étude : l'Office National des Forêts, le Conservatoire du Littoral, le Centre Spatial Guyanais, ainsi que tous les propriétaires privés.

Un grand merci à tous les membres du comité de suivi de l'action qui se tient plusieurs fois par an et assure le suivi du projet : leur investissement et réactivité ont grandement contribué à faire avancer le travail dans le bon sens et à lancer des idées nouvelles. Merci à la commune de Sinnamary et à son service environnement pour leur accompagnement tout au long de l'étude. Merci à la Maison de la Nature de Sinnamary et ses employés pour leur accueil et soutien sans failles.

Sans se rendre sur le terrain, plusieurs personnes ont été d'un conseil et soutien incontournables dans le montage et le suivi de l'action: Kévin Pineau, Vincent Rufray (Bureau d'Etudes Biotope), Julien Cambou (Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Guyane), Jean-Luc Sibille (Office National des Forêts), Aurélien Besnard (Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive de Montpellier).

Un merci à l'équipe de sous-traitants et employés du GEPOG spécifiquement affectés à l'action « savanes » pour leur dévouement et leur endurance : Guillaume Léotard (botaniste), Jérôme LeFol (pédologue), Clément Cambrézy, Alexandre Renaudier, Olivier Claessens et Olivier Chaline (ornithologues), ainsi que Jean-Philippe Isel (caméraman).

Finalement, ce projet n'aurait pu aboutir sans le soutien de tous les bénévoles du GEPOG qui ont pris le temps de travailler avec l'équipe du LIFE sur le terrain et au bureau, une source inépuisable d'enthousiasme au quotidien.



## SOMMAIRE

ABBREVIATIONS .....	1
LE PROGRAMME LIFE + CAP DOM .....	2
1 Introduction .....	3
1.1 Contexte .....	3
1.2 Justification de l'étude.....	4
1.3 Objectifs .....	5
2 Protocole .....	6
2.1 Préstratification .....	6
2.2 Choix des types de savanes à traiter .....	7
2.3 La prise en compte de la saisonnalité .....	12
2.4 Pédologie.....	12
2.5 Botanique .....	12
2.6 Ornithologie .....	13
2.7 Analyse de données.....	13
3 Résultats .....	14
3.1 Pédologie.....	14
3.2 Botanique .....	16
3.2.1 Quelques statistiques générales .....	16
3.2.2 La typologie .....	17
3.2.3 Des espèces indicatrices de la typologie .....	18
3.2.4 Des espèces indicatrices de l'impact anthropique .....	19
3.3 Lien Pédologie-Botanique.....	20
3.4 Ornithologie .....	21
3.4.1 Les milieux botaniques dans l'analyse ornithologique .....	23
3.4.2 Des espèces indicatrices de la typologie botanique .....	23
3.4.3 Des espèces indicatrices de l'impact anthropique .....	29
4 Discussion .....	32
4.1 Pédologie.....	32
4.2 Botanique .....	32
4.3 Lien pédologie-botanique .....	34
4.4 Ornithologie .....	34
BIBLIOGRAPHIE .....	37
ANNEXES.....	39



## ABBREVIATIONS

AFC	Analyse Factorielle des Correspondances
CSG	Centre Spatial Guyanais
DOM	Département d'Outre Mer
GEPOG	Groupe d'Etude et de Protection des Oiseaux en Guyane
LPO	Ligue pour la Protection des Oiseaux
ONF	Office National des Forêts
PDF	Portable Document Format
SIG	Système d'Information Géographique
WWF	World Wildlife Foundation
ZNIEFF	Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Floristique et Faunistique



## LE PROGRAMME LIFE + CAP DOM

Extraits du site <http://www.lifecapdom.org/>:

« **Le programme Life** est l'instrument financier pour l'environnement de l'Union européenne. Son objectif principal est de permettre la déclinaison des engagements et des politiques européennes en matière d'environnement en cofinçant des actions pilotes et des projets démonstratifs, d'intérêt européen.

Life+ est constitué de trois volets, dont le volet Life+ Nature et Biodiversité. Cet appel à projets, lancé chaque année, permet le soutien de projets améliorant les statuts de conservation des espèces et des habitats naturels, en lien avec les Directives Oiseaux et Habitats ou le réseau Natura 2000. Les projets Life+ Biodiversité sont ouverts aux DOM depuis 2007 et visent à contribuer globalement à enrayer le déclin de la biodiversité. »

« **Le programme « Life+ Cap DOM »** vise à offrir des moyens humains, techniques et financiers pour agir concrètement et rapidement en faveur des oiseaux et des habitats menacés des DOM. Il propose des actions expérimentales, innovantes et reproductibles.

C'est le tout premier projet Life+ impliquant la mise en réseau des associations d'outre-mer et la protection de la faune ultra-marine. Le Parc national de La Réunion est également co-pilote de ce projet, auquel de nombreux gestionnaires d'espaces naturels, institutions publiques et laboratoires participent. La mission internationale de la LPO assure la coordination nationale, en lien avec les coordinateurs locaux. L'ancrage institutionnel et culturel des acteurs ultra-marins, leur expertise écologique et leur créativité sont la force de ce programme et permettent de concilier protection de la nature et activités socio-économiques.

Entre 2010 et 2015, des actions pilotes et des outils de gestion adaptés seront élaborés et mis en place en Guyane, en Martinique et à La Réunion. Les résultats seront traduits, partagés et diffusés dans les autres territoires ultra-marins et dans les éco-régions voisines. »



## 1 Introduction

### 1.1 Contexte

Le terme « savane » est dérivé du terme amérindien pour « prairie » et souvent utilisé pour définir des écosystèmes de forêt sèche, ce qui est un abus de langage. C'est en fait un terme générique pour des communautés mixtes arbres-herbes avec des compositions et structures variables qui sont instables dans le temps et l'espace (Marchant, 2010). Les savanes se développent là où les conditions édaphiques ou des perturbations empêchent l'installation de la forêt, et ont longtemps été associées à l'interaction avec l'homme (Chaix et al., 2001; de Pracontal & Entraygues, 2009; Marchant, 2010)

En Guyane, les efforts de recherche ont souvent été concentrés sur le milieu forestier, prédominant dans le département (Figure 1). Les savanes, moins de 3% du territoire (Chaix et al., 2001; de Pracontal & Entraygues, 2009; Gond et al., 2011; ONF, 2010) n'ont pas été une priorité jusqu'à aujourd'hui. Ceci rejoint une tendance mondiale des scientifiques et de l'intérêt public de négliger les biomes ouverts par rapport aux forêts (Marchant, 2010; Werneck, 2011). La typologie des savanes de Guyane est par conséquent absente à l'heure actuelle, malgré de premiers essais de classification dans les années 70 (Chaix et al., 2001; de Pracontal & Entraygues, 2009) et par l'ONF dans l'adaptation du code CORINE au département en 2010 (ONF, 2010). La méconnaissance générale des savanes de Guyane, leur faible superficie couplée à la forte pression anthropique sur le littoral, constituent une menace potentielle forte pour ces milieux, les conséquences de l'impact humain ne pouvant être quantifiées.

---

3

Les uniques études sur le sujet en Guyane, réalisées par l'IRD, le WWF et le GEPOG venant compléter une thèse unique des années 70', ont montré que les savanes sont situées sur la plaine côtière ancienne, entre la plaine côtière récente (les mangroves en bord de mer) et les terres hautes (le socle précambrien à l'intérieur de la Guyane). Les essais de classification (Chaix et al., 2001; de Pracontal & Entraygues, 2009; Gond et al., 2011) se sont concentrés sur des critères de hauteur de végétation et de types de sols (argile vs. sable). Il est apparu évident que les savanes sont une association imbriquée d'habitats différents.

Les pressions anthropiques recensées regroupent autant les différentes activités agricoles (essais sucriers, élevage, abbatis, rizières, autres types d'exploitations agricoles) que la pression foncière.

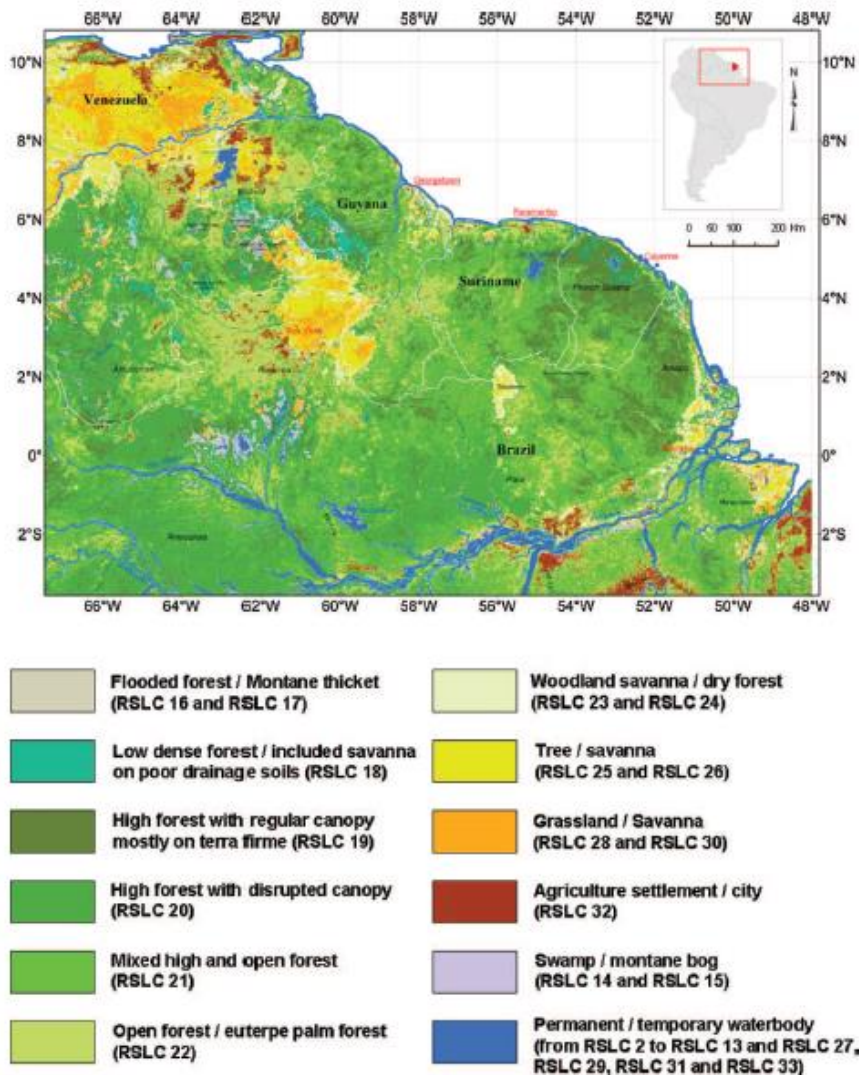


Figure 1: Paysages du plateau des trois Guyanes définis par télédétection (©Gond et al. 2011)

Les savanes sont en jaune et orange, démontrant la cause de l'intérêt historique en Guyane française pour les forêts tropicales primaires, particulièrement retranchées ici à l'échelle du sous-continent.

## 1.2 Justification de l'étude

Extraits du site <http://www.lifecapdom.org/>:

« [...] Les savanes sèches de la plaine côtière ancienne, que l'on retrouve majoritairement entre les villes de Cayenne et Organabo [...] sont exposées selon les saisons à la sécheresse, au feu déclenché, et aux inondations. Le feu favorise également l'extension d'espèces introduites envahissantes comme l'*Acacia mangium*, originaire d'Australie et utilisée pour la restauration d'anciens sites d'extraction aurifères. Le sol des savanes est pauvre, mal drainé, et la faune et la flore, adaptées à ces conditions difficiles, est donc très spécifique.

Etant considéré comme un des hauts lieux de la biodiversité, la facile accessibilité des savanes rend les pressions foncières et agricoles de plus en plus préoccupantes. Le milieu disparaît au profit de carrières, de projets fonciers ou de prairies agricoles maintenues par des pratiques intensives (traitement mécanique du sol, engrais, pesticides).

Les savanes subissent directement les pressions exercées par les activités humaines et l'accroissement de populations inhérent à ce territoire. La croissance démographique en Guyane et la recherche de zones pour l'élevage, les agrocarburants ou l'urbanisation rendent urgent la reconnaissance du caractère patrimonial des savanes et leur protection.

Dans un milieu à grande majorité forestière, les savanes qui recouvrent moins de 2% du territoire le long de la plaine côtière ancienne sont des entités écosystémiques très localisées. Leur dégradation est autant due à une méconnaissance écologique qui implique un manque de gestion, qu'aux projets agricoles et aux intrants utilisés qui font encourir des risques irréversibles de pollution et de dégradation du milieu. »

En résumé, une meilleure connaissance du fonctionnement écologique des savanes ainsi que l'identification d'indices de suivi de leur état de conservation/dégradation sont nécessaires pour poser les bases d'une gestion éclairée de ces milieux en Guyane. La compréhension du fonctionnement de l'écosystème « savanes » au lancement du programme LIFE+ Cap DOM étant quasi nulle, la phase A4 est indispensable pour la suite du projet et représente parallèlement une charge d'investissement conséquente.

### 1.3 Objectifs

5

L'action A4 comporte deux objectifs principaux :

- Etablir un modèle de référence d'une savane en bon état de conservation
- Identifier des espèces bioindicatrices

Cette action « nécessite d'identifier et de comprendre les différents types de savanes, et cela sur une saison complète. Les variations d'un site à l'autre peuvent être importantes, selon la physionomie, la topographie, l'érosion, les précipitations, les brûlis naturels, l'ensoleillement, la fermeture de l'habitat, la structure des peuplements, la diversité des espèces, les influences géographiques... » (Extrait du document technique du LIFE).

Ainsi, pour pouvoir répondre aux objectifs de l'action, il faut :

- 1° Identifier les différents types de savanes
- 2° Définir quelles variables influant sur les milieux sont à intégrer dans les analyses (chaque variable à prendre en compte entraîne une démultiplication de l'échantillonnage)
- 3° Comprendre les différents types de savanes choisis
- 4° Au sein de chaque type de savane, comparer des sites avec et sans pression anthropique, sachant que cette pression nécessite d'être détaillée au préalable.

## 2 Protocole

### 2.1 Préstratification

Pour pouvoir comparer un milieu impacté avec un milieu conservé afin de dégager des espèces indicatrices d'une dégradation anthropique (objectif de l'action A4 du LIFE), il est nécessaire que tous les autres facteurs soient égaux par ailleurs, i.e. qu'il s'agisse des mêmes milieux au départ.

Afin d'assurer l'homogénéité dans les données soumises à des comparaisons, l'unité d'échantillonnage n'est donc plus la « savane » mais bien le « milieu », les savanes étant des **mosaïques de patches de milieux distincts**. Ceux-ci présentent des caractéristiques de type de sol, de régime des pluies, de topologie et d'hydrographie spécifiques qui sont susceptibles de grandement déterminer la composition des cortèges floristiques et ornithologiques (ainsi le WWF a pu déterminer à vue 6 grands ensembles floristiques distincts dans la savane de trou poissons en 2001 (Chaix et al., 2001)).

