

!

Rapport final

Proposition d'outils d'aide à la décision afin de limiter les impacts de l'aménagement agricole sur la biodiversité guyanaise



© Benoit de Thoisy



Maïlis HUGUIN et Benoit de Thoisy
Association Kwata

Décembre 2016

LEXIQUE

SAU : Surface Agricole Utile

ONF : Office National des Forêts

ONCFS : Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage

CIRAD : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

DEAL : Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

GEPOG : Groupe d'Etude et de Protection des Oiseaux en Guyane

ZNIEFF : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique

IFL : Intact Forest Landscape

ROC : Receiver Operating Characteristic

AUC : Area Under the ROC Curve

I INTRODUCTION

Avant la fin de ce siècle, la population humaine va encore fortement s'accroître, notamment dans les pays tropicaux en développement, et devrait atteindre les 11 milliards d'individus (United Nations, 2014). Cette augmentation nécessitant de produire de plus grande quantité de nourriture et d'énergie, mène à l'expansion et l'intensification de l'agriculture qui menacent le maintien des services écosystémiques (Millenium Ecosystem Assessment, 2005). À terme cela pourrait empêcher les populations de répondre à leurs besoins alimentaires (Vörösmarty *et al*, 2010) et affecter également leur santé (Foresight Program, 2011). Dans ce contexte, la priorité est de mobiliser les acteurs politiques afin de favoriser une production alimentaire plus écologique et d'optimiser l'affectation des terres à la conservation ou à l'agriculture (Laurance *et al*, 2014 ; Chaplin-Kramer *et al*, 2015).

Les écosystèmes tropicaux portent la grande majorité de la diversité biologique (Myers *et al*, 2000), ils fournissent un grand nombre de produits naturels et de services notamment aux communautés locales (Grimes *et al*, 1994) et jouent des rôles clefs dans les cycles de l'eau et du carbone. La plupart d'entre eux sont perturbés par l'anthropisation des terres ainsi que par des pratiques agricoles inadéquates et polluantes (Erisman *et al*, 2016). Une des conséquences majeures de l'impact de l'homme sur les écosystèmes est la fragmentation des habitats (Haddad *et al*, 2015). Principale menace pour la survie des espèces (Hanski, 1998; Wilcove *et al*, 1998; Hilty *et al*, 2006), elle se caractérise par la perte de connectivité entre des parcelles d'habitats favorables. Cette fragmentation génère d'importants effets négatifs sur la biodiversité (Fahrig, 2003) : simplification des chaînes trophiques, modification des interactions entre espèces, réduction du nombre de spécialistes et du nombre d'espèces de grande taille, impact sur le succès de reproduction et de dispersion, sur le taux de prédation et sur le succès de chasse, ... (Beck *et al.*, 2013; Kurten, 2013 ; Ghanem & Voigt, 2014 ; Galetti *et al.*, 2015).

Les zones agricoles représentent un facteur particulièrement important de fragmentation de l'habitat et impactent de manière diverse les paysages et les écosystèmes, en provoquant notamment une perte et une modification des habitats, l'apparition d'un effet-lisière dans les zones adjacentes, la division et l'isolation des populations en agissant comme une barrière pour certaines espèces (Morton *et al*, 2006 ; Shaver *et al* 2015; Cleary *et al*, 2016). L'intensification agroindustrielle est en effet souvent accompagnée de réductions

significatives de la couverture forestière, de la biodiversité et de la connectivité et menace directement les espèces dépendantes de ces habitats (Harvey *et al*, 2008). Les paysages agricoles hétérogènes, comme les agrosystèmes, permettent eux de conserver des couvertures forestières importantes, de fournir des habitats complémentaires, des ressources ainsi qu'une connectivité pour les espèces locales (Courcoux, 2013). C'est pourquoi il est essentiel de mettre en place des aménagements qui maintiennent différents types d'habitats, conservent les connections entre des forêts intactes ainsi que de hautes complexité structurelle et floristique (Benton *et al*, 2003; Bennett *et al*, 2006).

Une des options qui permet d'améliorer la connectivité du paysage et de limiter les effets négatifs de la fragmentation est de préserver ou d'aménager des corridors écologiques. Les corridors écologiques terrestres sont des couvertures végétales généralement linéaires reliant deux habitats favorables comme des parcelles de forêts. De nombreuses études montrent que la présence de corridors au sein de terres agricoles assurent des conditions favorables aux déplacements des espèces animales et à l'accomplissement de leurs cycle de vie (Ibarra-Macias *et al*, 2011) et permettent de préserver la richesse spécifique locale (Ferreira *et al*, 2011; Pena-Cuellar *et al*, 2015).

En Guyane, les forêts sont en bonne état de conservation (Hansen *et al*, 2013), et recouvrent encore plus de 95% du territoire (Global Forest Watch, 2014). Malgré tout, environ 50 000 hectares de forêts ont été perdus sur l'ensemble du territoire entre 2001 et 2014, soit 0.8% par an en moyenne (Global Forest Watch, 2014) ; plus de 70 espèces guyanaises, faune et flore confondue, sont menacées (IUCN RedList, 2016), à la fois par la perte d'habitat (Hansen *et al*, 2013) mais aussi par le prélèvement pour certaines plantes et par les pressions de chasse pour plusieurs espèces animales (de Thoisy *et al*, 2009).

Le littoral est la région la plus peuplée et anthropisée du territoire guyanais, riche en biodiversité, il présente de forts enjeux de conservation comme le montre la présence de nombreuses ZNIEFFs ainsi que de quatre réserves naturelles. L'exemple des savanes sèches illustre bien ces enjeux: ce milieu singulier présent uniquement sur la bande côtière, ne représentent que 2% du territoire (Stier, 2012) et abritent cependant diverses espèces végétales et animales qui lui sont inféodées comme l'opossum-souris nain des savanes (*Cryptonanus* sp.) aujourd'hui classé en danger de disparition (de Thoisy & Huguin, 2017) notamment à cause de la fragmentation de son habitat.

En 2011, les surfaces agricoles représentaient 0,4% du territoire guyanais et 4,5% du littoral. Entre 2005 et 2011, ces surfaces ont augmenté de 36 %, soit 1500 hectares par an en moyenne (Expertise littorale, 2011). La Guyane est le seul département français dans lequel la SAU et le nombre d'exploitation agricoles augmentent. Les exploitations sont majoritairement implantées le long du fleuve Maroni et sur le littoral : 78 % sont concentrées dans la Communauté des Communes de l'Ouest Guyanais et mettent en valeur environ 60% de la SAU. Les structure des exploitations agricoles guyanaises est très hétérogène : quelques grandes exploitations mécanisées de plusieurs centaines d'hectares (d'élevage intensif principalement) côtoient environ 500 exploitations (maraichage et arboriculture intensifs) de 5 à 20 hectares et plus de 5000 petites exploitations familiales sur abattis qui font généralement moins de 5 hectares (PDRG 2014-2020).

Le Schéma d'Aménagement Régional de la Guyane adopté en octobre 2015 prévoit une enveloppe de 150 000 hectares dédiée à l'aménagement agricole pour les dix années à venir. Les besoins réels sont estimés à un tiers de cette enveloppe soit environ 60 000 hectares. Dans l'objectif de préserver les continuités écologiques, la DEAL Guyane a souhaité mettre en place une étude visant à proposer un outil d'aide à la décision qui permettrait de limiter les impacts de l'aménagement agricole sur la biodiversité en optimisant la répartition des parcelles agricoles sur les 150 000 hectares disponibles et en préservant les connexions entre les zones d'intérêts écologiques.

II MATERIEL ET METHODES

Un projet de préservation de la biodiversité dans la planification et l'aménagement agricole implique différentes étapes, et en premier lieu une appropriation de l'outil. Un comité de pilotage formé de Olivier Brunaux (ONF), Vincent Rufray (Biotope), Stéphane Guitet (CIRAD), Cécile Richard-Hansen (ONCFS), Régis Vigouroux (Hydreco), Sébastien Brosse (Université de Toulouse 3), Olivier Claessens (GEPOG), Olivier Tostain (Ecobios), Maël Dewynter (Fondation Biotope) et Anne Hervouet (DEAL) a été mis en place autour de ce projet.