La première étape est donc de visualiser ces grands « types de milieux » afin de pouvoir établir un plan d'échantillonnage. Le recoupement de couches SIG a permis d'atteindre cet objectif. Les couches utilisées à cet effet sont (Figure 2) :

- contours des savanes (de l'équivalent du code Corine réalisé par l'ONF en 2010) ;
- classes de pluviométrie (obtenues en numérisant et regroupant les données de météo France : le PDF du gradient pluviométrique basé sur les normales saisonnières entre 1970 et 2000) ; et de
- sols (obtenues en regroupant les classes de sols cartographiées par l'IRD).

Avec cette méthode, un même type de sol apparaît de couleur différente sur la carte pour chaque classe pluviométrique sous laquelle il est présent (un sol hydromorphe sous une pluviométrie de [1800-2500[mm/an aura une couleur différente d'un sol hydromorphe sous [2500-3500[mm/an) (Figure 2).

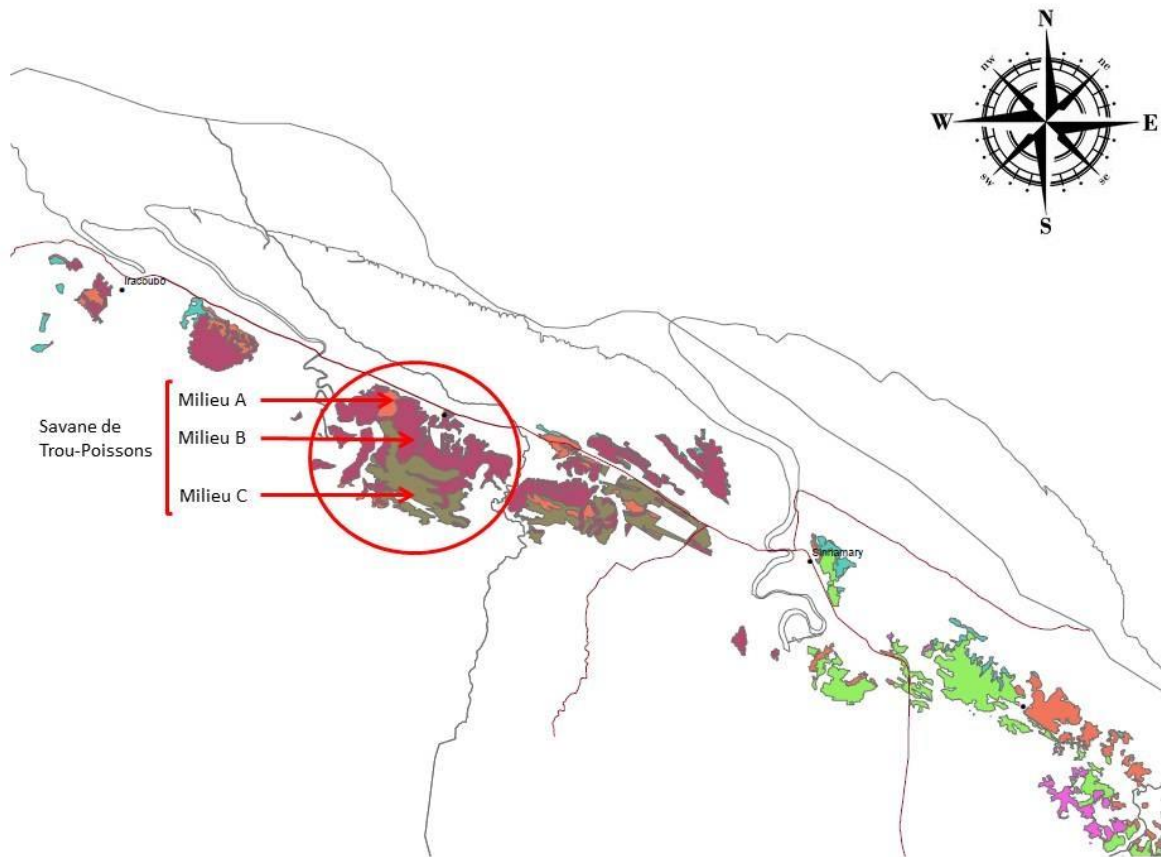


Figure 2 : Résultat du regroupement des données SIG sur Trou-Poissons © GEPOG 2011

- Milieu A : [2500-3500][mm/an de pluviométrie sur sols ferrallitiques fortement désaturés en b  
 Milieu B : [2500-3500][mm/an de pluviométrie sur sols hydromorphes  
 Milieu C : [2500-3500][mm/an de pluviométrie sur sols podzolisés de climat tempéré

## 2.2 Choix des types de savanes à traiter

Le traitement SIG a produit 17 types de savanes (Tableau 1). Dans ces 17 classes :

- Une partie est inaccessible, sous-représentée et sur-fragmentée dans le paysage savanicole, rendant complexe l'analyse de données : sont donc seulement gardées celles ayant plus de 600 ha de surface (Tableau 1, Figure 3), réduisant l'ensemble à 8 classes.
- Au sein de ces 8 classes, l'étude concerne celles qui ont une pluviométrie de [2500-3500][mm/an afin d'éliminer une potentielle variabilité.
- Pour dégager des espèces indicatrices il est nécessaire d'avoir des échantillons dans des conditions conservées ET impactées. Ceci élimine deux classes (Tableau 1 et Figure 3) qui n'existent que dans l'enceinte du CSG (Centre Spatial Guyanais), i.e. qui ne permettent pas d'avoir un comparatif « impacté » puisque les savanes du CSG sont strictement protégées de toute activité humaine.

**Tableau 1 : Types de savanes classés par surface (ha)**

Pluviométrie (mm)	Type de sol	Surface (ha)
[3500-4300]	sols podzolisés de climat tempéré	13,02
[1800-2500[	sols podzolisés de climat tempéré	25,82
[1800-2500[	sols ferrallitiques fortement désaturés en b	41,40
[3500-4300]	sols ferrallitiques fortement désaturés en b	79,13
[1800-2500[	sols minéraux bruts non climatiques	88,38
[2500-3500[	association de sols peu évolués d'origine non climatiques d'apport alluvial, de sols hydromorphes et de sols podzoliques	117,92
[1800-2500[	sols peu évolués non climatiques	261,94
[3500-4300]	association de sols peu évolués d'origine non climatiques d'apport alluvial, de sols hydromorphes et de sols podzoliques	263,24
[3500-4300]	sols peu évolués non climatiques	265,49
[1800-2500[	sols hydromorphes	644,90
[2500-3500[	sols peu évolués non climatiques	831,31
[2500-3500[	sols minéraux bruts non climatiques	1424,19
[2500-3500[	sols ferrallitiques fortement désaturés en b	2523,84 ✓
[3500-4300]	sols hydromorphes	2785,26
[2500-3500[	sols podzolisés de climat tempéré	3329,94 ✓
[2500-3500[	association de sols ferrallitiques fortement désaturés en B	5652,96
[2500-3500[	sols hydromorphes	6409,37 ✓

— : Limite des 600 ha pour le choix des savanes étudiées

Classes en orange : éliminées pour l'étude car sous des régimes de pluie différents

Classes en bleu : éliminées pour l'étude car existant seulement dans le CSG

Classe en jaune : éliminée pour l'étude car étant trop fragmentaire dans le paysage

✓ : classes choisies pour l'étude

Ainsi, sur les 17 classes de savanes, 3 classes principales - les plus représentées en Guyane et permettant d'avoir un comparatif entre des états conservés et anthropisés - sont étudiées. Il s'agit des savanes sur sols 1° « hydromorphes », 2° « podzolisés » et 3° « ferrallitiques fortement désaturés en b » sous [2500-3500[mm de pluie par an.

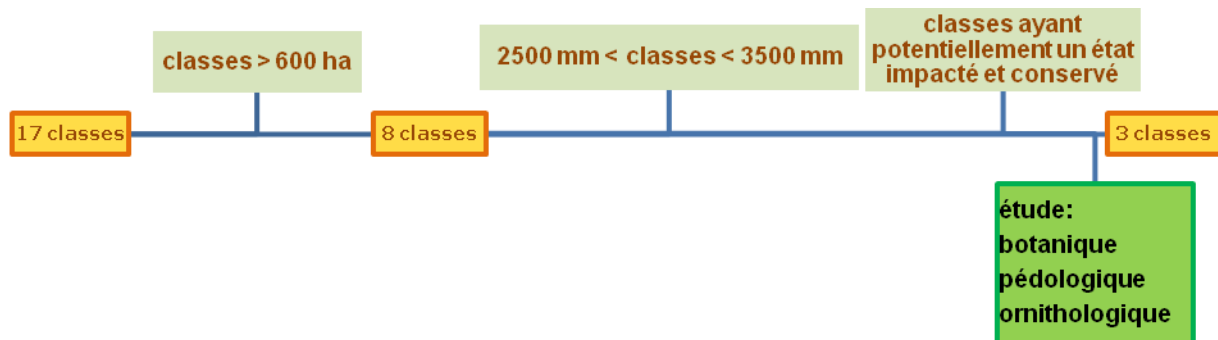


Figure 3 : Schéma décisionnel du choix des classes de savanes

Elles représentent 6409, 3330 et 2524 ha respectivement et sont réparties en patchs sur les savanes du centre littoral. Un quadrillage de points espacés de 200m a été appliqué à la cartographie, et 30 points ont été choisis par type de savane au sein de ce quadrillage de façon à couvrir de la manière la plus homogène possible l'ensemble des patchs de savanes concernés. Sur ces points :

- la botanique est effectuée à travers un inventaire exhaustif dans un rayon de 100m autour de chaque point,
- la pédologie à travers un prélèvement à la tarière au sein du même rayon de 100m, et
- l'ornithologie à travers 3 réplicats de 20min de repérage à vue et ouïe sur le point au sein d'un rayon de 50m.

Ainsi, chaque classe de savane a une surface inventoriée de 94,2 ha (30 points de 100m de rayon).

Afin d'évaluer l'impact anthropique (permettant d'établir des espèces indicatrices), les variables supplémentaires suivantes sont relevées : présence/absence de pâturage, de brûlis, de chemin(s), de retournement du sol et distance à la route. Des variables permettant d'établir l'écologie des espèces y sont ajoutées : distance à la prochaine lisière, nombre de buissons et d'arbres dans un rayon de 100m.

La position de l'ensemble des 90 points de relevés (30 points par classe de savane) est identifiée aux Figure 4 et Figure 5.



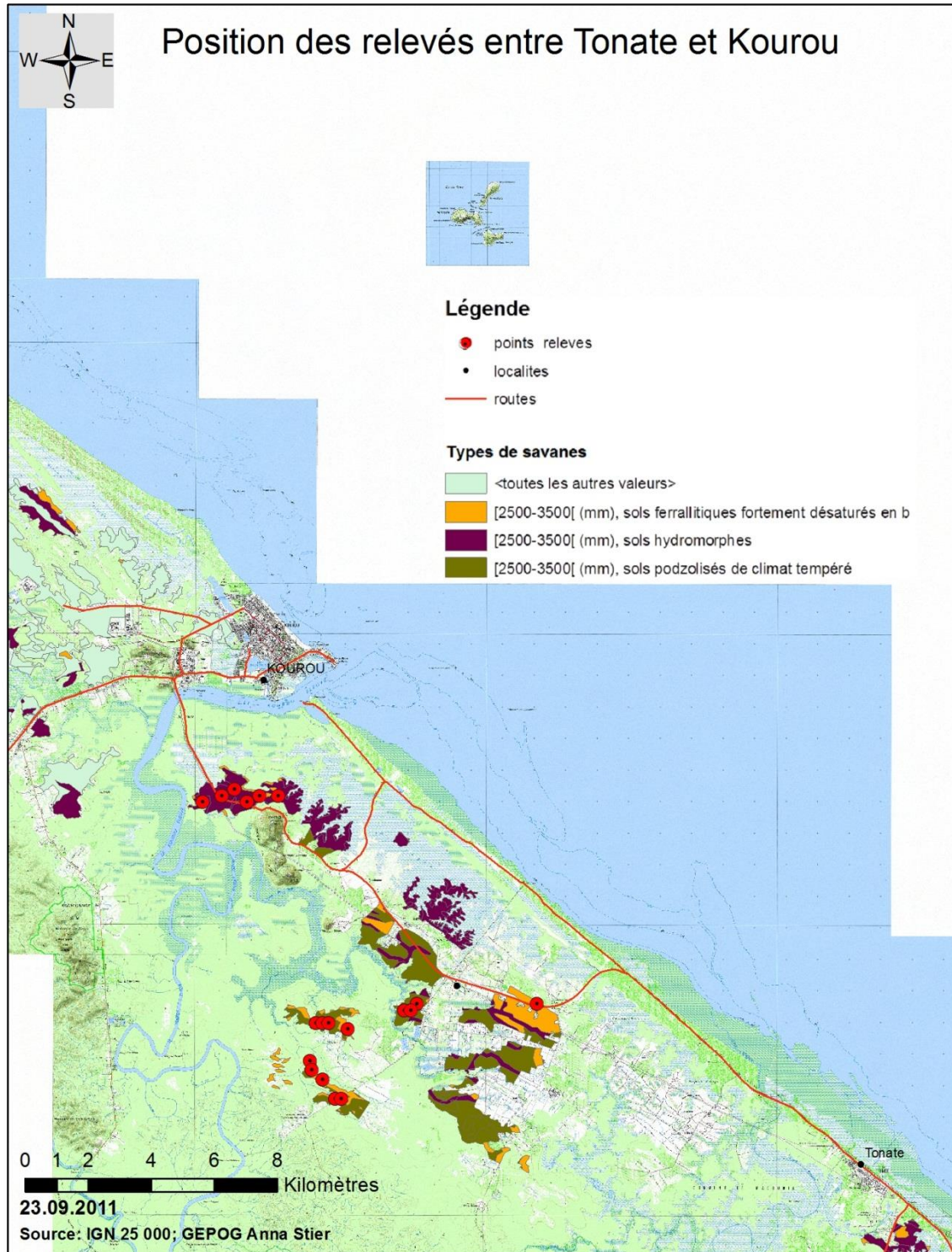


Figure 4 : Localisation des points de relevés entre Tonate et Kourou



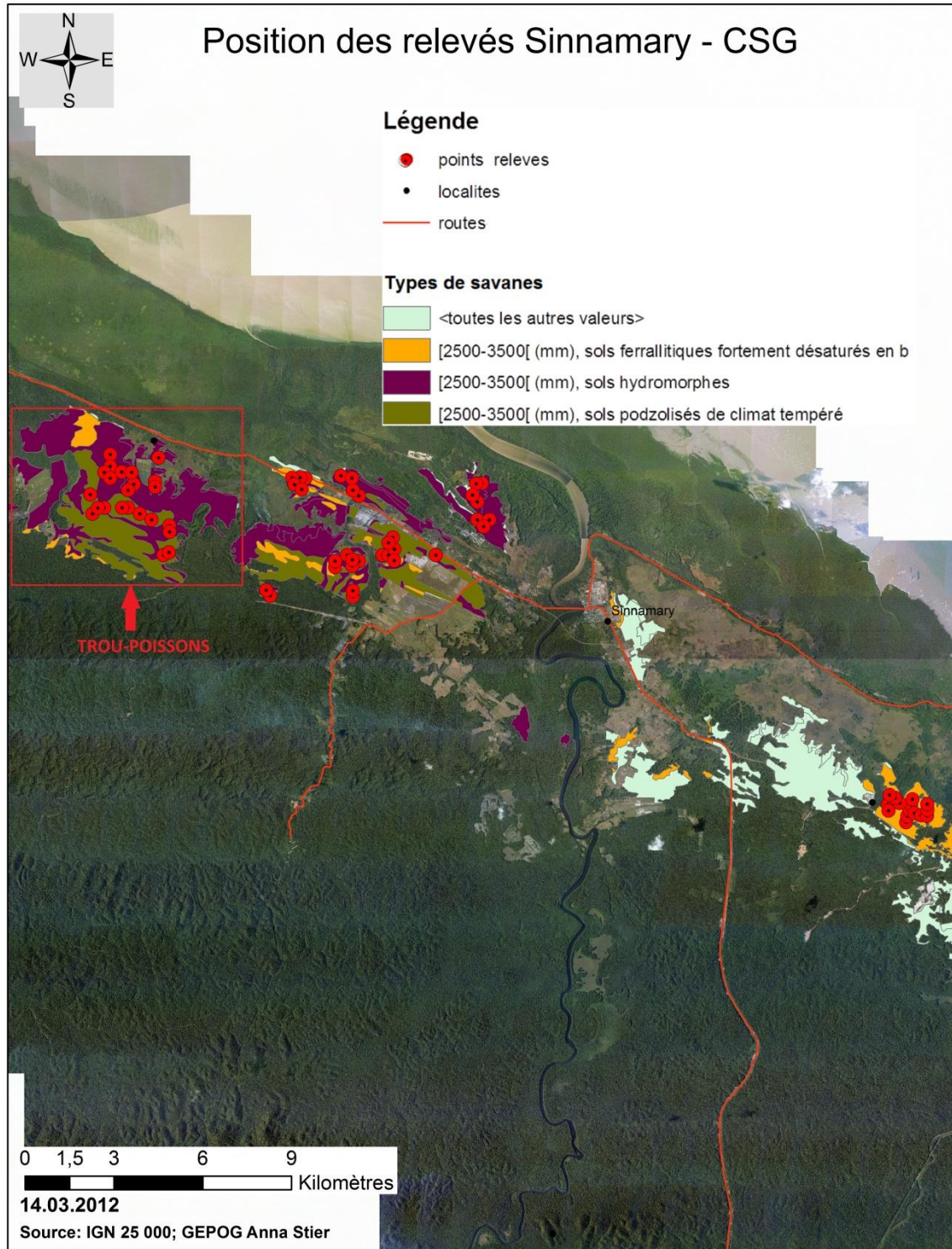


Figure 5 : Localisation des points de relevés à Sinnamary-Iracoubo

## 2.3 La prise en compte de la saisonnalité

Le descriptif technique du programme LIFE+ Cap DOM indique que l'action A4 « est une action qui nécessite d'identifier et de comprendre les différents types de savanes, et cela sur une saison complète ». Pour atteindre cet objectif, il serait nécessaire que les relevés de terrain se fassent à une fréquence supérieure à la saisonnalité potentielle. Ceci signifie que des relevés seraient à réaliser tous les mois afin d'être assuré de dégager une saisonnalité qui peut parfois être relativement rapide en Guyane (petit été de Mars par exemple). Or, il est impossible de faire tous les relevés de terrain renouvelés tous les mois (30 points ornithologiques et botaniques par type de savane, voir ci-dessus).

Par conséquent, la caractérisation se fait en prenant une image à un instant « t » de tous les milieux et en les comparant mutuellement. Pour cela, on considère comme homogène une saison donnée – ici la saison sèche s'étalant de fin Août à fin Décembre - et que les milieux ne se modifient pas au cours de cette saison. Ceci permet d'avoir des données comparables en éliminant la variabilité saisonnière influençant les systèmes biologiques.

Toutefois, ceci n'a pas d'influence sur les résultats escomptés de l'action A4 détaillés dans le descriptif technique :

- « Disposer d'un modèle de référence pour mettre en œuvre l'action C4 et diffuser ses résultats à l'échelle de la Guyane
- Valider des indicateurs floristiques et faunistiques dont le tyranneau barbu et d'autres espèces savaniques sentinelles, afin de suivre l'état de conservation des savanes sèches. »

## 2.4 Pédologie

La tarière est utilisée afin de caractériser les sols présents grâce à un carottage de 1,20m effectué à l'emplacement de chaque point de relevé. Des échantillons sont prélevés tous les 20cm et à chaque nouvel horizon détecté et stockés dans une mallette conçue à cet effet. Ces échantillons sont analysés a posteriori par un pédologue et stockés dans les locaux du GEPOG jusqu'à la fin de la phase A4 pour d'éventuels comparatifs nécessaires entre relevés.

La tarière permet l'analyse de la nature et de la composition du sol, mais ne fournit pas les informations plus détaillées des fosses pédologiques quant aux battements de nappe et l'enchaînement des horizons. Cependant, le creusage de fosses pédologiques n'est pas réalisable en termes de temps et d'efforts de terrain, ainsi qu'en termes d'impacts pour les propriétaires de terrains (fosses de taille conséquente).

Lorsque les relevés s'avèrent impossibles pour une raison quelconque, le carottage est réalisé à un autre emplacement au sein du rayon de 100m autour du point.

## 2.5 Botanique

Dans un rayon de 100m autour du point, le botaniste réalise un inventaire exhaustif sur la totalité de la surface concernée en effectuant des relevés de présence/absence d'espèces par milieux identifiés à vue et numérotés. Si l'identification sur place n'est pas possible, des échantillons sont récoltés et mis en herbier pour une identification ultérieure. Par ailleurs, le nombre de buissons et de bosquets

est noté au sein de ce rayon, ainsi que la distance à la lisière, des facteurs potentiellement influents sur les populations aviaires. Les milieux repérés sont détournés et numérotés sur des orthophotographies imprimées pour chaque zone prospectée afin d'être digitalisés à posteriori.

## 2.6 Ornithologie

L'ornithologie s'intéresse à ses protocoles d'étude depuis le début du 20<sup>ème</sup> siècle, et depuis de nombreuses variantes existent pour répondre à des objectifs particuliers. Estimer l'occurrence des espèces tout en prenant en compte la probabilité qu'a un observateur de détecter leur présence sur le site a récemment gagné en popularité pour évaluer la distribution de beaucoup d'espèces de vertébrés (Caublot, 2007; De Wan et al., 2009; MacKenzie, 2006; Mahood, Lees, & Peres, 2012; Montague-Drake, Lindenmayer, & Cunningham, 2009; Sberze, Cohn-Haft, & Ferraz, 2010; Smith, Keeton, Donovan, & Mitchell, 2008). En effet, les programmes de suivi demandent un investissement non négligeable en temps et en budget, ce qui pose la question du compromis juste permettant des résultats fiables et exploitables à un coût raisonnable. La méthode du « site occupancy » est fréquemment implémentée car peu lourde en effort de terrain tout en estimant la population de façon plus fiable que des inventaires simples. La recherche montre que les estimations qui ne prennent pas en compte l'incapacité de détecter toutes les espèces présentes sur un site sont négativement biaisées, alors que les relations entre covariables tendent à être surestimées (De Wan et al., 2009; MacKenzie, 2006). Le « site occupancy » permet de prendre en compte cette variabilité grâce à une analyse statistique et une modélisation sous le programme PRESENCE élaboré spécifiquement pour cette méthode.

13

L'étude ornithologique se fait en trois passages sur les 90 points d'écoute (30 par classe de savane), afin d'avoir des historiques de présence/absence des espèces du type « 0.1.1. » par point. La méthode du « site occupancy » exige trois passages rapprochés sur un même point de repérage à l'ouïe et à vue dans une période considérée comme homogène, au cours de laquelle la population d'oiseaux est stable (pas d'entrée ou de sortie d'espèces). L'étude ornithologique est effectuée uniquement le matin entre 6h30 et 9h00 afin d'augmenter la rapidité de contact. Ceci permet également d'éviter le biais pouvant provenir des différences entre espèces diurnes et nocturnes. En plus de la présence/absence, l'heure d'apparition de chaque espèce, l'heure de début de chaque point, le nom de l'observateur, la date et la météo sont notés.

## 2.7 Analyse de données

L'ensemble de ces données sont analysées sous les programmes « PRESENCE », « R » et « PAST » afin de dégager des espèces indicatrices et de définir des milieux types. Les données botaniques sont digitalisées sous « ArcGIS », « QGIS » et « GVSIG ».

**R** est un environnement mathématique libre d'accès pour le traitement statistique de données. Il est fortement utilisé par la communauté scientifique française dans le domaine de la biologie et de l'environnement (Mathieu, 2007; « Site internet du programme statistique R », s. d.).

**PRESENCE** est un programme statistique libre d'accès utilisant les données de la méthode du « site occupancy » et qui permet d'ajuster l'estimation de la taille des populations à des variables environnementales ou d'observateurs, permettant de ne pas sous- ou surestimer la taille des

populations ou les liens entre covariables (Caublot, 2007; Donovan & Hines, 2007; « Program PRESENCE ver 2.3 », s. d.).

**PAST** (pour «PALaeontological STatistics ») est un logiciel de statistiques dont l'auteur principal est Oyvind Hammer, du Museum d'Histoire Naturelle de l'Université d'Oslo (Norvège). Développé pour la Paléontologie, il est utilisable également pour des recherches en biologie/géologie/écologie (« Site de présentation du logiciel PAST », s. d.).

**Quantum GIS** « QGIS » est un système d'information géographique (SIG) qui supporte les formats vectoriels, rasters et de bases de données (« Site de présentation de qgis », s. d.). QGIS est publié sous la GNU Public License. C'est un SIG projet de la Fondation Geospatiale Open Source, une fondation créée pour soutenir et construire une offre de logiciels open source en géomatique (« Site de présentation d'osgeo », s. d.).

**GvSIG** est une application SIG open source développée par le gouvernement local de la Communauté valencienne d'Espagne pour la gestion des données géographiques de cette collectivité. Ce logiciel permet d'exploiter des données disponibles sous différents formats standards (« Site de présentation de gvSIG », s. d.).

**ArcGIS** est la plateforme technologique SIG développée par la société américaine Esri (Environmental Systems Research Institute, Inc.) et pour laquelle le GEPOG possède une licence sur un de ses postes de travail (« Site d'esri france », s. d.).

### 3 Résultats

#### 3.1 Pédologie

14

La pédologie a été réalisée sur 89 des 90 points d'échantillonnage entre Octobre et Décembre 2011. Le point manquant correspond à un échantillonnage impossible dû à la hauteur d'eau stagnante au moment des relevés. L'ensemble des échantillons a été analysé par un pédologue sous-traitant à Cayenne, dont les rapports intermédiaire et final sont disponibles par ailleurs. L'analyse factorielle (ACP) couplée à une classification ascendante (CAH) a permis de regrouper les relevés en clusters, c'est-à-dire de construire une typologie à partir de la composition des échantillons (Tableau 2 et Tableau 3).

**Tableau 2: classification des 89 relevés de sols**

Les codes c\_hac\_1 à 7 correspondent aux types de sols, les autres aux points de relevés associés à ces types

c_hac_1	c_hac_2			c_hac_3					c_hac_4	c_hac_5
5291	S4012bis	S4291bis		S3424	S3557bis	S4298bis	S4292bis	1701	S1bis	S3562
	S4150bis	S4290bis	S1482bis	S1486bis	S2448	S2589bis	S2494	S2766bis		
				1701bis	1939	S2197	S1640bis	S1625bis		
				S2907bis	S2340bis	S2200bis	S1500	CSG11		
c_hac_6										
S3561	S3558	S3416	S3835bis	S3987bis	S4127bis	S4299bis	S3982	14632	CSG7	
5209	2773bis	5294	5367	5285	5202bis	2594	2676	CSG17	CSG6	
S4123	S4262bis	S4401bis	S4398	S4819	S3881	S4020	2345	CSG15	CSG5	
c_hac_7										
S4259	S4539	S1481	2422	2421	2420	14642	CSG19	CSG14	CSG12	CSG10
S3761	S3900bis	S2486	S2485	S2341	S2479	CSG18	CSG16	CSG13	CSG9	CSG8
S3343	S2337	S3202bis	S3341	S3286	S3009bis	S3149	S2347bis	S2627		



Tableau 3: Description des classes de sols

	Définition
c_hac_1	<p><b>A</b> Matériau organo minéral de texture argileuse ou limoneuse, couleur grise foncée à noire, très forte teneur en matière organique.</p> <p><b>B</b> Matériau meuble, homogène et structuré, couleur ocre, texture sablo argileuse.</p> <p><b>C</b> Matériau plus ou moins hydromorphe avec présence de structures lithiques dans les taches claires du matériau, texture argilo-sableuse.</p> <p>Présence d'éléments grossiers riches en sesquioxydes et quartz.</p>
c_hac_2	<p><b>A</b> Texture argilo sableuse à sablo argileuse, couleur variée toujours foncée, teneur forte en matière organique. Texture sableuse à sables grossiers, couleur hétérogène (taches sombres liées à l'accumulation de matière organique).</p> <p><b>B</b> Matériau meuble particulière à texture sableuse, couleur ocre clair, texture hétérogène (sables fins à grossiers) argiles et limons faiblement présents. Taches ocrées dues à des concentrations d'oxydes de fer.</p> <p><b>C</b> Matériau plus ou moins hydromorphe, texture sablo argileuse à sableuse.</p>
c_hac_3	<p><b>A</b> Texture sableuse à sables grossiers, couleur hétérogène (taches sombres liées à l'accumulation de matière organique).</p> <p><b>B</b> Matériau meuble particulière à texture sableuse, couleur grise témoignant d'une pénétration de matière organique à ocre clair, de texture hétérogène (sables fins à grossiers) argiles et limons faiblement présents.</p>
c_hac_4	<p><b>B</b> Matériau meuble homogène et structuré, texture sablo argileuse à argilo sableuse, couleur brun terne à ocre.</p> <p><b>C</b> Matériau hydromorphe avec présence de structures lithiques dans le matériau, de texture argilo sableuse, présence de taches de couleur ocre et rouge.</p>
c_hac_5	<p><b>A</b> Texture sablo argileuse, couleur variée brun à gris, teneur faible à moyenne en matière organique.</p> <p><b>B</b> Matériau meuble homogène et structuré, texture sableuse à argilo sableuse, couleur ocre claire à ocre foncé.</p> <p><b>C</b> Matériau plus ou moins hydromorphe, fond blanchâtre ou grisâtre, taches rouges ou ocres, texture argileuse, structure massive.</p>
c_hac_6	<p><b>A</b> Texture argileuse ou limoneuse, couleur grise foncée à noire, très forte teneur en matière organique.</p> <p><b>B</b> Texture argilo sableuse à argileuse, couleur ocre brun terne.</p> <p><b>C</b> Matériau plus ou moins hydromorphe présence de structures lithiques dans les taches claires du matériau, texture argilo sableuse. Matériau hydromorphe, couleur uniforme et terne, teintes grises, gris bleuté, ou blanchâtres, texture argilo limoneuse à argileuse, structure fondue, compacte ou plastique.</p>
c_hac_7	<p><b>A</b> Texture sablo argileuse, couleur variée brun à gris, teneur faible à moyenne en matière organique.</p> <p><b>B</b> Texture sablo argileuse à sableuse, couleur influencée par la matière organique, ocre clair à marbrures gris clair ou grisâtres. Texture argilo sableuse, argileuse ou limoneuse, couleur ocre brun terne.</p> <p><b>C</b> Matériau plus ou moins hydromorphe fond blanchâtre ou grisâtre, taches rouges ou ocres, texture argileuse. Matériau hydromorphe présence de marbrures ocre ou ocre rouges. Concrétions millimétriques et taches de couleur ocre à rouge violacé. Eléments grossiers riches en sesquioxydes (nodules).</p>

Les résultats montrent que les classes de sols choisies à priori au départ pour l'échantillonnage à partir de la cartographie de l'IRD n'ont pas de réalité physique sur le terrain. En partant de ce constat, les analyses permettant de déterminer une typologie des savanes sont faites à partir des 7 classes de sols déterminées par le pédologue.