Suite à la réunion du CoPil du 17 février 2016 (Annexes 4), il a été proposé et validé que la méthodologie serait la suivante :

- identifier les zones à préserver en priorité sur le littoral guyanais
- répartir les parcelles agricoles au sein des zones de moindres importances écologiques, l'idéal étant de limiter au maximum l'affectation de parcelles agricoles dans les *zones à préserver en priorité*.
- identifier les corridors à maintenir ou à aménager afin de préserver les continuités écologiques notamment lorsque des parcelles agricoles fragmentent des forêts à préserver en priorité.

Dans cette étude, une “*zone à préserver en priorité*” représente un habitat favorable à un large panel d'espèces, défini par des caractéristiques climatiques, biogéographiques et biologiques particulières ainsi que par un bon niveau de préservation.

Pour identifier ces zones d'importance écologique, un programme de modélisation de niche écologique (permettant, en s'appuyant sur des variables biogéographiques et des données de présence d'espèces, d'identifier les habitats favorables) et un programme de planification de la conservation ont été utilisés tandis que pour identifier les corridors à maintenir, un programme de connectivité des habitats a été choisi.

Plusieurs programmes sont disponibles pour mener ces types d'analyses (Baldwin *et al.*, 2014). Le choix s'est porté sur *MaxEnt* (<http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>) pour la modélisation de niche, sur *Zonation* (<http://cbig.it.helsinki.fi/software/zonation/download/>) pour la planification et *Circuit Scape* (<http://www.circuitscape.org/downloads>) pour la connectivité.

2.1. OPTIMISER LA REPARTITION DES PARCELLES AGRICOLES

2.1.1 IDENTIFICATION DES HABITATS FAVORABLES

A. PRINCIPE DE LA MODELISATION DE NICHE (SDM= SPECIES DISTRIBUTION MODELING)

Le programme de modélisation de niche choisi pour cette étude, *MaxEnt* (Phillips *et al.*, 2004), se base sur le principe de l'entropie maximale pour modéliser la probabilité d'occurrence d'une espèce qui peut être considérée comme un bon indicateur de la distribution des habitats plus et moins favorables (Clément *et al.*, 2014). Pour le résultat final attendu qui est de produire une telle projection, le programme a besoin des localisations précises où l'espèce a été observée sous forme de points de présence géoréférencés ainsi que d'un panel de variables environnementales et/ou biogéographique (température, pluviométrie, altitude, typologie végétale, perturbations, ...). Une variable environnementale est une couche d'information géographique dont la modalité (caractère unique décrivant la variable à un endroit donné) est disponible à l'échelle d'une maille. Plus le maillage d'une variable est fin, plus la variable est précise.

Dans un premier temps, le programme va superposer les différentes variables, chaque cellule est donc associée à autant de valeurs qu'il y a de variables et par conséquent, est définie par une combinaison de différentes caractéristiques environnementales. À ce panel de variables, le programme va superposer les points de présence ; de cette manière chaque point va pouvoir être associé à une cellule et aux caractéristiques de cette dernière. Ainsi *MaxEnt* apprend à quelles caractéristiques environnementales la présence de l'espèce est liée, et identifie la contribution de chaque variable.

Dans un second temps, le programme va identifier les cellules ayant les mêmes combinaisons de valeurs ou de valeurs proches que les cellules associées à un point de

présence et va pouvoir ainsi projeter une carte des habitats favorable (ensemble des zones ayant les caractères les plus proches de celles sur lesquelles l'espèce a effectivement été observée) aux habitats les moins favorable (zones regroupant les caractères non associées à des sites de détection de l'espèce en question). Ces habitats les moins favorables ne doivent pas être considérés comme des zones d'absence mais plutôt comme des zones où il y a, *a priori*, moins de probabilités de la rencontrer.

B. CHOIX DES ESPECES ET COLLECTE DES DONNEES DE PRESENCE

Dans un contexte de planification de la conservation de la biodiversité, le choix des espèces dépend de l'objectif et des spécificités de l'étude : des espèces clefs de voûte ou menacées pourront être choisies pour l'identification des zones de forte richesse et/ou à fort enjeu de conservation (zones protégées, ZNIEFF) tandis que des espèces de milieux ouverts et sensibles à la fragmentation pourront être sélectionnées pour l'aménagement d'un corridor entre deux savanes.

Dans le cas présent, il s'agit d'identifier les zones les plus favorables au maintien des populations forestières présentes sur le littoral, c'est pourquoi le CoPil a validé la proposition de modéliser la distribution de cinq communautés d'espèces indicatrices chacune représentée par une quinzaine d'espèces provenant de taxons différents (amphibiens, chiroptères, micro-mammifères, reptiles, et oiseaux) (Annexe 1). Dans cette étude, la communauté d'espèces est définie comme un ensemble d'espèces ayant des caractères bioécologiques et des sensibilités aux perturbations comparables.

Pour chaque espèce étudiée, il est nécessaire de réunir des points de présence géoréférencés uniformément distribués sur le territoire étudié (Syfert *et al.*, 2013) et en nombre suffisant. De nombreuses études attestent que dans certaines conditions, même un petit nombre de points de présence permet d'obtenir des résultats fiables (Pearson *et al.*, 2007; Shcheglovitova & Anderson, 2013) notamment avec le programme *MaxEnt*, cependant il est conseillé d'avoir au minimum 20 à 30 points (Wisz *et al.*, 2008 ; Mateo *et al.*, 2010).

C. CHOIX DES VARIABLE ENVIRONNEMENTALES

La sélection des variables doit être effectuée en fonction de la ou des espèces étudiées. Dans un premier temps, l'objectif est de choisir un large panel de variables dont on peut raisonnablement penser qu'elles ont un impact sur l'occurrence de l'espèce. Puis, dans un second temps, il s'agit d'évaluer leurs contributions au modèle, en effectuant une modélisation préliminaire. Cette étape permet d'affiner le choix des variables et ainsi d'identifier celles qui sont les plus explicatives sur l'hétérogénéité de la distribution. Pour cela, il est nécessaire de prendre en compte, d'une part les pourcentages de contribution et valeurs de permutation en favorisant les résultats les plus élevés, et d'autre part, les validations statistiques. Finalement, moins il y a de variables utilisées, plus l'analyse est puissante et plus le risque de biais est faible (Elith *et al.*, 2006). Il est donc conseillé de se limiter à un panel de variables pertinentes (Robert *et al.*, 2011) et de veiller à paramétrer l'analyse correctement (Norris, 2014).

Dans le cas présent, les variables environnementales utilisées ont une faible résolution avec des cellules de 500m de coté. Le panel de départ utilisé pour les analyses préliminaires sur les 5 taxons comportait 10 variables (Annexe 2). Finalement, 5 variables ont été sélectionnées pour chacun des taxons (Annexe 3).

Il est nécessaire de vérifier que le modèle généré est satisfaisant, ainsi il est conseillé de se référer à la valeur d'AUC ("area under the ROC curve") : plus cette valeur est proche de 1, plus le modèle est fiable (Swets, 1988 ; Bradley, 1997 ; Fielding *et al.*, 1997 ; Smith 2012). Les modèles ayant une AUC inférieure à 0.75 ne devraient pas être gardés (Elith, 2000). Néanmoins, les tests AUC peuvent parfois conduire à une interprétation erronée de la précision du modèle (Lobo *et al.*, 2008), ainsi l'hypothèse du modèle nul (Raes & Steege, 2007) peut être utilisée afin de tester les performances des prédictions. Par exemple, il est possible de générer 99 distributions aléatoires, de classer de manière décroissante les valeurs d'AUC ainsi obtenues en incluant la valeur du modèle étudié. Si cette dernière est supérieure ou égale à celle de la 5^{ème} valeur, il est considéré que la précision du modèle étudié est significativement plus élevée que celle générée par le hasard seul ($p < 0.05$).

Enfin, à ce stade exploratoire, il a été décidé de ne pas considérer les données qui influenceront les choix d'attribution des parcelles agricoles comme la qualité des sols, les

pentés, ou encore l'accessibilité. Le modèle va proposer un outil d'opportunités écologiques et de conservation, qui ne sera croisé que dans un second temps avec les contraintes et opportunités agricoles. Le modèle ne considèrera pas non plus les dispositifs réglementaires liés à l'aménagement agricole comme la loi sur le maintien des ripisylves par exemple.

2.1.2. IDENTIFICATION DES ZONES A PRESERVER EN PRIORITE

Le programme de planification de la conservation choisi pour cette étude, *Zonation* (Moilanen et al., 2005), est principalement conçu pour des analyses spatiales multi-espèces dans des grandes unités de paysage. Il utilise les informations de distribution de plusieurs caractéristiques de la biodiversité telles que les espèces, les types d'habitats ou les services écosystémiques pour établir une hiérarchisation du paysage en fonction des niveaux d'occurrence des caractéristiques de la biodiversité dans chaque maille. Pour cela il supprime itérativement les mailles proches les moins valables tout en tenant compte de la connectivité et de la complémentarité généralisée. L'algorithme de base de *Zonation* fonctionne à partir de l'hypothèse que tout le paysage est disponible pour la conservation, ce qui maximise également le potentiel de connectivité (Moilanen *et al*, 2005). Ensuite, l'algorithme rejette successivement l'élément du paysage (i.e. cellule) qui conduit à la plus petite perte de valeur de conservation agrégée sur toutes les caractéristiques, maximisant ainsi ce qui reste (Moilanen, 2007). La carte générée représente les zones à préserver en priorité sur le territoire, hiérarchisées en classes en fonction de leur qualité et donc de leur importance pour la biodiversité.

Dans le cas présent, les informations utilisées pour cette analyse spatiale basique sont les cartes de distributions générées par *MaxEnt* pour chaque taxon ainsi qu'une carte indiquant le niveau de conservation des habitats, établie grâce à l'index d'empreinte humaine (De Thoisy *et al.*, 2010).

2.2 PRESERVER LES CONTINUITES ECOLOGIQUES

Le programme de connectivité des habitats choisi pour cette étude, *Circuit Scape* (McRae, 2006), utilise la théorie des circuits pour prédire la connectivité entre des paysages hétérogènes en termes de mouvement individuel, de flux de gènes et de planification de la conservation. La théorie des circuits offre plusieurs avantages par rapport aux modèles de connectivité analytiques courants, notamment celui de proposer l'identification de plusieurs chemins potentiels. Les paysages sont représentés comme des surfaces conductrices, avec de faibles résistances assignées aux habitats les plus perméables aux mouvements ou favorisant le meilleur flux génétique, et de hautes résistances attribuées aux habitats ne permettant peu ou pas de dispersion (McRae, 2006 ; McRae *et al.*, 2008). Ainsi ce programme permet d'identifier les zones dans le paysage où l'espèce étudiée va le plus probablement passer et, par conséquent, l'emplacement adéquat pour le maintien ou la mise en place d'un corridor. Ce programme requiert deux types d'informations : l'identification d'une zone dite "source" et d'une zone dite de "destination" et d'une carte de conductance ou de résistance. Comme cela a été montré dans plusieurs études (Poor *et al.*, 2012 ; Farhadinia *et al.*, 2015), et y compris en Guyane (Clément *et al.* 2016), il est possible d'utiliser les cartes de modélisation de niches générées par *MaxEnt* comme carte de conductance dans *Circuit Scape*, ainsi les habitats favorables, c'est à dire les cellules ayant les plus grandes valeurs vont être interprétés par *Circuit Scape* comme des zones perméables et donc de conductance tandis que les habitats moins favorables avec des cellules de faibles valeurs vont être interprétés comme des zones de résistance.

Dans le cas présent, des zones à connecter ("source" et "destination") ont été choisies à titre d'exemple dans une région qui allie à la fois la présence de futures parcelles agricoles, des IFL (Intact Forest Landscapes; Potapov *et al.*, 2008) ainsi que des zones à préserver en priorité (cf. § 3.1).

III RESULTATS ET DISCUSSION

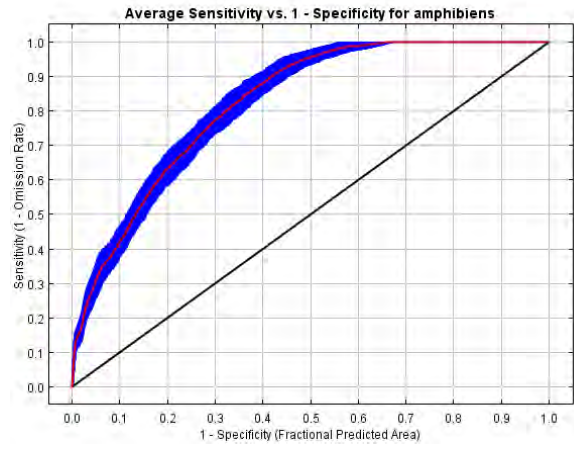
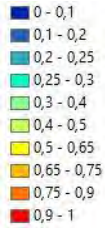
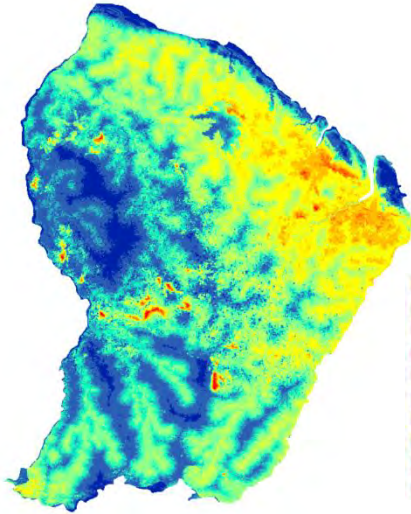
3.1 OPTIMISER LA REPARTITION DES PARCELLES AGRICOLES SUR LE LITTORAL

3.1.1 MODÉLISATION DE NICHES

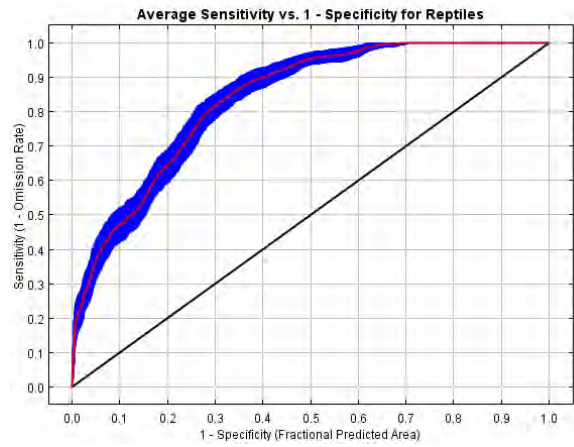
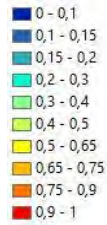
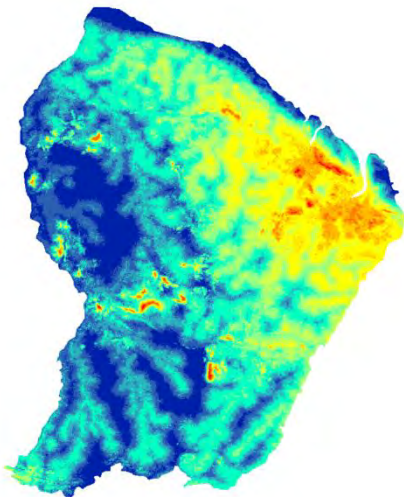
Les cartes de distributions de niche des cinq communautés étudiées reflètent une tendance générale montrant que le nord-est de la Guyane, ainsi que certains monts dans le centre et l'ouest, proposent des habitats favorables pour un large spectre d'espèces animales (Figure 1). Les courbes ROC présentées pour chaque projection, représentent la sensibilité (fréquence des "vraies présences") en fonction de la spécificité (fréquence des "fausses présences"). Chaque modèle montre une AUC supérieure à 0,8, indiquant une bonne robustesse de l'analyse des contributions de variables, et les résultats du test de l'hypothèse du modèle nul (Raes & Steege, 2007) montrent que la précision des modèles proposés est significative, ce qui permet de conclure que les cartes de prédiction de la qualité des habitats sont fiables.