### 3.2 Botanique

La base de données créée durant cette étude totalise 12441 données de présence concernant 762 taxons et réparties en 318 relevés effectués sur 91 sites (1 site supplémentaire a été intégré, provenant d'une erreur d'emplacement du relevé). Cette base de données contient donc une masse d'informations nouvelles non négligeable sur la flore des savanes de Guyane. Pour comparaison l'unique base de données botanique de Guyane, Aublet2 (base de données de l'herbier de Cayenne) contient moins de 180000 données. Cette somme de données constitue un véritable résultat en soi qui, en parallèle du programme LIFE+ Cap DOM :

- fournira un véritable **état de référence de la flore des savanes en 2011-12**. En Guyane, la pression démographique sur les savanes est de plus en plus forte, des modifications de ces écosystèmes sont déjà en cours et de nombreuses savanes disparaîtront dans un futur proche. Un état de référence sera nécessaire pour être capable de mesurer l'intensité de ces impacts sur la biodiversité.
- est déjà actuellement utilisée comme une source d'informations dans l'établissement de la **liste des espèces déterminantes ZNIEFF** (Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Floristique et Faunistique), liste à paraître dans les mois à venir et qui inclura plusieurs dizaines d'espèces de savanes.
- à terme pourra servir à **classer certaines savanes en ZNIEFF**, ce qui constitue, à minima, la première reconnaissance officielle des caractères patrimoniaux de cet habitat.

#### 3.2.1 Quelques statistiques générales

16

Au vu du jeu de données, certaines caractéristiques générales des savanes de Guyane apparaissent :

- 762 taxons ont été recensés, démontrant qu'en dépit de leur faible superficie, les savanes n'hébergent pas moins de 16% de la flore totale de Guyane. En outre, cette flore est très spécifique et de nombreuses espèces ne se retrouvent nulle part ailleurs dans le département.
- Les 10 espèces les plus fréquemment rencontrées sont : *Echinolaena inflexa* (présente dans 196 des 318 relevés), *Rhynchospora globosa* (171), *Tibouchina aspera* (170), *Curatella americana* (153), *Rhynchospora barbata* (150), *Hyptis atrorubens* (142), *Byrsonima crassifolia* (142), *Melochia spicata* (140), *Paspalum serpentinum* (139), *Spermacoce verticillata* (129).
- Seules 116 espèces sont présentes dans plus de 10% des relevés.
- Près de 42 % de la flore est constituée d'espèces rares ayant été notées dans moins de 1% des relevés.
- 174 espèces n'ont été rencontrées qu'une seule fois. Ce sont pour la plupart des espèces non savanicoles.
- Les deux familles les plus représentées sont logiquement les deux grandes familles d'herbes, les Poaceae (96 taxons et 2146 données) et les Cyperaceae (77 taxons et 1840 données). Combinées elles représentent près d'un tiers de l'ensemble des données (32%). Loin derrière, du troisième au cinquième rang, on trouve les Melastomataceae (915 données pour seulement 32 taxons), les Fabaceae (720 données pour un total élevé de 81 taxons) et les Rubiaceae (659 données pour 36 taxons).

### 3.2.2 La typologie

Les efforts de terrain ont permis au botaniste d'établir « à priori » une typologie de 21 catégories terminales :

- 1 Pripris et mares
  - 1.1 Pripris à *Eleocharis interstincta*
  - 1.2 Mares et fossés de savanes
- 2 Bas-fonds de savanes et ceintures de pripris
  - 2.1 Bas-fonds larges à buttes mal-formées
  - 2.2 Bas-fonds à buttes
- 3 Savanes au sens strict
  - 3.1 savanes sur sol bien drainé
    - 3.1.1 Savanes sèches à *Trachypogon*
    - 3.1.2 Savanes sèches à *Scleria cyperina* et *Tibouchina aspera*
    - 3.1.3 Petites buttes exondées au sein de savanes inondables
    - 3.1.4 Savanes sur sables grossiers de cheniers
  - 3.2 savanes inondables
    - 3.2.1 sur podzol
      - 3.2.1.1 Pelouses rases sur sables blancs
      - 3.2.1.2 Savanes moyennement hautes sur sables blancs (à *Panicum nervosum*)
    - 3.2.2 sur sol hydromorphe
      - 3.2.2.1 Pelouses rases sur sols hydromorphes
      - 3.2.2.2 Savanes moyennement haute sur sols hydromorphes
  - 3.3 Savanes hautes arbustives
- 4 Petits bosquets de savane (canopée < 15 m, pas de sous-bois développé, surface limitée à de petits ilots)
  - 4.1 Petits bosquets de savanes sur sables blancs
  - 4.2 Petits bosquets de savanes sèches à *Astrocaryum vulgare*
  - 4.3 Petits bosquets de savanes marécageuses
- 5 Grands bosquets de savane (canopée > 15 m, présence d'un sous-bois)
  - 5.1 Ilots forestiers sur sols drainés
  - 5.2 Ilots forestiers sur sols inondables
  - 5.3 Morichales (formation à *Mauritia flexuosa*)
- 6 Savanes-roches, dalles rocheuses et habitats attenants
- 7 Milieux anthropisés, dégradés ou artificiels

Chacun des relevés de milieux a été classé au sein de cette typologie à priori. En résulte une matrice de 12441 données d'inventaire attribuées à des milieux distincts. Après nettoyage de la base de données, une AFC (Figure 6) a été effectuée sur l'ensemble des milieux avec comme critère la présence/absence des espèces. La forme parabolique du nuage de points est une manifestation graphique appelée « effet Guttman », qui peut être expliquée par une relation quadratique entre les deux premiers axes de l'AFC. C'est un effet courant en phytosociologie et avec des tableaux comprenant un grand nombre de données (Meddour, 2011). Les points situés aux deux pointes du « croissant » correspondent aux deux extrémités d'un gradient qui, dans le cas présent, peut être interprété comme un gradient écologique (Plante, Frontier, Le Boeuff, & Reys, 1983). A l'analyse, cette structure apparaît comme définie par deux facteurs principaux : la hauteur de végétation (axe gauche-droite) et l'hydromorphie (axe vertical).

L'AFC confirme les classes de typologie déterminées à priori à travers :

- la position correcte de chaque polygone au sein du nuage de points (les savanes rases à gauche, les bosquets à droite - les mares en bas, les milieux drainés en haut)
- l'emplacement des relevés identifiés comme écotones (i.e. zones de transition entre deux milieux distincts sur le terrain) systématiquement à mi-chemin entre les polygones dont ils sont les intermédiaires.

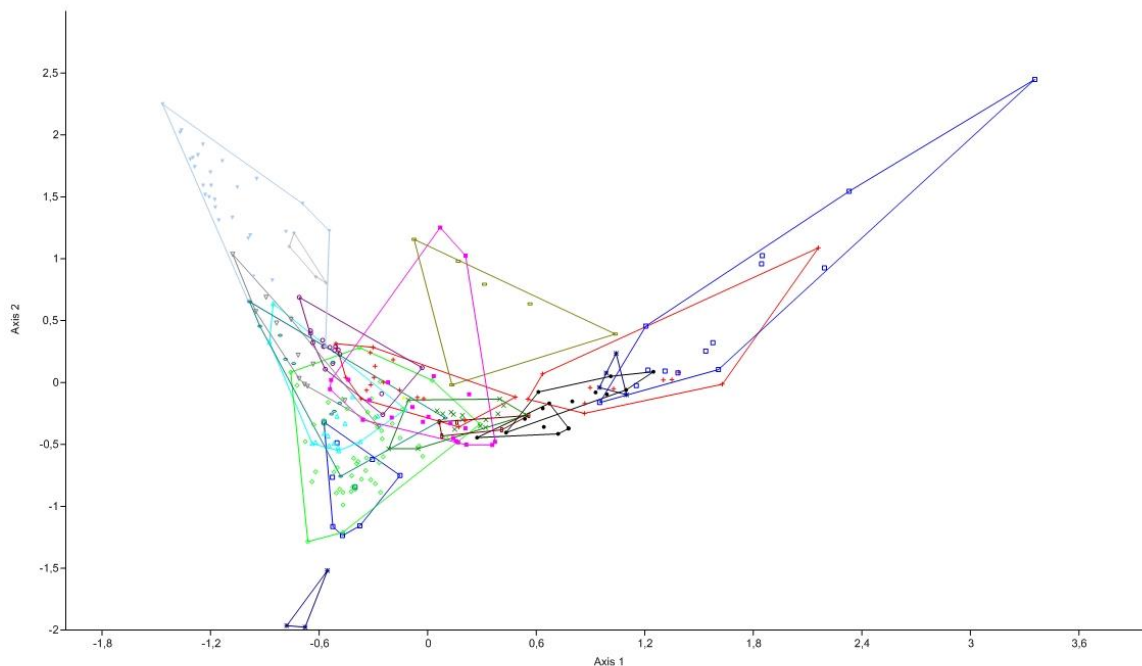


Figure 6 : AFC de l'ensemble des relevés

Chaque milieu est représenté par une couleur et l'enveloppe regroupant l'ensemble des relevés lui étant attribués.

### 3.2.3 Des espèces indicatrices de la typologie

En tant qu'outil d'identification d'un habitat, une espèce est dite « indicatrice » si elle présente les caractéristiques suivantes (De Caceres, Legendre, & Moretti, 2010; Mc Geogh, Van Rensburg, & Botes, 2002) :

- Présente de manière systématique dans l'habitat qu'elle caractérise ;
- Absente des autres habitats ;
- Facile à détecter (par son abondance-dominance, sa simplicité d'identification) tout au long du cycle annuel

En prenant à priori le seuil de 70% comme acceptable (une espèce est indicatrice si elle est présente dans minimum 70% des relevés de l'habitat qu'elle caractérise et absente dans minimum 70% des autres habitats), aucune espèce n'apparaît indicatrice pour l'un des 21 milieux identifiés dans la typologie.



### 3.2.4 Des espèces indicatrices de l'impact anthropique

Le concept de « savane en bon état de conservation » est difficile à définir du fait de la diversité des communautés végétales qui composent les paysages de savanes. Il est en effet impossible de fournir un archétype modèle d'une **savane** en bon état de conservation (a contrario d'archétypes modèles de **milieux de savanes** en bon état de conservation, cf. 3.2.2). En revanche, il est possible d'identifier les impacts humains sur l'ensemble des milieux de savanes et de caractériser les modifications engendrées sur les communautés végétales par l'apparition d'un cortège d'espèces synanthropiques (espèces adaptées aux milieux modifiés par l'homme, anciennement dénommées adventices).

Afin de caractériser les espèces indicatrices de l'anthropisation, les 318 relevés du jeu de données ont été séparés en deux classes :

- la première classe comprend l'ensemble des 41 relevés pour lesquels un impact humain récent a été clairement identifié ;
- la deuxième classe comprend l'ensemble des 277 relevés effectués dans des milieux non ou faiblement anthropisés.

Le régime d'incendie n'a pas été pris en compte dans cette définition, puisque la quasi-totalité des sites d'études ont révélé des traces d'incendie récent.

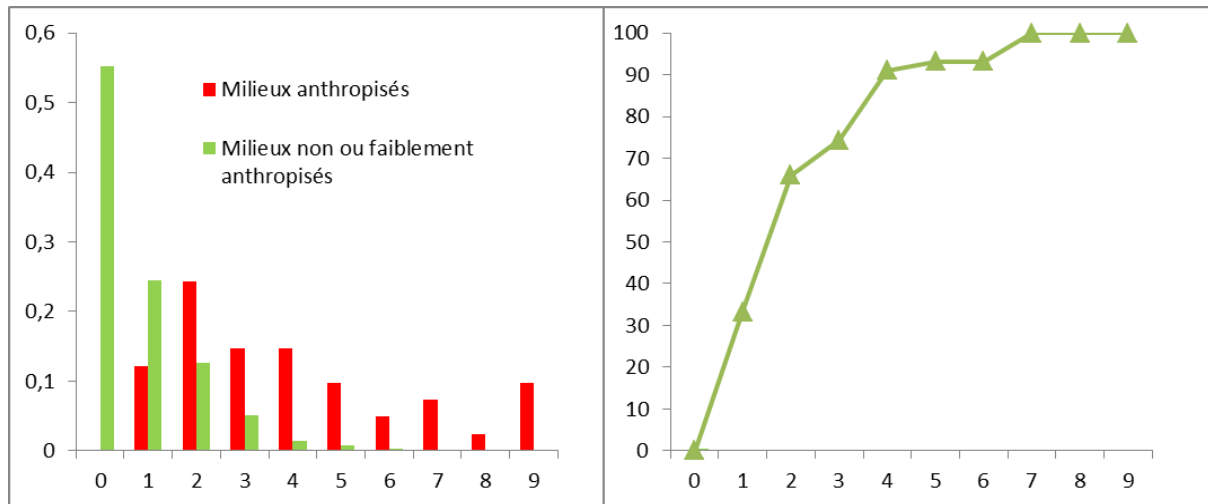
La même démarche que celle présentée au paragraphe précédent a été implémentée pour rechercher les espèces indicatrices de l'anthropisation, et montré que sur les 762 espèces inventoriées, 70 espèces ne se retrouvent jamais dans les milieux non ou faiblement anthropisés et sont par ailleurs connues pour leur caractère synanthropique en Guyane - à une exception près (*Mouriri guianensis*).