Néanmoins, il est nécessaire d'interpréter ces résultats avec précaution. En effet, même si les données brutes sont, dans l'ensemble, bien réparties sur le territoire, il existe des régions non échantillonnées qui peuvent aussi biaiser et sensiblement modifier le résultat final. De plus, ces modèles utilisent les variables disponibles au moment des analyses. Ces dernières ont une précision de 500x500m, or pour l'objet de cette étude il serait plus approprié d'utiliser des variables plus fines de 30x30m par exemple. Finalement, les cartes projetées montrent la distribution de niche de communautés d'espèces et non d'une unique espèce. Ce qui signifie que, quelque soit le taxon, la carte montre les habitats favorables probables d'espèces indicatrices forestières de sous-bois et sensibles à la fragmentation et ne doit donc pas être interpréter espèce par espèce.

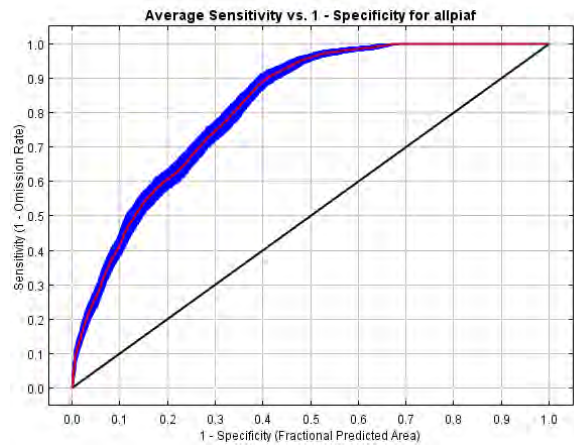
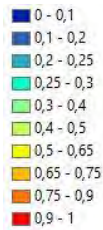
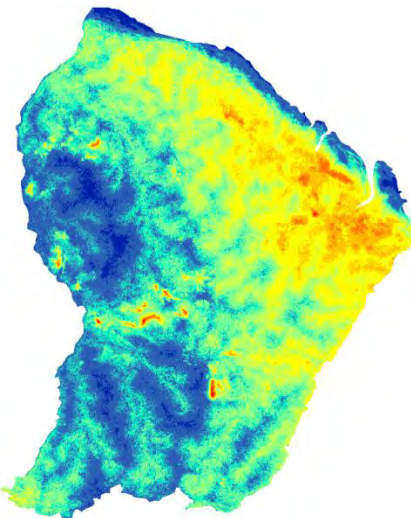
AMPHIBIENS



REPTILES



OISEAUX



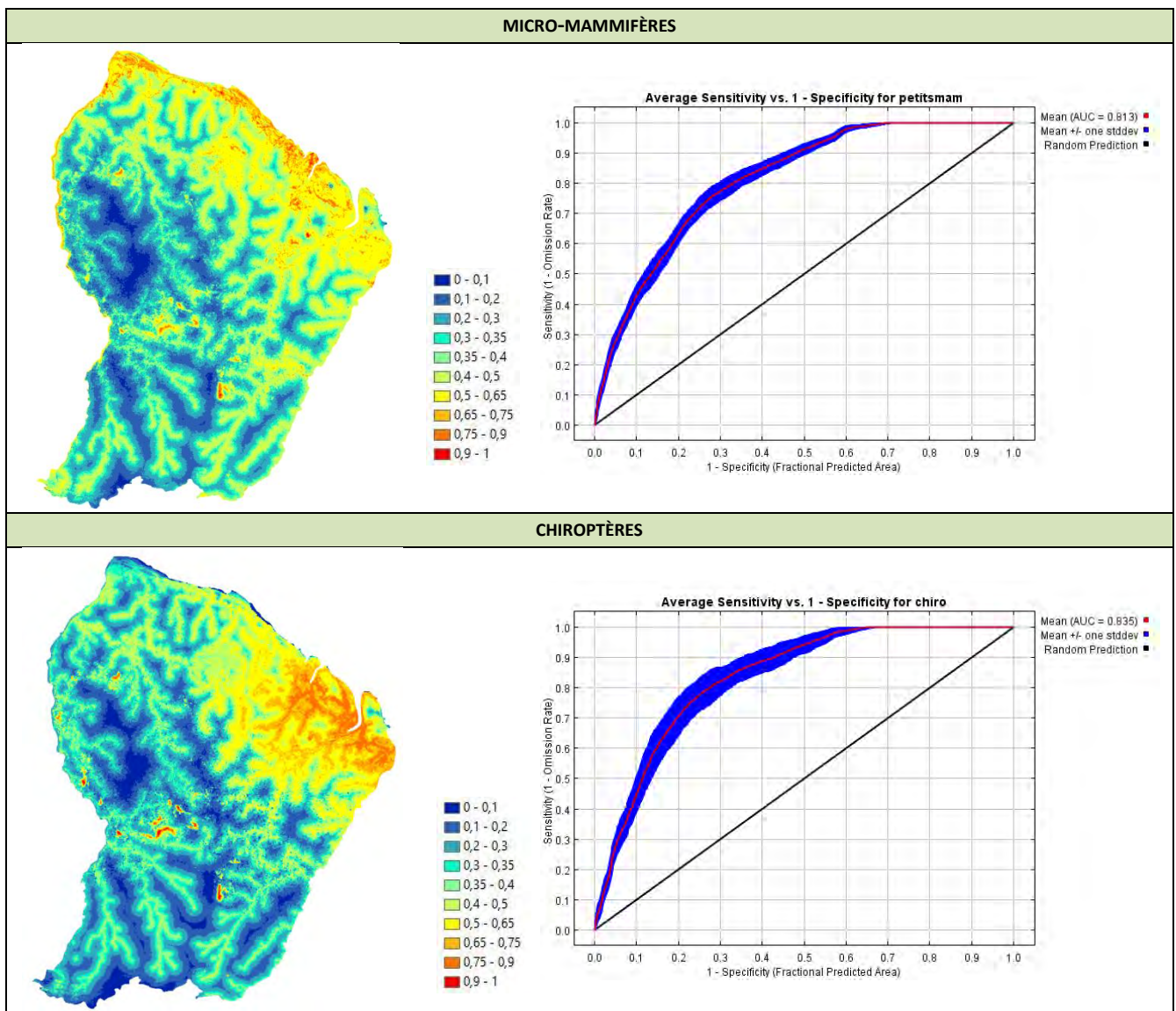


Figure 1. Carte de distributions des niches écologiques ainsi que les courbes ROC des cinq communautés d'espèces par MaxEnt.

3.1.2 IDENTIFICATION DES ZONES A PRESERVER EN PRIORITE

Les cartes de distributions de niches (Figure 1) ainsi que la carte de l'index de l'empreinte humaine (Annexe 2) ont permis de proposer une carte de hiérarchisation des enjeux de conservation (Figure 2). Cette carte montre que les *zones à préserver en priorité* sont en grande majorité présentes dans le nord-est du département bien que certains monts tels que Bellevue ou Galbao situés dans le centre et l'ouest de la Guyane fassent aussi partie des zones prioritaires à conserver.

Ce type de carte est un premier outil d'aide à la décision (Figure 3). En effet, la superposition de cette carte de priorisation aux zones dédiées à l'agriculture (SAR, 2015) montre que bon nombre de parcelles agricoles (existantes ou à venir) se trouvent dans des *zones à préserver en priorité* et notamment dans les 5% du territoire les plus importants à conserver. Cette carte montre par exemple que les parcelles agricoles à l'ouest de la Montagne Cacao, qui est déjà cernée par la route, l'isoleraient encore davantage des massifs forestiers environnants et empièteraient sur des zones d'habitats favorables. De la même manière, les parcelles dédiées à l'agriculture autour du bourg de Régina, notamment celles de l'autre côté du fleuve pourrait être implantées au détriment de zones de forêts favorables et jusque là bien préservées.

Bien qu'il existe des besoins réels en surfaces agricoles supplémentaires, ainsi qu'un certain nombre de contraintes réglementaires et édaphiques, imposant d'aménager de nouvelles parcelles agricoles sur des *zones à préserver en priorité*, l'objectif de l'approche est de proposer un outil permettant néanmoins de limiter au maximum ce type d'attribution sur des *zones à préserver en priorité* et de répartir les parcelles agricoles au sein des zones de moindres importances écologiques.

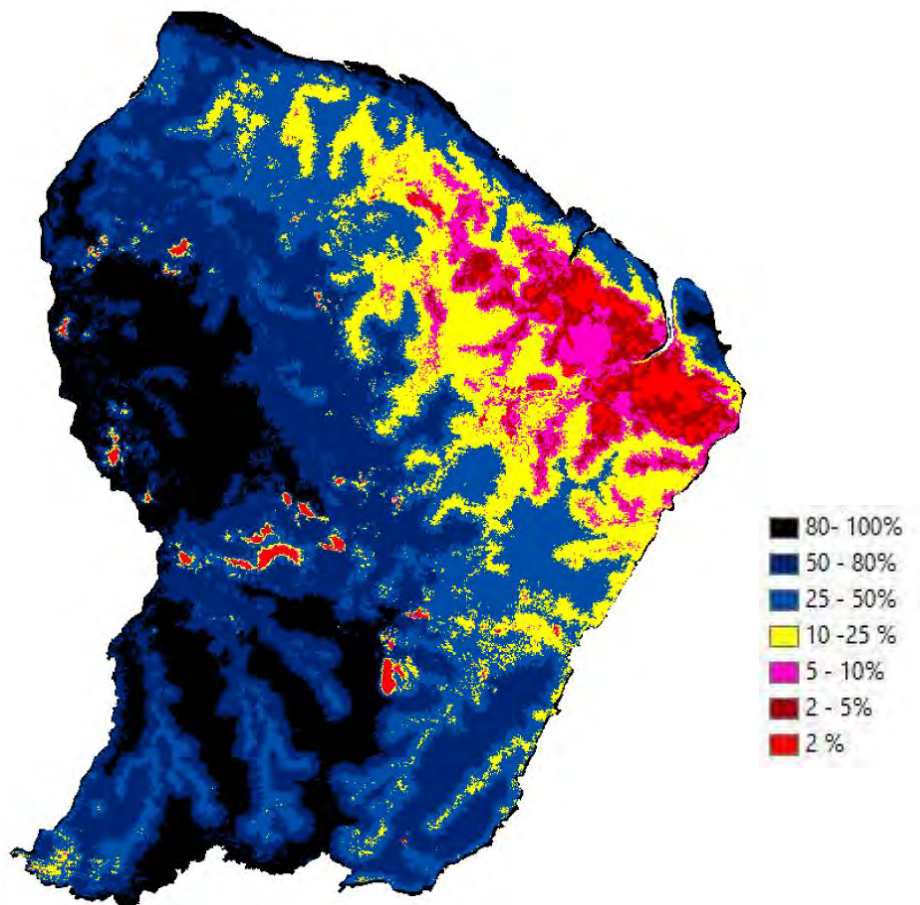


Figure 2. Carte de hiérarchisation de la conservation par Zonation.
 En rouge, les 2% du territoire à préserver en priorité; en rouge foncé , les 5 % du territoire à préserver en priorité, etc...

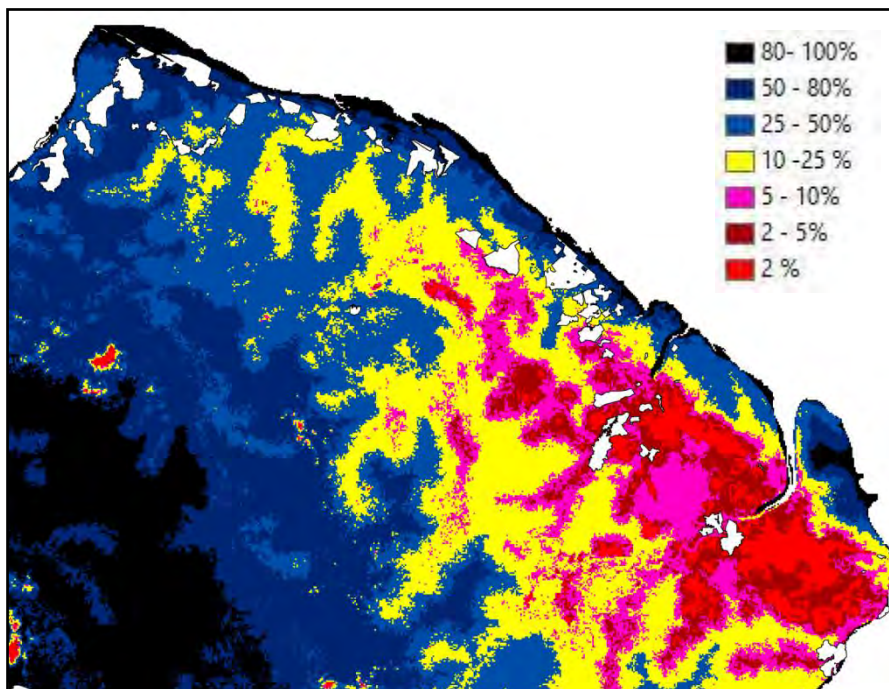


Figure 3. Superposition de la carte de hiérarchisation de la conservation et des zones actuelles ou futures dédiées à l'agriculture du SAR (en blanc).

3.2 PRESERVER LES CONTINUITES ECOLOGIQUES

Afin de préserver une connexion entre deux zones d'importance écologique et d'aménager ou maintenir un corridor, il est nécessaire d'identifier le chemin que les animaux vont le plus probablement empruntés. Le programme utilisé dans cette étude permet d'identifier ce trajet et de créer une carte le représentant. Pour illustrer cette étape, la région au sud-ouest de Kourou et du CSG a été choisie comme zone test. Cette dernière regroupe plusieurs caractéristique citées précédemment (cf. §2.2) : à l'heure actuelle, la forêt de cette région est située sur les 2 à 25 % des surfaces les plus importantes à préserver (Figure 4A) et il existe une bonne connectivité de la Montagne des Singes à la Montagne Plomb, notamment grâce à la présence de forêts intactes (IFL; Potapov *et al.*, 2008). Les IFL (Intact Forest Landscapes) représentent des étendues ininterrompues d'écosystèmes naturels dans la zone d'étendue forestière actuelle, ne montrant aucun signe d'activité humaine significative et suffisamment grande pour que toute la biodiversité autochtone puisse y vivre.

Néanmoins, si des parcelles devaient être attribuées à l'agriculture dans cette zone, les continuités écologiques pourraient être rompues (Figure 4B). C'est pourquoi, la Montagne des Singes a été désignée comme zone "source" et la Montagne Plomb comme zone de "destination" pour cet exemple.