Cependant, malgré leur fiabilité comme indicateur d'anthropisation, aucune de ces 70 espèces n'est très fréquente (maximum de présence : dans 6 des 41 relevés de milieux anthropisés). Autrement dit, ces espèces ne remplissent pas toutes les conditions pour être des espèces indicatrices.

Ainsi il peut être plus utile de s'intéresser à d'autres espèces un peu moins fidèles écologiquement que les 70 précédemment citées, mais à contrario plus fréquentes. Deux critères ont été utilisés :

- 1) espèce présente dans au moins 20% des relevés effectués en milieux anthropisés ;
- 2) espèce au moins trois fois plus fréquente en milieux anthropisés qu'en milieux non ou faiblement anthropisés.

Ces deux critères ont abouti à une liste de 13 espèces. Des tests statistiques réalisés sur la différence de fréquence de ces espèces en milieux anthropisés et en milieux non ou faiblement anthropisés ont tous été significatifs au seuil de  $\alpha = 0,001$ . Par ailleurs ces espèces correspondent aux prévisions sur la base de l'expérience de terrain.



**Figure 7 : Evolution des espèces indicatrices dans les milieux anthropisés et non ou faiblement anthropisés**

- a) (gauche) Nombre d'espèces indicatrices dans les milieux anthropisés et non ou faiblement anthropisés.  
b) (droite) Evolution de la probabilité d'être dans un milieu anthropisé en fonction du nombre d'espèces indicatrices présentes

Une vérification de la fiabilité de ces 13 espèces indicatrices d'anthropisation a été effectuée en reprenant l'ensemble des 318 relevés (Figure 7) : aucun des milieux anthropisés n'est entièrement dépourvu de ces espèces, alors qu'une large majorité des milieux non ou faiblement anthropisés l'est.

Il est possible d'utiliser cet outil pour déduire la probabilité d'être en milieu anthropisé en fonction du nombre d'espèces indicatrices présentes (Figure 7). Au-delà de 6 espèces indicatrices la probabilité d'être dans un milieu anthropisé est de 100%. Pour les relevés comprenant entre 1 et 6 espèces indicatrices, l'incertitude doit être exprimée en termes de probabilité : si dans l'inventaire d'un milieu 4 des 13 espèces indicatrices sont détectées, alors « la probabilité que le milieu inventorié soit dégradé par l'homme est de 91% ».

En conséquence, la liste des 13 espèces retenues sur la base de caractères quantitatifs se révèle efficace pour déterminer l'état d'anthropisation d'un milieu et par extrapolation son bon état de conservation.

### 3.3 Lien Pédologie-Botanique

Le lien entre la nature des sols et les milieux associés a été étudié en considérant non pas l'ensemble de tous les milieux présents dans un rayon de 100 mètres autour du point de relevé pédologique, mais uniquement le milieu dans lequel il se trouvait.

Pour 15 sites d'étude, soit le site de carottage était situé à la limite de deux milieux, soit le site de carottage était situé dans une zone où deux milieux étaient trop imbriqués pour être cartographiés précisément. En conséquence il a été impossible pour ces 15 points d'analyse pédologique de déterminer le milieu correspondant.

Au final des données pédologiques sont disponibles pour 75 relevés botaniques, ces données sont présentées dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Effectifs des types de sols associés à chaque classe de la typologie botanique

	Type de sol						
	1	2	3	4	5	6	7
2.1 (Bas-fonds larges)						5	4
2.2 (Bas-fonds à buttes)						6	5
3.1.1 (Savanes sèches à <i>Trachypogon</i> )		2	3			2	
3.1.2 (Savanes sèches à <i>Scleria cyperina</i> et <i>Tibouchina</i> )					1	4	2
3.2.1.1 (Pelouses rases sur sables blancs)			11			4	3
3.2.2.1 (Pelouses rases sur sols hydromorphes)	1	1	1	1		1	2
3.2.2.2 (Savanes moyennes sur sols hydromorphes)						2	4
3.3 (Savanes hautes arbustives)		2				1	7

Le lien entre composition floristique et type de sol paraît beaucoup moins évident qu'attendu à la vue du Tableau 4. Un test du  $\chi^2$  révèle que l'on peut rejeter l'hypothèse d'indépendance des deux variables ( $Q_c = 83,56$ ), montrant que la composition floristique et le type de sol sont liées au risque de  $\alpha = 0,005$ . Cette liaison est cependant uniquement due au fait que les savanes rases sur sables blancs (3.2.1.1) soient généralement développées sur des sols de type 3 (Tableau 4). En effet, si l'on retire ces données de l'analyse alors le test du  $\chi^2$  n'est plus significatif ( $Q_c = 43,15$ ), et on ne peut donc pas rejeter l'hypothèse que la composition floristique et le type de sol sont indépendants.

Globalement la pédologie n'explique donc pas la végétation. La seule exception notoire semble être le type de sol 3 qui supporte dans 11 cas sur 15 des savanes rases sur sables blancs.

### 3.4 Ornithologie

L'ornithologie a été réalisée entre Octobre 2011 et Janvier 2012 par 4 ornithologues du GEPOG. L'ensemble des données ont été saisies et reformatées pour chaque espèce afin de correspondre aux demandes des logiciels d'analyse. 4500 observations sur 187 espèces ont ainsi été saisies. De façon générale, 55% des espèces (102 sur les 187) ont été vues entre 1 et 10 fois sur l'ensemble des 270 passages (Figure 8).

## Répartition du nombre d'observations

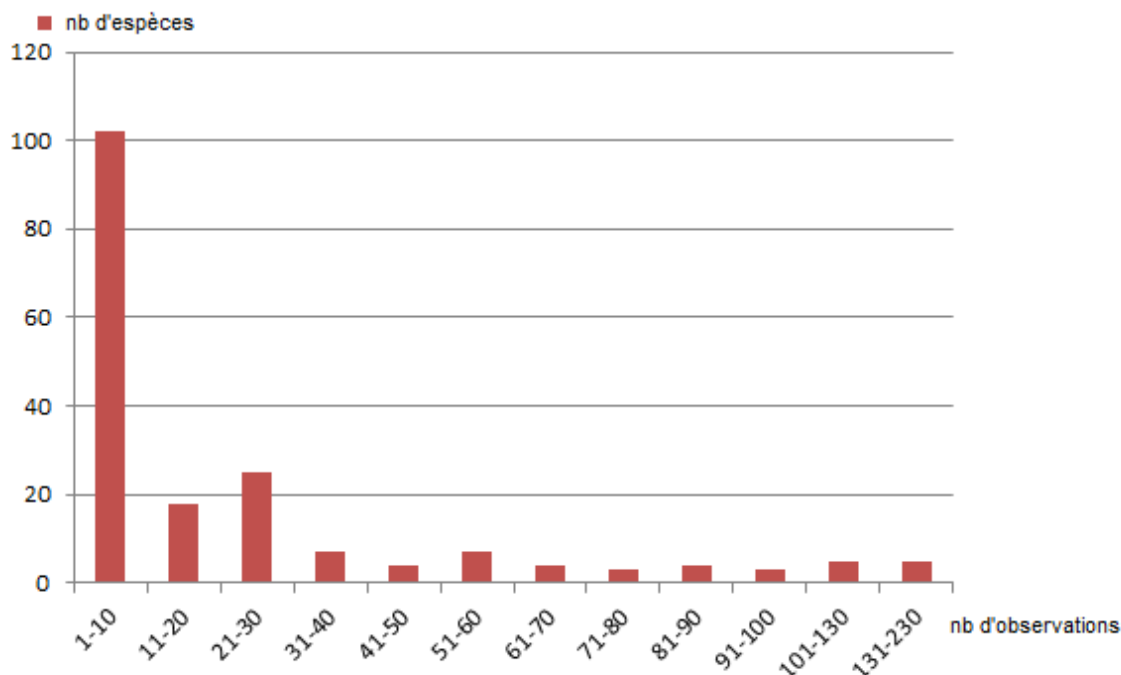


Figure 8 : Répartition du nombre d'observations

Afin de réaliser les analyses, les espèces suivantes ont été éliminées :

- Celles vues une seule fois sur les 90 points.
- Celles vues entre 2 et 9 fois mais majoritairement une seule fois sur les trois passages (donc les espèces extrêmement difficilement détectables ou utilisant de façon très marginale cet habitat)

Sur les 88 espèces maintenues, les analyses se sont focalisées sur celles faisant partie des espèces caractéristiques des milieux de savanes, réduisant ainsi à 13 espèces analysées sur les 187.

Afin de faire le lien avec les caractéristiques de la végétation au sein du rayon de 100 mètres autour du point de repérage ornithologique, les milieux identifiés par le botaniste ont été délimités sur des logiciels de cartographie. Des calculs de surface ont permis de déterminer les deux milieux dominants pour chacun des 90 points. Le milieu dominant est celui qui représente la surface la plus importante au sein du rayon de 100m, et le second milieu dominant celui qui représente la seconde surface la plus importante. Il peut ne pas y avoir de second milieu dominant pour diverses raisons :

- Un seul milieu représente 100% de la surface
- Le second milieu représente moins de 5% de la surface

Un cas unique de surface équivalente pour deux milieux est apparu, et les deux milieux concernés ont été notés comme dominants.

### 3.4.1 Les milieux botaniques dans l'analyse ornithologique

La typologie botanique ayant été réalisée de façon très fine, certaines classes n'apparaissent pas visiblement sur les orthophotographies utilisées pour la digitalisation. Ainsi il apparaît difficile de détourner des petites buttes au milieu des basfonds de savanes... En résultent 17 polygones auxquels deux classes de typologie sont attribuées (par exemple « 3.2.1.1 + 3.1.3 »). Ces polygones restent minoritaires (17 cas sur 553 polygones). L'information brute est gardée dans la table attributaire des logiciels de cartographie pour des cas d'analyses ultérieures, par contre il est impossible de la traiter tel quel pour définir des milieux dominants. Ainsi, un nouveau code de typologie de 8 à 13 a été attribué à chaque cas de regroupement de classes (par exemple « 8 » = « 3.2.1.1 + 3.1.3 »), et 14 des 17 polygones concernés ont été intégrés aux analyses ornithologiques en tant que milieux dominants.

La finesse de la typologie entraîne par ailleurs une stratification du jeu de données trop importante pour permettre une analyse statistique. Deux décisions permettent de s'affranchir d'une sur-division des données et donc d'un manque de répliquas par milieux :

- S'intéresser à des niveaux plus élevés de la typologie au lieu des niveaux les plus fins
- Regrouper certaines classes de par leur proximité dans la structuration de la végétation

Au final la typologie retenue pour les analyses ornithologiques est la suivante :

#### 1 Pripris et mares

##### 1.1 Pripris à *Eleocharis interstincta*

##### 1.2 Mares et fossés de savanes

#### 2 Bas-fonds de savanes et ceintures de pripris

##### 2.1 Bas-fonds larges à buttes mal-formées

##### 2.2 Bas-fonds à buttes

#### 3 Savanes au sens strict

##### 3.1 Savanes sur sol bien drainé

###### 3.1.1 Savanes sèches à *Trachypogon*

###### 3.1.2 Savanes sèches à *Scleria cyperina* et *Tibouchina aspera*

###### 3.1.3 Petites buttes exondées au sein de savanes inondables

###### 3.1.4 Savanes sur sables grossiers de cheniers

##### 3.2 Savanes inondables

###### 3.2.1 rases (regroupement des anciennes classes 3.2.1.1 et 3.2.2.1)

###### 3.2.2 hautes (regroupement des anciennes classes 3.2.1.2 et 3.2.2.2)

##### 3.3 Savanes hautes arbustives

#### 4 Petits bosquets de savane (canopée < 15 m, pas de sous-bois développé, surface limitée à de petits ilots)

#### 5 Grands bosquets de savane (canopée > 15 m, présence d'un sous-bois)

#### 6 Milieux anthropisés, dégradés ou artificiels (anciennement milieu 7)

#### 7 Savanes-roches, dalles rocheuses et habitats attenants (anciennement milieu 6)

### 3.4.2 Des espèces indicatrices de la typologie botanique

Que ce soit pour les oiseaux ou les plantes, les critères définissant une espèce indicatrice restent les mêmes :

- Présente de manière systématique dans l'habitat qu'elle caractérise ;

- Absente des autres habitats ;
- Facile à détecter (par son abondance-dominance, sa simplicité d'identification) tout au long du cycle annuel

Au contraire d'une étude botanique, le premier facteur limitant en ornithologie est la détectabilité des espèces d'oiseaux. La détectabilité a été définie comme l'un des facteurs posant de façon générale des problèmes dans les études ornithologiques de tous genres (De Wan et al., 2009; MacKenzie, 2006; Sberze et al., 2010). Dans le cas du programme LIFE+ Cap DOM, seules des espèces détectables systématiquement lorsqu'elles sont présentes permettent d'analyser un lien potentiel entre la botanique et l'ornithologie.

Ainsi, une analyse de la détectabilité a été effectuée sur l'ensemble des 13 espèces choisies pour l'étude grâce au programme PRESENCE mettant en application le modèle de McKenzie (MacKenzie, 2006). Ce modèle permet d'estimer la probabilité d'occupation de site ( $\psi$ ) lorsque la probabilité de détection ( $p$ ) est inférieure à 1, donc lorsqu'il est impossible de détecter tous les individus présents à un site donné. Dans le cas de cette étude, l'ensemble des individus présents n'ont probablement pas été détectés par les ornithologues (espèces discrètes ou peu actives au moment des relevés par exemple). Cette analyse se base sur les historiques de présence/absence des trois passages par point. Ainsi une espèce ayant systématiquement des historiques « 1.1.1 » et « 0.0.0 » a une meilleure détectabilité qu'une espèce avec des historiques du type « 0.1.0 » (démontrant que deux fois sur trois les ornithologues n'arrivent pas à la détecter alors qu'elle est bien présente).

La probabilité d'utilisation de site ( $\psi$ ) est fonction de covariables spécifiques au site (reflétant généralement l'habitat), alors que la probabilité de détection ( $p$ ) est pour sa part affectée par des conditions environnementales variant entre les séances d'échantillonnage. L'ensemble des covariables relevées dans cette étude sont présentées aux Tableau 5 et Tableau 6.