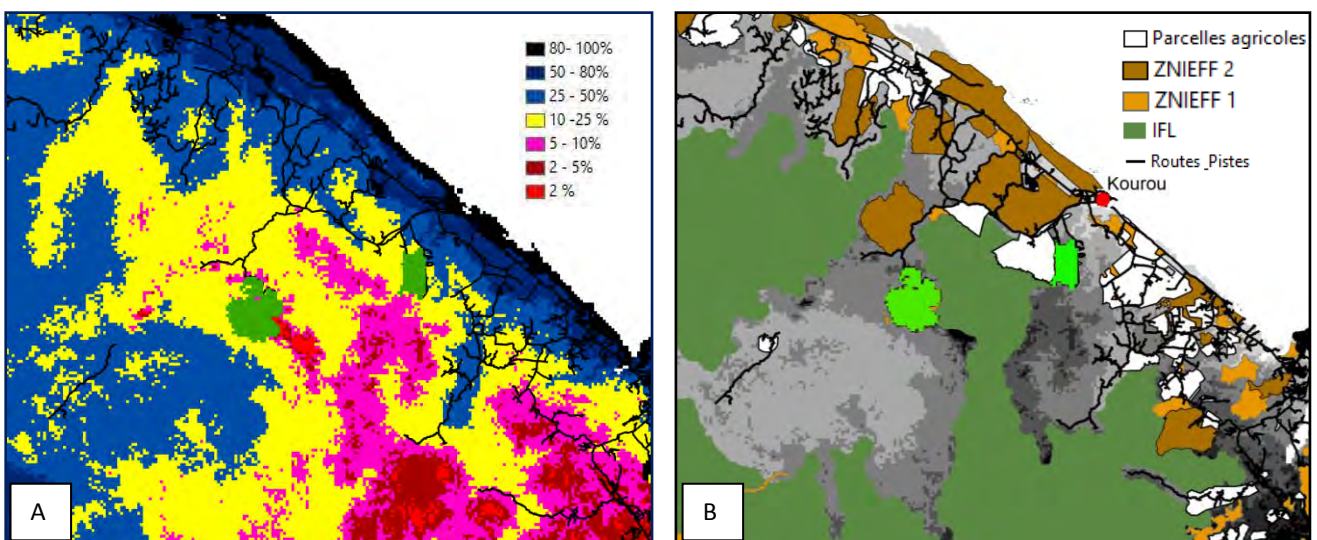
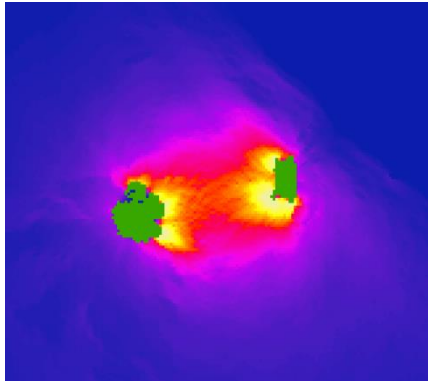


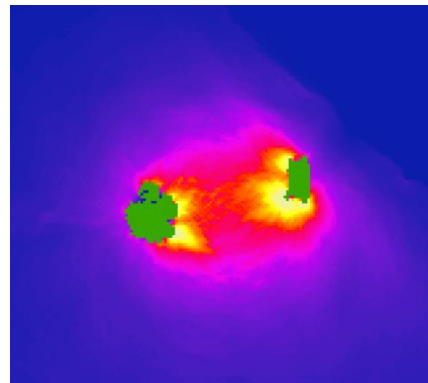
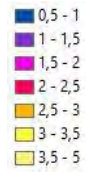
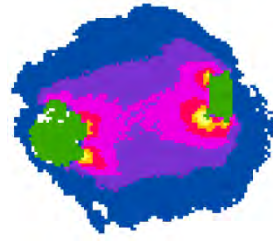
Figure 4. Exemple de région où la connexion est importante à maintenir. En vert clair, la zone "source" à droite (Montagne des singes) et la zone "destination" à gauche (Montagne plomb).

L'identification des corridors par *Circuit Scape* montre qu'il existe peu d'intensité de courant entre la Montagne des Singes et la Montagne Plomb, le passage entre les deux zones semble malgré tout plus probable pour les amphibiens, les oiseaux et les reptiles que pour les micro-mammifères et les chiroptères (Figure 5). Si la volonté était de conserver une connexion entre ces deux zones, il semblerait qu'un corridor devrait être maintenu au sein de la parcelle agricole accolée à la montagne des singes.

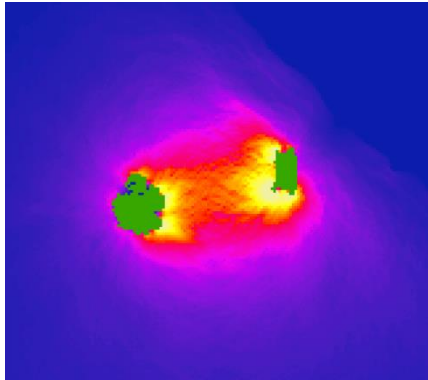
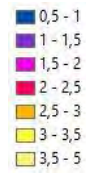
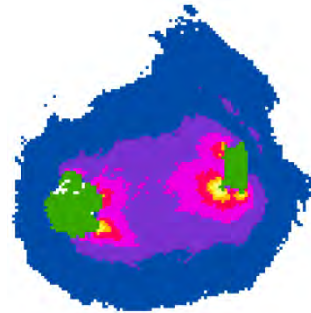
Cependant, il est nécessaire d'interpréter ces résultats avec précaution car les capacités de dispersion peuvent être différentes d'une espèce à l'autre et dépendent de différents paramètres (Hand *et al.*, 2014). De plus, d'autres facteurs que la favorabilité des habitats influent sur le trajet que vont emprunter les animaux notamment le type d'agriculture environnant ou encore les interactions avec les autres espèces (Martinez-Salinas & DeClerck, 2010 ; Christie & Knowles, 2015 ; Pardo Vargas *et al.*, 2016). D'autres programmes proposent l'identification de corridors, notamment *Zonation* qui, dans son analyse de priorisation, va favoriser et garder les cellules permettant de préserver la connectivité entre deux zones d'importance écologique (Poudzol & Moilanen, 2014 ; Snall *et al.*, 2016).



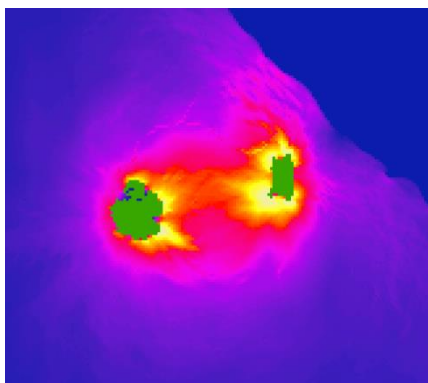
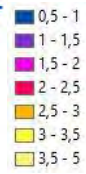
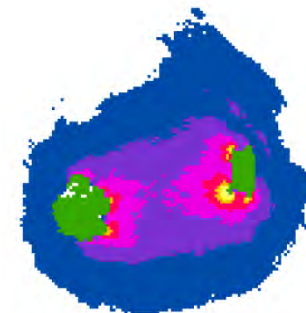
AMPHIBIENS



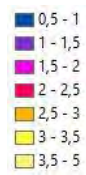
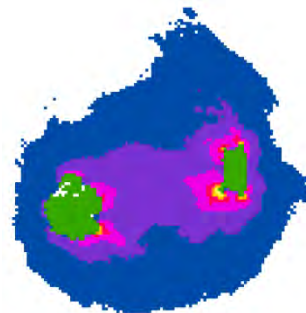
REPTILES



OISEAUX



MICRO-MAMMIFERES



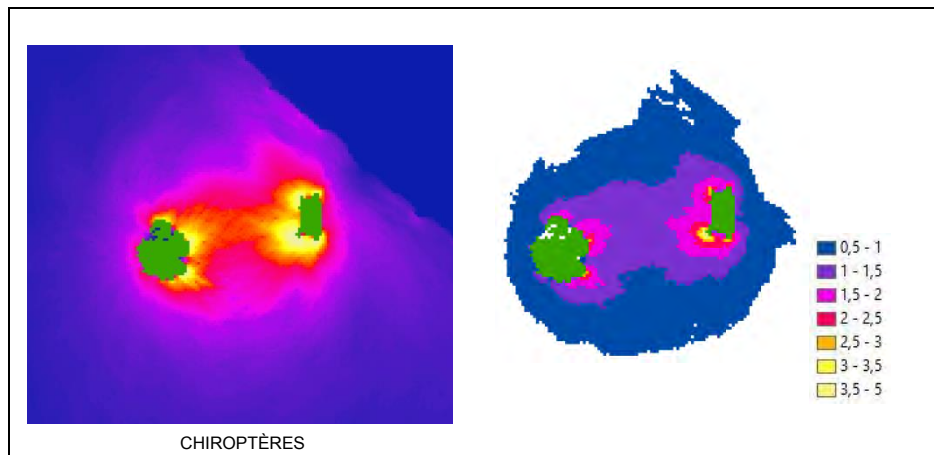


Figure 5. Probabilités de mouvement selon l'index de conductance (intensité du courant) entre la Montagne des singes (zone verte à droite) et la Montagne Plomb (zone verte à gauche) pour les cinq communautés de taxons.