Tableau 5 : Description des covariables de site

	Catégorie	Covariable	Description
covariables de site	perturbations	pâturage	présence/absence
		labour	présence/absence
		brûlis	présence/absence
		chemin	présence/absence
	écologie	nb bosquets	comptage
		nb maurichales	comptage
		nb buissons	comptage
	distances	distance route (m)	mètres
		distance lisière (m)	mètres
	milieu1		code du milieu dominant
	milieu 2		code du deuxième milieu dominant

Tableau 6 : Description des covariables de relevés

	Covariable	Passages	Description
covariables de relevé	temps	1	nuageux/très nuageux/pluie/soleil
		2	
		3	
	observateur	1	initiales de l'observateur
		2	
		3	
	heure de début	1	en min après 06:00
		2	
		3	
	date	1	date
		2	
		3	

On part du principe que les espèces n'ont pas une détectabilité assez forte pour la suite des analyses si elle est de moins de 50% (les ornithologues ne les repèrent pas plus d'une fois sur deux).

L'intervalle [50% ; 60%[ de détectabilité comprend les espèces faiblement intéressantes, il faudrait un effort de prospection supplémentaire pour pouvoir analyser les données. Dans l'intervalle [60%, 70%[ l'espèce est moyennement intéressante, et à partir de 70% elle est détectée minimum deux fois sur trois lorsqu'elle est présente et donc les données de présence/absence de la présente étude peuvent être considérées comme fiables. Les résultats de cette analyse sont présentés au

Tableau 7.

En résumé :

- 0 à 50 % : espèces inutilisables
- 50 à 60 % : espèces faiblement intéressantes (nécessite un effort de prospection très important), inutilisables pour cette analyse
- 60 à 70 % : espèces moyennement intéressantes (utilisables en étant précautionneux sur l'interprétation)
- 70 à 100 % : espèces utilisables

Il est possible de calculer (Caublot, 2007) :

La **probabilité de détection** (p) pour une espèce donnée pour l'ensemble des relevés :

$$p = x/n$$

Avec x le nombre total de relevés et n le nombre de sites où l'espèce a été notée présente

L'**occurrence naïve** ( $\psi_{naïve}$ ) est l'occurrence calculée à partir des données récoltées sur le terrain. Elle est dite naïve car on suppose que p = 1 et se calcule ainsi :

$$\psi_{naïve} = n/x$$

Le **nombre minimum ( $N_{min}$ ) de passages à effectuer** pour être certain à 95% qu'une espèce est absente :

$$N_{min} = \log(0,05)/\log(1-p)$$

**Tableau 7 : Analyse des 13 espèces étudiées**

En rouge et orange les espèces éliminées, en bleu et vert les espèces gardées pour les analyses

	$\Psi_{naïve}$ (% sur les 90 points)	$N_{min}$	constant P (%)	par passages (%)		
				1	2	3
Ammodramus humeralis	0.46	4	0,51			
Arundinicola leucocephala	0.09	8	0,30			
Buteogallus meridionalis	0.14	20	0,14			
Elaenia chiriquensis	0.19	3	0,61			
Elaenia cristata	0.52	4	0,50	0,38	0,65	0,51
Elaenia flavogaster	0.89	2	0,70	0,62	0,66	0,80
Emberizoides herbicola	0.99	2	0,86			
Micropygia schomburgkii	0.24	17	0,16			
Polystictus pectoralis	0.13	12	0,22			
Polytmus theresiae	0.17	11	0,23			
Sporophila minuta	0.99	4	0,57			
Sporophila plumbea	0.11	15	0,18			
Sturnella magna	0.27	3	0,60			

Les résultats montrent qu'un grand nombre d'espèces sont difficilement détectables (6 espèces sur 13), et que trois passages ne suffisent donc pas pour être certain de leur absence sur un site. Seulement deux espèces ont été repérées de façon réellement fiable (*Elaenia flavogaster* et *Emberizoides herbicola*, repérées de façon fiable dès deux passages).

Pour deux espèces, la probabilité de détection dépend du passage. Ceci peut provenir de covariables de relevés : météo, date, heure, observateur, mais peut également être dû au hasard. Afin de s'assurer de la raison d'une telle différence de probabilité de détection en fonction des passages il faudrait tester ces facteurs un à un. Les probabilités étant tout de même relativement hautes pour chacun des passages, cette analyse ne sera pas effectuée et les deux espèces concernées sont considérées comme détectées généralement de façon fiable.

Les 4 espèces « faciles à détecter » (*Elaenia chiriquensis*, *Elaenia flavogaster*, *Emberizoides herbicola* et *Sturnella magna*) doivent par ailleurs être présentes systématiquement dans le milieu qu'elles caractérisent. Ainsi, il est vérifié pour chaque espèce si elle est présente dans une des classes de typologie associées aux covariables « milieu 1 » et « milieu 2 » (cf. Tableau 5) dans plus de 70% des cas et également absente dans plus de 70% des autres classes. Pour cela, les classes de 8 à 13 sont éliminées, n'entraînant que confusion dans les données puisque représentant des combinaisons de classes.

On remonte systématiquement dans les niveaux de la typologie afin de voir si l'espèce testée pourrait être caractéristique de classes plus vastes. En effet, on pourrait imaginer qu'une espèce soit caractéristique des savanes inondables (3.2), qu'elles soient rases (3.2.1) ou hautes (3.2.2).

L'analyse ne s'effectue que pour les milieux où au moins 10 données sont disponibles, c'est-à-dire ceux ayant été covariables « milieu 1 » ou « milieu 2 » (Tableau 5) dans minimum 10 cas (Tableau 8).



**Tableau 8 : Nombre de relevés où les milieux étaient dominants**

En rouge les milieux éliminés pour l'analyse.

milieu	nombre de relevés
2	41
2.1	12
2.2	29
1	3
1.1	2
1.2	1
3	65
3.1	30
3.1.1	13
3.1.2	14
3.1.3	3
3.1.4	0
3.2	32
3.2.1	24
3.2.2	10
3.3	15
4	1
5	5
6	15
7	0

*Elaenia flavogaster* et *Emberizoides herbicola* sont présentes dans quasi tous les relevés (89 et 99% des relevés respectivement en occurrence naïve, des chiffres donc même plus élevés si l'on corrigeait par la probabilité de détection, cf.

Tableau 7). Ces espèces ne peuvent donc pas être indicatrices d'une classe de typologie donnée, elles sont présentes partout, n'importe les milieux associés aux points de relevés.

En ce qui concerne *Elaenia chiriquensis*, le pourcentage de présence naïve par milieu démontre que cette espèce n'est pas indicatrice d'un niveau donné de la typologie (Tableau 9). En effet, des probabilités d'occupation corrigées par PRESENCE seraient systématiquement supérieures à l'occurrence naïve (vu que l'on part du principe qu'il y a des cas où l'espèce n'a pas été détectée alors qu'elle est présente). Ainsi l'espèce ne remplira jamais les conditions d'être présente à 70% à un niveau de la typologie et absente à 70% à tous les autres niveaux.

Les mêmes conclusions peuvent être tirées pour *Sturnella magna*, le pourcentage de présence naïve par milieu démontre que cette espèce n'est pas indicatrice d'un niveau donné de la typologie (Tableau 10). Il est cependant intéressant de noter qu'elle est entièrement absente des savanes à trachypogon ainsi que des savanes hautes arbustives.

**Tableau 9 : Occupation naïve par milieu d'*Elaenia chiriquensis***

L'effectif des niveaux les plus élevés de la typologie ne correspond pas à la somme des classes plus fines qu'ils regroupent. Ceci est dû à l'élimination de doublons apparaissant entre « milieu 1 » et « milieu 2 » lorsque l'on remonte dans la hiérarchie de la typologie ainsi que la prise en compte de sous-milieus non traités séparément (comme 3.1.3 par exemple).

milieu (i)			effectif naïf (n)	total données disponibles du milieu (N)	$\Psi_{\text{naïve}}$ sur le milieu i en % ( $=n/N \times 100$ )
2			8	41	20
	2.1		6	12	50
	2.2		2	29	7
3			11	65	17
	3.1		1	30	3
		3.1.1	0	13	0
		3.1.2	1	14	7
	3.2		5	32	16
		3.2.1	3	24	13
		3.2.2	2	10	20
	3.3		6	15	40
6			2	15	13

**Tableau 10 : Occupation naïve par milieu de *Sturnella magna***

L'effectif des niveaux les plus élevés de la typologie ne correspond pas à la somme des classes plus fines qu'ils regroupent. Ceci est dû à l'élimination de doublons apparaissant entre « milieu 1 » et « milieu 2 » lorsque l'on remonte dans la hiérarchie de la typologie ainsi que la prise en compte de sous-milieus non traités séparément (comme 3.1.3 par exemple).

milieu (i)			effectif naïf (n)	total données disponibles du milieu (N)	$\Psi_{\text{naïve}}$ sur le milieu i en % ( $=n/N \times 100$ )
2			10	41	24
	2.1		2	12	17
	2.2		8	29	28
3			12	65	18
	3.1		13	30	43
		3.1.1	0	13	0
		3.1.2	7	14	50
	3.2		14	32	44
		3.2.1	13	24	54
		3.2.2	2	10	20
	3.3		0	15	0
6			2	15	13

Au final, aucune espèce d'oiseau n'apparaît indicatrice pour l'un des milieux identifiés dans la typologie.

### 3.4.3 Des espèces indicatrices de l'impact anthropique

Le programme LIFE+ Cap DOM prévoyait de déterminer des « espèces indicatrices de savanes en bon état de conservation ». Tout comme pour la partie 3.4.2, seulement des espèces d'oiseaux facilement détectables peuvent être utilisées. Cela ramène donc vers les 4 mêmes espèces, *Elaenia chiriquensis*, *Elaenia flavogaster*, *Emberizoides herbicola* et *Sturnella magna*.

Pour les mêmes raisons que précédemment, *Elaenia flavogaster* et *Emberizoides herbicola* ne peuvent être indicatrices d'impact anthropique puisqu'elles sont présentes dans quasi tous les relevés (89 et 99% des relevés respectivement en occurrence naïve, des chiffres donc même plus élevés si l'on corrigeait par la probabilité de détection, cf.

Tableau 7). Peu importe donc la présence ou non de facteurs anthropiques pour ces espèces-là, elles sont présentes sur tous les types de savanes.

Concernant *Elaenia chiriquensis*, l'analyse doit se faire non pas sur l'ensemble des données mais par milieu à premier abord, vu que l'anthropisation a potentiellement des impacts différents sur la structure et composition floristique dans des milieux distincts. De plus, il est seulement possible d'analyser l'impact de facteurs anthropiques (brûlis, pâturage, labour, distance à la route...) pour des milieux où il y a un minimum de données pour l'espèce. Ainsi sont choisis les niveaux les plus fins possibles de la typologie regroupant au minimum 10 données naïves pour l'espèce considérée. Au vu du Tableau 9, l'impact a été analysé pour les milieux 2 et 3. Bien que le milieu 2 ne présente que 8 données de présence il a été tout de même traité afin d'avoir un comparatif entre au moins deux milieux.

Les effets de l'anthropisation sur l'espèce semblent en effet être différents selon les milieux (Tableau 11). Alors que dans les savanes au sens strict (milieu 3), aucun des facteurs d'anthropisation ne semble jouer (le modèle retenu est seulement celui prenant en compte un léger effet positif de la présence de buissons sur *Elaenia chiriquensis*), le brûlis et la distance à la route jouent un rôle dans les basfonds de savanes (milieu 2).

Concernant *Sturnella magna*, l'analyse se focalise sur les milieux 2, 3.2.1 et 3.1. Comme pour *Elaenia chiriquensis*, les effets sont multiples et différents en fonction des milieux considérés. Le brûlis n'a un impact que pour les basfonds de savanes, les buissons ont un effet légèrement négatif pour la présence de l'espèce en milieu 3.2.1 et 3.1 alors que la distance à la route la favorise dans le milieu 3.1 (Tableau 12).

Tableau 11 : Modèles testés pour *Elaenia chiriquensis*

En vert le modèle sélectionné

Milieu 2						
Model	AIC	deltaAIC	AIC wgt	Model Likelihood	no.Par.	-2*LogLike
psi(brulis+distroute),p(.)	59,78	0	0,9861	1	4	51,78
psi(brulis+chemin),p(.)	70,68	10,9	0,0042	0,0043	4	62,68
psi(brulis),p(.)	71,41	11,63	0,0029	0,003	3	65,41
psi(distroute),p(.)	71,84	12,06	0,0024	0,0024	3	65,84
psi(chemin),p(.)	72,58	12,8	0,0016	0,0017	3	66,58
psi(buissons),p(.)	73,93	14,15	0,0008	0,0008	3	67,93
psi(pature),p(.)	74,74	14,96	0,0006	0,0006	3	68,74
1 group, Survey-specific P	75,38	15,6	0,0004	0,0004	4	67,38
1 group, Constant P	75,59	15,81	0,0004	0,0004	2	71,59
psi(dist_lis),p(.)	75,89	16,11	0,0003	0,0003	3	69,89
psi(labour),p(.)	77,55	17,77	0,0001	0,0001	3	71,55
psi(bosquets),p(.)	77,58	17,8	0,0001	0,0001	3	71,58
Milieu 3						
Model	AIC	deltaAIC	AIC wgt	Model Likelihood	no.Par.	-2*LogLike
psi(buissons),p(.)	99.33	0.00	0.3628	1.0000	3	93.33
psi(buissons+brulis),p(.)	100.42	1.09	0.2104	0.5798	4	92.42
psi(brulis),p(.)	100.56	1.23	0.1962	0.5406	3	94.56
1 group, Constant P	102.90	3.57	0.0609	0.1678	2	98.90
psi(paturage),p(.)	103.36	4.03	0.0484	0.1333	3	97.36
psi(distroute),p(.)	104.38	5.05	0.0290	0.0801	3	98.38
psi(bosquets),p(.)	104.59	5.26	0.0262	0.0721	3	98.59
psi(chemin),p(.)	104.87	5.54	0.0227	0.0627	3	98.87
psi(labour),p(.)	104.90	5.57	0.0224	0.0617	3	98.90
1 group, Survey-specific P	105.03	5.70	0.0210	0.0578	4	97.03

**Tableau 12 : Modèles testés pour *Sturnella magna***

En vert le modèle sélectionné

milieu 2						
Model	AIC	deltaAIC	AIC wgt	Model Likelihood	no.Par.	-2*LogLike
psi(brulis),p(.)	85.53	0.00	0.4850	1.0000	3	79.53
1 group, Constant P	88.20	2.67	0.1276	0.2632	2	84.20
1 group, Survey-specific P	88.50	2.97	0.1099	0.2265	4	80.50
psi(.),p(.)	89.91	4.38	0.0543	0.1119	3	83.91
psi(labour),p(.)	89.95	4.42	0.0532	0.1097	3	83.95
psi(bosquet),p(.)	89.95	4.42	0.0532	0.1097	3	83.95
psi(distroute),p(.)	89.99	4.46	0.0522	0.1075	3	83.99
psi(chemin),p(.)	90.20	4.67	0.0470	0.0968	3	84.20
psi(buissons),p(.)	92.16	6.63	0.0176	0.0363	3	86.16
milieu 3.1						
Model	AIC	deltaAIC	AIC wgt	Model Likelihood	no.Par.	-2*LogLike
psi(3.1 buisson+distroute),p(.)	76.80	0.00	0.6278	1.0000	4	68.80
psi(3.1 buisson),p(.)	79.16	2.36	0.1929	0.3073	3	73.16
psi(3.1 distroute),p(.)	79.85	3.05	0.1366	0.2176	3	73.85
psi(3.1 bosquet),p(.)	82.25	5.45	0.0411	0.0655	3	76.25
psi(3.1 chemin),p(.)	90.67	13.87	0.0006	0.0010	3	84.67
psi(3.1 labour),p(.)	91.95	15.15	0.0003	0.0005	3	85.95
1 group, Constant P	92.33	15.53	0.0003	0.0004	2	88.33
psi(3.1 pature),p(.)	93.17	16.37	0.0002	0.0003	3	87.17
psi(3.1 brulis),p(.)	94.25	17.45	0.0001	0.0002	3	88.25
1 group, Survey-specific P	95.66	18.86	0.0001	0.0001	4	87.66
milieu 3.2.1						
Model	AIC	deltaAIC	AIC wgt	Model Likelihood	no.Par.	-2*LogLike
psi(buissons),p(.)	71.24	0.00	0.9233	1.0000	3	65.24
1 group, Constant P	78.90	7.66	0.0200	0.0217	2	74.90
psi(distroute),p(.)	79.81	8.57	0.0127	0.0138	3	73.81
psi(bosquet),p(.)	80.04	8.80	0.0113	0.0123	3	74.04
psi(chemin),p(.)	80.86	9.62	0.0075	0.0081	3	74.86
psi(labour),p(.)	80.88	9.64	0.0074	0.0081	3	74.88
psi(brulis),p(.)	80.88	9.64	0.0074	0.0081	3	74.88
psi(pature),p(.)	80.88	9.64	0.0074	0.0081	3	74.88
1 group, Survey-specific P	82.90	11.66	0.0027	0.0029	4	74.90

On ne peut donc pas dégager un effet général de l'anthropisation sur les espèces d'oiseaux, l'effet peut dépendre des milieux. Ces résultats démontrent que les relations existant entre les activités humaines, les habitats et les populations d'oiseaux sont relativement complexes. Il est impossible d'appliquer concrètement sur le terrain telle ou telle espèce d'oiseau comme indicatrice d'un impact donné sachant qu'elle réagit différemment en fonction des milieux concernés, connaissant la diversité des milieux imbriqués à moyenne échelle dans les paysages de savanes.

## 4 Discussion

### 4.1 Pédologie

L'analyse pédologique a permis de déterminer plus de types de sols que ceux cartographiés par l'IRD. Elle a donc permis d'aller plus en détails concernant leur composition et leur structure. Les savanes semblent bien se répartir sur des mosaïques de sols différents, eux-mêmes distincts des sols que l'on trouve plus vers la côte (zones à mangroves) ou plus vers l'intérieur des terres (socle précambrien). Ceci va dans le sens des études antérieures.

### 4.2 Botanique

En résumé, si le jeu de données et l'analyse multivariée n'ont pas la puissance pour valider pleinement la typologie proposée, l'AFC confirme cependant pleinement l'ensemble des éléments qui ont servi de base pour établir cette typologie : prépondérance de la hauteur de la végétation et prépondérance de l'hydromorphie, les relations de proximité entre différentes classes d'habitats et l'hétérogénéité intrinsèque de certains milieux.

Pour des raisons intrinsèques, la définition de ce qu'est « un habitat » est un facteur complexifiant. Un habitat étant défini pour une espèce donnée, les dimensions du premier dépendront des besoins du second. On se trouve confronté à un problème d'échelle récurrent en écologie : les dimensions de l'habitat d'une espèce donnée n'est pas le même que celui d'une autre. Ces problèmes d'échelle sont insolubles et en définitive l'échelle d'observation humaine a été choisie, car elle représente au mieux l'approche la plus pragmatique pour définir une typologie des habitats de savane tels que perçus par les oiseaux qui constituent le cœur du programme Life+ Cap DOM.

Aucune espèce indicatrice n'a pu être identifiée pour les milieux de la typologie. Pourtant sur le terrain la plupart des habitats de savane sont nettement caractérisés par des espèces, d'ailleurs plusieurs habitats ont été nommés en fonction d'une espèce « caractéristique » (par ex : pripris à *Eleocharis interstincta*, savanes à *Trachypogon*,...). Il est possible que pour déterminer des espèces indicatrices il aurait fallu s'intéresser à leur abondance-dominance dans un habitat donné. Etant donné le temps imparti à l'étude un compromis était à trouver entre, d'une part effectuer des relevés en termes de présence-absence sur l'ensemble des 90 sites d'études et, d'autre part effectuer des relevés en termes d'abondance-dominance sur un sous-échantillon restreint des sites étudiés par les ornithologues et le pédologue. Au terme de cette première phase, le choix de travailler en présence-absence reste défendable malgré la perte de puissance statistique entraînée (perte à tempérer du fait du grand nombre de relevés effectués). En définitive, nombreux sont les phytosociologues préférant travailler en présence-absence pour une première reconnaissance des groupements végétaux (Meddour, 2011). En effet, la prise en compte de la seule présence des espèces végétales ou de leur abondance-dominance « ne constitue pas un élément déterminant pour la typologie car on retrouve à quelques nuances près la même organisation du nuage de points-relevés » (Meddour, 2011). Le travail en abondance-dominance peut être intéressant pour des études postérieures afin d'affiner les unités de végétation déjà déterminées par présence-absence.

Par ailleurs, on peut se poser la question de savoir s'il est réellement judicieux pour identifier un habitat d'avoir recours à l'identification des espèces végétales dites « indicatrices ». Lorsque l'on

mesure le temps requis pour acquérir des compétences fiables en matière d'identification des plantes, on réalise que ces compétences sont peu accessibles. Par ailleurs, dans la mesure où le protocole de relevés n'a pas permis l'identification d'espèces indicatrices, il est évident que si des espèces indicatrices (non strictes) existent bel et bien, la méthode d'identification des habitats par le biais de ces espèces devra être statistique. Ainsi, en plus d'être botaniste, il faudrait manipuler suffisamment les statistiques pour réussir à identifier un habitat de manière fiable. Les 21 habitats identifiés dans les paysages de savane étudiés pourraient cependant être aisément identifiables même par un non spécialiste grâce à d'autres paramètres plus faciles à aborder. Une approche plus pragmatique basée sur des caractères simples à évaluer paraît plus souhaitable si les résultats de l'étude se veulent applicables par le plus grand nombre, ne laissant pas au seul botaniste la compétence d'identification des habitats.

Ainsi, dans la caractérisation des habitats de savanes consultable dans le rapport final de Guillaume Léotard, chacun des 21 habitats se voit attribué des éléments utiles et pragmatiques pour l'identifier. Ces éléments comprennent les paramètres suivants :

- la physionomie de la végétation,
- la topographie,
- l'hydromorphie et l'aspect du sol,
- des photographies,
- une liste des espèces les plus « caractéristiques » (à défaut d'être des indicatrices strictes),
- une liste totale des espèces rencontrées.

En complément d'aide à l'identification des habitats, la liste de l'ensemble des espèces inventoriées durant cette étude a été publiée dans le rapport final de Guillaume Léotard, en précisant le nombre d'observations pour chaque couple espèce/habitat. Ainsi, pour chaque espèce identifiée sur le terrain il sera possible de connaître la probabilité d'être dans chacun des milieux. [Notons toutefois que ce raisonnement n'est valable qu'en faisant l'hypothèse -somme toute plausible- que le nombre de relevés effectués dans chaque habitat reflète la prévalence moyenne de cet habitat dans un paysage de savane].

Ainsi, même si le protocole n'a pas permis d'identifier les espèces indicatrices des milieux, les objectifs de cette phase du programme sont néanmoins respectés, puisqu'un outil d'identification des milieux de savanes Guyanaises est mis à disposition pour la suite de l'étude.

Pour évaluer le « bon état de conservation » des savanes, la méthode proposée nécessite une légère translation intellectuelle dans la manière d'aborder la problématique. En effet, il ne s'agit plus de suivre des espèces *sensibles* à des influences anthropiques et qui disparaîtraient au fur et à mesure des milieux impactés. La solution proposée est au contraire de suivre des espèces qui *apparaissent* au fur et à mesure dans ces mêmes milieux impactés. Ceci permet tout de même de savoir dans quelle mesure un milieu est en « bon état de conservation » : il le sera tout simplement lorsqu'aucune espèce synanthropique n'est présente.

### 4.3 Lien pédologie-botanique

La composition et la structure du sol semblent avoir un effet mineur sur la végétation (exception faite des sables blancs), ce qui constitue en soi un résultat inattendu.

Les variations d'hydromorphie n'ont pas pu être prises en compte dans l'analyse des sols, pour des raisons de coût et en termes de temps. Or l'hydromorphie du sol pourrait être la variable pédologique influençant le plus la composition floristique. L'analyse de terrain corrobore cette idée et l'analyse du jeu de données botaniques a démontré que l'hydromorphie était un déterminant majeur de la végétation.

Une priorité pour des études postérieures sur les savanes serait de vérifier ce lien potentiel entre l'hydromorphie des sols et la composition floristique.

### 4.4 Ornithologie

Sur les 187 espèces recensées, seules 13 espèces de savanes ont été analysées. La base de données créée pour le programme LIFE+ Cap DOM est cependant beaucoup plus large et englobe toutes les espèces vues ou entendues lors des relevés. Ceci permettra dans le futur d'opérer des analyses sur l'ensemble de ces espèces des milieux ouverts et contribuera grandement à améliorer le montage d'études ornithologiques en Guyane. Les données permettront par exemple hors LIFE l'analyse des probabilités de détection pour les espèces de milieux ouverts, ce qui pourra donner des indications pour les études ornithologiques futures en Guyane (ZNIEFF, études d'impact...). En effet, ceci permettrait de faire des choix de protocoles qui assurent une meilleure fiabilité des études puisqu'il apparaît (en extrapolant des 13 cas analysés) que pour un nombre non négligeable d'espèces le fait qu'elles n'aient pas été détectées ne signifie pas qu'elles sont absentes, juste qu'elles sont difficilement détectables. Ceci vaut donc également pour les espèces rares ou déterminantes !

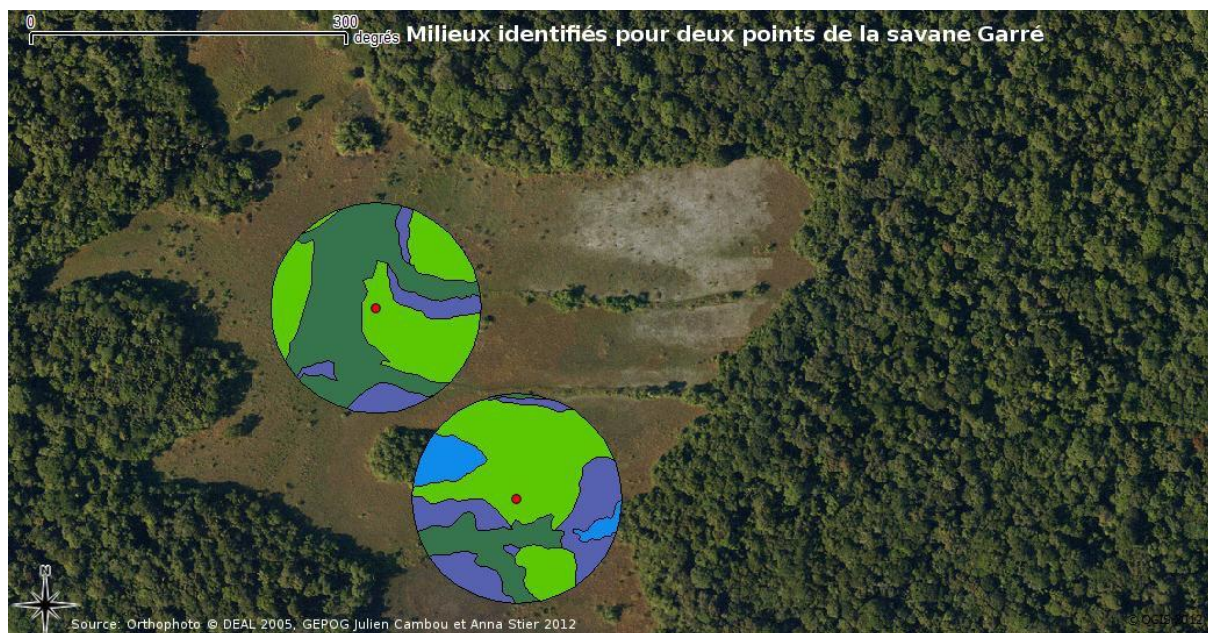
Les probabilités de détection sont dépendantes des passages pour *Elaenia chiriquensis* et *Elaenia flavogaster*, il serait donc intéressant de voir par la suite quels facteurs influent sur les relevés afin d'optimiser les inventaires pour ces deux espèces savaniques dans la suite du LIFE.

Aucune des espèces savaniques ne s'est avérée indicatrice d'un milieu ou d'une perturbation anthropique distincte. In fine, les espèces indicatrices de milieux et de perturbations n'ont pas les mêmes conditions à remplir afin d'être efficaces. Les premières sont appelées « caractéristiques » (= « indicator characteristic species ») et les secondes des « détecteurs » (= « indicator detector species ») (Mc Geogh et al., 2002). Les premières doivent avoir une forte spécificité et fidélité pour des habitats donnés, mais sont souvent trop vulnérables de par leur spécificité (elles disparaissent rapidement) pour être échantillonnées et donner des informations sur la direction de changements écologiques. Les secondes doivent s'étendre sur un large panel d'états de l'écosystème et avoir des degrés de préférence pour ces différents états afin d'indiquer la direction du changement. Les deux cas sont complémentaires et doivent être traités séparément.

Concernant les espèces « caractéristiques », il est important de signaler qu'il n'est pas exclu d'avoir dans les savanes des espèces affiliées à des milieux donnés. Seulement, pour pouvoir être utilisées comme des indicateurs dans des projets de monitoring, il faut qu'elles soient relativement courantes et facilement détectables, ce qui élimine en amont toutes les espèces rares et/ou discrètes. Par



ailleurs, les paysages de savanes peuvent présenter une telle diversité de milieux imbriqués en mosaïque à moyenne échelle qu'utiliser un groupe de vertébrés mobiles comme les oiseaux en tant qu'indicateurs de la typologie ne paraît que difficilement réalisable. Ceci est visible dans l'exemple de la Figure 9 où l'on imagine les problèmes d'échelle que pose la corrélation entre les 2 milieux prédominants par point de relevés avec les populations aviaires. De façon générale, le choix des échelles spatiales est critique pour le développement de modèles d'habitats. Définir et délimiter ces niveaux n'est pas chose aisée et a été un frein à bon nombre d'études liant la végétation aux populations aviaires (Smith et al., 2008). La force des modèles dépend de l'échelle choisie, et a tendance à augmenter avec celle-ci. Il pourrait dès lors être soumis à discussion de passer dans des études futures à l'échelle de la savane au lieu de l'échelle du milieu pour vérifier si un lien avec les populations d'oiseaux pourrait apparaître à ce niveau supérieur, qui serait alors plus de l'ordre du paysage.