IV CONCLUSION

Il est possible de limiter les impacts de l'aménagement agricole sur la biodiversité guyanaise de deux manières différentes : en optimisant la répartition des surfaces agricoles sur le territoire, ou bien, dans le cas où des parcelles devraient être aménagées sur des zones d'importance écologique, en maintenant des continuités écologiques. En effet, bien que la Guyane française fasse partie de ces rares endroits dans le monde où la forêt est encore majoritairement présente et bien préservée, sa bande côtière reste fortement anthropisée. L'agriculture mais aussi l'urbanisation tendent à fragmenter de plus en plus une région pourtant prioritaire dans la conservation de la biodiversité. C'est pourquoi restaurer les continuités forestières en reconstituant un réseau de corridor cohérent, notamment sur le littoral, est essentiel pour la survie des espèces animales en leur permettant de circuler avec un minimum de contraintes au sein de leur domaine vital. Cependant comme le préconisait Noss (1992) les corridors ne doivent pas se substituer à la préservation de grandes zones intactes ou à une gestion écologiquement responsable du paysage.

Cette approche propose un cheminement en 3 étapes

1) **identification des indicateurs de biodiversité** : dans ce cas de test, du fait de la diversité de leur rôle écologique et des bonnes indications attendues des dynamiques forestières (Clément et al. 2014), les communautés d'espèces forestières ont été proposées. Le modèle peut aussi se décliner avec des espèces aquatiques, des espèces à fort enjeu de conservation, etc...

2) **identification des zones à connecter et des enjeux de préservation**. Une approche mixte est proposée, avec des zones de richesse prédites (issues des modèles de niches) et des zones à valeur de conservation bien établies (type ZNIEFF et IFL). Là aussi, d'autres approches pourraient être proposées, par typologie d'habitat par exemple.

3) **identification des flux écologiques**, caractérisant les futurs corridors à maintenir. L'approche s'est volontairement affranchie des contraintes "hors biodiversité", telles que toutes celles liées à l'activité agricole elle-même (accessibilité, qualité des sols, dessertes routières, ...). Ces contraintes pourraient être rajoutées à ce stade de l'étude, en s'intégrant dans les modèles.

Cette méthodologie présente à chaque étape plusieurs avantages, et contraintes, et laisse aussi place à plusieurs améliorations, le tout résumé dans le tableau ci-dessous.

Etapes	Avantages	Limites	Amélioration
Communautés d'espèces	- Indicateurs d'un large panel d'espèce	- Moins précis	- Ajouter des points de présence dans des régions encore non inventoriées
Modélisation de niche (<i>MaxEnt</i>)	- Utilisation aisée	- Biais d'échantillonnage - Paramétrage	- Utiliser des variables plus fines
Hierarchisation du territoire (<i>Zonation</i>)	- Analyse simultanée de plusieurs caractéristiques	- Paramétrages complexes	- Ajouter des caractéristiques à l'analyse (services écosystémique, ...)
Flux écologique (<i>Circuit Scape</i>)	- Utilisation de carte de conductance (en plus de résistance)	- Interprétation des résultats délicates	- Utilisation en parallèle de Zonation pour identification corridor

À l'instar du Suriname (Latawiec, 2014), il serait intéressant de soutenir le développement d'un secteur agricole écologique et durable en Guyane (EC, 2012). En effet les questions

de continuités écologiques pourraient ne pas se poser si des pratiques agricoles favorisant la diversité et le couvert forestier étaient mises en place à grande échelle sur le territoire permettant ainsi d'augmenter le rendement économique du secteur agricole et de bénéficier d'une protection durable des ressources naturelles (Latawiec, 2014). Ainsi l'optimisation du rendement des terres cultivées déjà existantes grâce à l'agroforesterie ou la permaculture par exemple (Suh, 2014), permettrait de limiter considérablement l'impact sur l'environnement et la biodiversité (Tilman *et al.*, 2011).

BIBLIOGRAPHIE

- Anderson R P and J R Israel Gonzalez (2011). Species-specific tuning increases robustness to sampling bias in models of species distributions: An implementation with Maxent. *Ecological Modelling*, 222 : 2796-2811
- Baldwin R, R Scherzinger, D Lipscomb, M Mockrin, and S Stein (2014). Planning for land use and conservation: Assessing GIS-based conservation software for land use planning. Res. Note RMRS-RN-70. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 33 p.
- Bennett A F, J Q Radford, and A Haslem (2006). Properties of land mosaics: implications for nature conservation in agricultural environments. *Biological Conservation* 133 : 250–264.
- Benton T G, J A Vickery, and J D Wilson (2003). Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology & Evolution* 18 : 182–188.
- Bradley A P (1997). The use of the area under the ROC curve in the evaluation of machine learning algorithms. *Pattern Recognition Letter* 30 : 1145-1159.
- Christie M R and Knowles L L (2015). Habitat corridors facilitate genetic resilience irrespective of species dispersal abilities or population sizes. *Evol Appl*, 8 : 454-463.
- Cleary K, L P Waits and B Finegan (2016). Agricultural intensification alters bat assemblage composition and abundance in a dynamic Neotropical landscape. *Biotropica* DOI: 10.1111/btp.12327
- Clément L, F Catzeflis, C Richard-Hansen, S Barrioz and B de Thoisy (2014). Conservation interests of applying spatial distribution modelling to large vagile neotropical mammals. *Tropical Conservation Science* 7 : 192-213.
- Courcoux G (2013). Les agrosystèmes : des réservoirs de biodiversité à valoriser. *Actualité Scientifique, IRD N°425*
- de Thoisy B, C Richard-Hansen and C A Peres (2009). Impacts of subsistence game hunting on Amazonian primates. Springer, *South American Primates: Comparative Perspectives in the Study of Behavior, Ecology, and Conservation (Developments in Primatology: Progress and Prospects)*. 564p.
- de Thoisy B, Richard-Hansen C, Goguillon B, Joubert P, Obstancias J, Winterton P, et al. (2010) Rapid evaluation of threats to biodiversity: human footprint score and large vertebrate species responses in French Guiana. *Biodiversity and Conservation* 19: 1567 - 1584.
- EC (2012). European Commission. Sustainable agriculture for the future we want. <http://ec.europa.eu/agriculture>
- Elith J, C H Graham, R P Anderson, M Dudík, S Ferrier, A Guisan, J R Hijmans, F R Huettmann, J Leathwick, A Lehmann, J Li, L G Lohmann, B A Loiselle, G Manion, C Moritz, M Nakamura, Y Nakazawa, J McC M Overton, A Townsend Peterson, S J Phillips, K Richardson, R Scachetti-Pereira, R E Schapire, J Soberón, S Williams, M S Wisz and N E Zimmermann (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29: 129–151.