**Figure 9 : Représentation des milieux au sein du rayon de 100m autour des points de relevés**

Les zones avec des couleurs identiques correspondent à des milieux également identiques, le point de relevé pédologique et ornithologique est représenté en rouge

Concernant les « détecteurs » d'influences anthropiques, il est (comme noté précédemment) important de préciser que l'absence d'espèces indicatrices ne signifie aucunement qu'il n'y a pas d'espèces sensibles aux impacts anthropiques. Au contraire, les espèces rares et spécifiques à des habitats donnés sont souvent extrêmement sensibles à ce type d'influence, mais elles ne sont par contre pas utilisables pour des projets de monitoring. Etre largement répartie et abondante dans les paysages de savanes, facilement détectable et avec une réponse échelonnée sur l'intensité d'un impact anthropique, autant de conditions qui rendent la tâche ardue de trouver pour les savanes des oiseaux « détecteurs ».

**Tableau 13 : Occupation naïve par milieu de *Polystictus pectoralis***

L'effectif des niveaux les plus élevés de la typologie ne correspond pas à la somme des classes plus fines qu'ils regroupent. Ceci est dû à l'élimination de doublons apparaissant entre « milieu 1 » et « milieu 2 » lorsque l'on remonte dans la hiérarchie de la typologie ainsi que la prise en compte de sous-milieus non traités séparément (comme 3.1.3 par exemple).

milieu (i)			effectif naïf (n)	total données disponibles du milieu (N)	% de présence naïve sur le milieu i (=n/N100)
2			5	41	0,12
	2.1		0	12	0,00
	2.2		5	29	0,17
3			11	65	0,17
	3.1		6	30	0,20
		3.1.1	1	13	0,08
		3.1.2	5	14	0,36
	3.2		10	32	0,31
		3.2.1	10	24	0,42
		3.2.2	0	10	0,00
	3.3		0	15	0,00
6			1	15	0,07

### Le cas du Tyranneau barbu

L'un des focus du programme LIFE+ Cap DOM était de vérifier la valeur du Tyranneau barbu (*Polystictus pectoralis*) en tant que bioindicateur. Comme vu précédemment, le Tyranneau barbu est trop difficilement détectable et trop rare pour pouvoir servir d'espèce indicatrice, que ce soit pour déterminer des milieux ou la présence d'impacts anthropiques. On peut par contre voir au Tableau 13 que l'espèce semble bien avoir une préférence marquée pour les savanes rases inondables (3.2.1, 42% de présence naïve) et les savanes sèches à *Scleria cyperina* et *Tibouchina aspera* (3.1.2, 36%), et dans une moindre mesure les bas-fonds à buttes (2.2, 17%) par rapport aux autres milieux qui ont au maximum 8% de présence naïve. Ces informations seraient à creuser par la suite, une espèce rare affiliée à des milieux distincts pouvant s'avérer extrêmement sensible à l'influence anthropique.



## BIBLIOGRAPHIE

Caublot, G. (2007). Mise en place du programme MARE d'Alsace: modélisation de la probabilité de détection et de l'occurrence de 6 espèces d'amphibiens (Rapport de Stage de Master 2 professionnel Gestion de la Biodiversité) (p. 1–29 + Annexes). Toulouse, France: Université Paul Sabatier.

Chaix, M., Hequet, V., Blanc, M., Tostain, O., Deville, T., & Gombauld, P. (2001). Connaissance et conservation des savanes de Guyane (p. 108 + Annexes). IFRD - WWF Guyane.

De Caceres, M., Legendre, P., & Moretti, M. (2010). Improving indicator species analysis by combining groups of sites. *Oikos*, 119, 1674–1684. doi:10.1111/j.1600-0706.2010.18334.x

de Pracontal, N., & Enraygues, M. (2009). Savanes de Guyane - Connaissances et Enjeux de Conservation (p. 30). GEPOG.

De Wan, A. A., Sullivan, P. J., Lembo, A. J., Smith, C. R., Maerz, J. C., Lassoie, J. P., & Richmond, M. E. (2009). Using occupancy models of forest breeding birds to prioritize conservation planning. *Biological Conservation*, 142, 982–991.

Donovan, T. M., & Hines, J. (2007). Exercises in occupancy modeling and estimation. Consulté de <http://www.uvm.edu/envnr/vtcfwru/spreadsheets/occupancy/occupncy.htm>

Gond, V., Freycon, V., Molino, J.-F., Brunaux, O., Ingrassia, F., Joubert, P., Pekel, J.-F., et al. (2011). Broad-scale spatial pattern of forest landscape types in the Guiana Shield. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, (13), 357–367.

MacKenzie, D. I. (2006). Modeling the Probability of Resource use: The Effect of, and Dealing with, Detecting a Species Imperfectly. *Journal of Wildlife management*, 70(2), 367–374.

Mahood, S. P., Lees, A. C., & Peres, C. A. (2012). Amazonian countryside habitats provide limited avian conservation value. *Biodiversity and Conservation*, 21, 385–405. doi:10.1007/s10531-011-0188-8

Marchant, R. (2010). Understanding complexity in savannas: climate, biodiversity and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2, 101–108. doi:10.1016/j.cosust.2010.03.001

Mathieu, J. (2007). Quelques analyses simples avec R en écologie des communautés.

Mc Geogh, M. A., Van Rensburg, B. J., & Botes, A. (2002). The verification and application of bioindicators: a case study of dung beetles in a savanna ecosystem. *Journal of Applied Ecology*, 39, 661–672.

Meddour, R. (2011). La méthode phytosociologique stigmatiste ou Braun-blanketo-tüxenienne. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Algérie.

Montague-Drake, R. M., Lindenmayer, D. B., & Cunningham, R. B. (2009). Factors affecting site occupancy by woodland bird species of conservation concern. *Biological Conservation*, 142, 2896–2903.



ONF. (2010). Occupation du sol et dynamique foncière - Bande côtière de la Guyane Française 2001-2008. Expertise littoral (p. 30). ONF.

Plante, R., Frontier, S., Le Boeuff, P., & Reys, J.-P. (1983). Stratégies d'échantillonnages et fluctuations naturelles dans des écosystèmes benthiques. Deux exemples en milieu tropical. *Oceanologica Acta*, (N° SP), 153–157.

Program PRESENCE ver 2.3. (s. d.). Consulté de <http://www.mbr-pwrc.usgs.gov/software/doc/presence/presence.html>

Sberze, M., Cohn-Haft, M., & Ferraz, G. (2010). Old growth and secondary forest site occupancy by nocturnal birds in a neotropical landscape. *Animal Conservation*, 13, 3–11. doi:10.1111/j.1469-1795.2009.00312.x

Site d'esri france. (s. d.). Consulté de <http://www.esri.fr/fr/arcgis.aspx>

Site de présentation d'osgeo. (s. d.). Consulté de <http://www.osgeo.org/>

Site de présentation de gvSIG. (s. d.). Consulté de <http://www.gvsig.org/web/>

Site de présentation de qgis. (s. d.). Consulté de <http://www.qgis.org/>

Site de présentation du logiciel PAST. (s. d.). Consulté de <http://folk.uio.no/ohammer/past/>

Site internet du programme statistique R. (s. d.). Consulté de <http://www.r-project.org/>

Smith, K. M., Keeton, W. S., Donovan, T. M., & Mitchell, B. (2008). Stand-Level Forest Structure and Avian Habitat: Scale dependencies in Predicting Occurrence in a Heterogeneous Forest. *Forest Science*, 54(1), 36–46.

Werneck, F. P. (2011). The diversification of eastern South American open vegetation biomes: Historical biogeography and perspectives. *Quaternary Science Reviews*, 1–19.



## ANNEXES

### EXEMPLE DE FICHE DESCRIPTIVE DE MILIEU

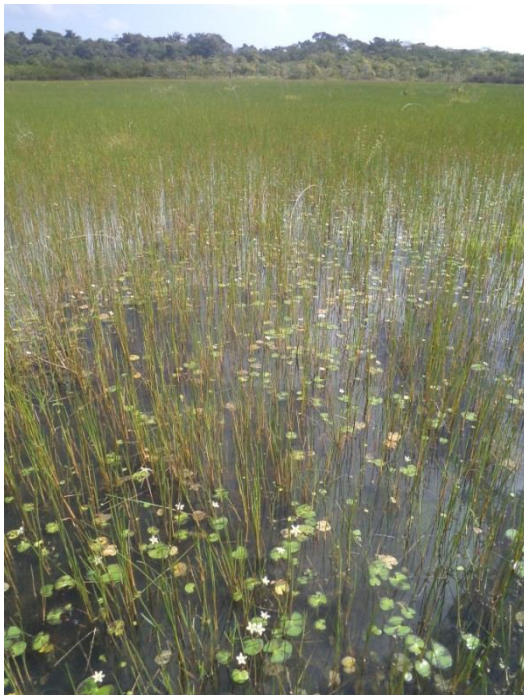
#### 1.1 Pripris à *Eleocharis interstincta*

Nombre de relevés : 3  
Nombre total d'espèces recensées : 25  
Nombre d'espèces constantes ou presque (présentes dans plus de 75% des relevés) : 4  
Indice de diversité spécifique : 0

Relevé moyen (moyenne sur l'ensemble des relevés) :  
Nombre d'espèces total : 12  
Indice de diversité structurelle de la végétation : 2,9

Nombre d'espèces par type biologique :

Plante aquatique : 2,7  
Herbe : 7,7  
Herbe sous-ligneuse : 2  
Liane herbacée :  
Liane ligneuse :  
Arbuste :  
Petit arbre (<10 m) :  
Grand arbre (> 10 m) :  
Hémi-épiphyte :  
Epiphyte :



Deux aspects des pripris à *Eleocharis interstincta*. a) Canceled, on aperçoit les nombreuses fleurs blanches de *Nymphoides indica* ; b) Trou-poisson.

**Description et identification :** formation marécageuse d'eau douce extrêmement caractéristique, hyper-dominée par une espèce de Scirpe, *Eleocharis interstincta*. Cette formation est en eau toute l'année y compris au creux de la saison sèche et la hauteur d'eau varie de quelques centimètres sur les bords à environ 70 cm (au-delà le couvert végétal ne comprend que des plantes aquatiques). Ce milieu est facile à identifier par l'aspect monospécifique de la dominance de l'*Eleocharis interstincta*, et par son inondation permanente.

**Diversité :** La biodiversité de cet habitat est remarquablement faible, seules 25 espèces y ont été recensées et en moyenne un relevé compte seulement 12 espèces (soit près de deux fois moins que le deuxième milieu le plus pauvre).

**Espèces caractéristiques :** en dehors d'*Eleocharis interstincta*, les autres espèces caractéristiques sont *Nymphoides indica*, *Aeschynomene pratensis* ou le riz sauvage *Oryza rufipogon*.

**Répartition :** Cette formation n'est que marginale dans les paysages de savane. Géographiquement, elle s'insère entre les mangroves et les grands pripris au Nord (plus proche de la mer) et la bande de savane au sens strict plus au Sud. Nous avons effectué deux relevés dans la savane de Trou-Poisson, et un à Canceled. Ces pripris sont répandus sur l'ensemble de la bande des savanes et on les retrouve frangeant bon nombre des savanes proches de la mer (Brigandin, Macouria, Maillard,...).

**Liens avec les autres habitats :** la grande distinction de cet habitat est bien mise en évidence dans l'AFC : c'est le seul habitat qui soit complètement distinct des autres. Il montre une certaine proximité avec les mares et fossés (1.2) qui est le seul autre habitat entièrement aquatique de notre typologie et avec les bas-fonds à buttes (2.1) qui de manière presque constante ceinture ces pripris.

**Liste d'espèce :**

Dans le tableau ci-dessous est présenté l'ensemble des espèces inventoriées classées par Famille puis espèces, et pour lesquelles ont a indiqué le type biologique ainsi que le nombre d'occurrences.

Alismataceae	<i>Sagittaria rhombifolia</i> Cham.	AQ	1
Araceae	<i>Montrichardia arborescens</i> (L.) Schott	HSL	1
Cyperaceae	<i>Cyperus haspan</i> L.	H	2
Cyperaceae	<i>Eleocharis interstincta</i> (Vahl) Roem. & Schult.	H	3
Cyperaceae	<i>Eleocharis mitrata</i> (Griseb.) C.B. Clarke	H	1
Cyperaceae	<i>Fuirena umbellata</i> Rottb.	H	2
Cyperaceae	<i>Rhynchospora holoschoenoides</i> (Rich.) Herter	H	3
Eriocaulaceae	<i>Eriocaulon melanocephalum</i> Kunth	AQ	1
Eriocaulaceae	<i>Tonina fluviatilis</i> Aubl.	H	1
Fabaceae	<i>Aeschynomene pratensis</i> Small var. <i>caribaea</i> Rudd	HSL	3
Hydroleaceae	<i>Hydrolea spinosa</i> L.	H	1
Lentibulariaceae	<i>Utricularia erectiflora</i> A. St.-Hil. & Girard	AQ	1
Marantaceae	<i>Thalia geniculata</i> L.	H	1
Mayaceae	<i>Mayaca</i> sp.	AQ	1
Melastomataceae	<i>Acisanthera bivalvis</i> (Aubl.) Cogn.	H	1
Menyanthaceae	<i>Nymphoides indica</i> (L.) Kuntze	AQ	3
Oenotheraceae	<i>Ludwigia nervosa</i> (Poir.) H. Hara	HSL	1
Oenotheraceae	<i>Ludwigia rigida</i> (Miq.) Sandwith	HSL	1
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus stipulatus</i> (Raf.) G.L. Webster	H	1
Plantaginaceae	<i>Bacopa reptans</i> (Benth.) Wettst. ex Edwall	AQ	1
Plantaginaceae	<i>Conobea aquatica</i> Aubl.	H	2
Poaceae	<i>Acroceras zizanioides</i> (Kunth) Dandy	H	1
Poaceae	<i>Oryza rufipogon</i> Griff.	H	2
Poaceae	<i>Paspalum geminatum</i> (Forssk.) Stapf	H	1
Poaceae	<i>Steinchisma laxa</i> (Sw.) Zuloaga	H	1



Au sein du programme LIFE+ Cap DOM une des actions pilotées localement par le GEPOG en Guyane concerne l'étude et la mise en place d'outils de gestion des savanes sèches sur le littoral du département.

L'action A4 associée avait pour objectifs d'établir un modèle de référence de savane en état de conservation et d'identifier des bioindicateurs.

L'étude, concentrée sur le centre littoral, a permis de mettre en place une typologie des milieux de savanes et d'analyser les liens potentiels entre les sols, les groupements végétaux et les populations aviaires et l'influence des activités humaines.