- Elith J (2000). Quantitative Methods for Modeling Species Habitat: Comparative Performance and an Application to Australian Plants. Springer pp39-58 doi: 10.1007/0-387-22648-6_4
- Erisman J W, N van Eekeren, J de Wit, C Koopmans, W Cuijpers, N Oerlemans and B J Koks (2016). Agriculture and biodiversity : a better balance benefits both. Aims press Agriculture and Food 1.
- Fahrig L (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. Annual review of ecology, evolution, and systematics, 487-515.
- Fayad I, Baghdadi N, Bailly JS, Barbier N, Gond V, El Hajj M, et al. (2014) Canopy height estimation in French Guiana using LiDAR ICESat/GLAS data using principal component analysis and random forest regressions. Remote Sensing 6: 11883 - 11914.
- Fielding A H and J F Bell (1997) A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/ absence models. Environmental Conservation 24: 38-49
- Foresight Program (2011). The Future of Food and Farming: Challenges and Choices for Global Sustainability (Government Of the United Kingdom Science, London).
- Galetti M, R Guevara, C L Neves, R R Rodarte, R S Bovendorp, M Moreira, J B Hopkins III, J D Yeakel (2015). Defaunation affects the populations and diets of rodents in Neotropical rainforests, Biological Conservation 190:2-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2015.04.032>.
- Global Forest Watch (2014). World Resources Institute. Consulté le 27/10/2016. www.globalforestwatch.org.
- Grimes A, S Loomis, P Jahnige, M Burnham, K Onthank, R Alarcón, W P Cuenca, C C Martinez, D Neill, M Balick, B Bennett and R Mendelsohn (1994). Valuing the Rain Forest: The Economic Value of Nontimber Forest Products in Ecuador. *Ambio*, 23(7), 405-410.
- Guitet S, Hérault B, Molto Q, Brunaux O, Coueron P. (2015) Spatial structure of above-ground biomass limits accuracy of carbon mapping in rainforest but large scale forest inventories can help to overcome. *PLoS ONE* 2015; 10: e0138456.
- Haddad N M, L A Brudvig, J Clobert, K F Davies, A Gonzalez, R D Holt, T E Lovejoy, Jos O Sexton, M P Austin, C D Collins, W M Cook, E I Damschen, R M Ewers, B L Foster, C N Jenkins, A J King, W F Laurance, D J Levey, C R Margules, B A Melbourne, A O Nicholls, J L Orrock, D-X Song, J R Townshend (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems . *Science Advances* 1:2 e1500052
- Hand B K, S A Cushman, E L Landguth and J Lucotch (2014). Assessing multi-taxa sensitivity to the human footprint, habitat fragmentation and loss by exploring alternative scenarios of dispersal ability and population size: a simulation approach. *Biodivers Conserv* 23: 2761.
- Hanski I K (1998). Metapopulation dynamics. *Nature* 396:41–49.
- Hilty J A, W Z Lidicker Jr, and A M Merenlender (2006). Corridor ecology. The science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation. Island Press, Washington.
- Huguin M and B de Thoisy B (2017). Liste rouge des mammifères non-volants de Guyane. IUCN France / DEAL Guyane / Museum National d'Histoire Naturelle.
- IUCN Red List (2016). Table 5 : Threatened species in each country (totals by taxonomic group). Consulté en octobre 2016. http://www.iucnredlist.org/about/summary-statistics#Tables_5_6.

Kurten E L (2013). Cascading effects of contemporaneous defaunation on tropical forest communities, *Biological Conservation*, 163:22-32

Latawiec A E, B B N Strassburg, A M Rodriguez, E Matt, R Nijbroek and M Silos (2014). Suriname : Reconciling agricultural development and conservation of unique natural wealth. *Land use policy* 38:627-636

Laurance W F, J Sayer, G K Cassman (2014) Agricultural expansion and its impacts on tropical nature. *Trends in Ecology & Evolution* , 29: 107 - 116

Lobo J M, A Jiménez-Valverde and R Real (2008). AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global Ecology and Biogeography* 17:145-151.

Martínez-Salinas A and F DeClerck (2010). El papel de los agroecosistemas y bosques en la conservación de aves dentro de corredores biológicos. The role of agroecosystems and forests in the conservation of birds within biological corridors. *Mesoamericana* 14(3): 35-51.

Mateo R G, A M Felicísimo, and Muñoz, J. (2010) Effects of the number of presences on reliability and stability of mars species distribution models: The importance of regional niche variation and ecological heterogeneity. *Journal of Vegetation Science*, 21, 908-922

McRae B H (2006). Isolation by resistance. *Evolution* 60:1551-1561.

McRae B H, B G Dickson, T H Keitt and V B Shah (2008). Using circuit theory to model connectivity in ecology and conservation. *Ecology* 10: 2712-2724.

Millenium Ecosystem Assessment (2005) *Ecosystems and Human Well-Being. Current Status and Trends: Findings of the Condition and Trends Working Group* (Millenium Ecosystem Assessment, Washington, DC)

Moilanen A, A M A Franco, R Early, R Fox, B Wintle and C D Thomas (2005). Prioritising multiple use landscapes for conservation: methods for large multi species planning problems. *Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.*, 272: 1885-1891. Doi: 10.1098/rspb.2005.3164

Moilanen A (2007). Landscape Zonation, benefit functions and target-based planning. Unifying reserve selection strategies. *Biological Conservation*, 134: 571-579.

Morton D C, R S Defries, Y E Shimabukuro, L O Anderson, E Arai, F Espirito-Santo, R Freitas and J T Morisette (2006). Cropland Expansion Changes Deforestation Dynamics in the Southern Brazilian Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103(39):14637-41 DOI: 10.1073/pnas.0606377103

Myers N, R A Mittermeier, C G Mittermeier, G A B da Fonseca & J Kent (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403, 853-85.

Noss RF (1992) *The wildlands project: land conservation strategy*. *Wild earth* (special issue), 10–25.

Obregon A, Gehrig-Downie C, Gradstein R, Bendix J (2015) The potential distribution of tropical lowland cloud forest as revealed by a novel MODIS-based fog/low stratus night-time detection scheme. *Remote Sensing of Environment* 155 : 312 – 324

Pardo Vargas L E, M V Cove, R M Spinola, J C de la Cruz and J C Saenz (2016). Assessing species traits and landscape relationships of the mammalian carnivore community in a neotropical biological corridor *Biodivers Conserv* 25: 739

Pearson R G, C J Raxworthy, M Nakamura and A Townsend Peterson (2007). Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: A test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*, 34, 102-117

Phillips S J, M Dudík and R E Schapire (2004). A maximum entropy approach to species distribution modeling. In *Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning*, pages 655-662.

Programme de développement Rural de la Guyane 2014-2020

Potapov P, A Yaroshenko, S Turubanova, M Dubinin, L Laestadius, C Thies, D Aksenov, A Egorov, Y Yesipova, I Glushkov, M Karpachevskiy, A Kostikova, A Manisha, E Tsybikova, I Zhuravleva (2008). Mapping the World's Intact Forest Landscapes by Remote Sensing. *Ecology and Society*, 13 (2)

Raes N and H Steege (2007). A null-model for significance testing of presence-only species distribution models. *Ecography* 30:727-736

Schéma d'Aménagement Régional de la Guyane, 2015. La région Guyane.

Shcheglovitova M and R P Anderson (2013). Estimating optimal complexity for ecological niche models: a jackknife approach for species with small sample sizes." *Ecological Modelling* 269 : 9-17.

Smith A B (2012). *An Introduction to Best Practices in Species Distribution Modeling*. Kansas State University

Shaver I, A Chain-Guadarrama, K Clearly, A Sanfiorenzo, R J Santiago-Garcia, B Finegan, L M Hormel, N Sibelet, L A Vierling, N A Bosque-perez, F Declerck, M E Fagan & L P Waits (2015). Coupled social and ecological outcomes of agricultural intensification in Costa Rica and the future of biodiversity conservation in tropical agricultural regions. *Global Environmental Change* 32, DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2015.02.006

Stier A (2012). Document de synthèse de l'action A4 « savanes » du programme LIFE+Cap DOM. http://www.gepog.org/sites/default/files/fichiers/act_sci/life/Rapport%20final%20A4.pdf

Suh J (2012). Towards sustainable agricultural stewardship : evolution and future directions of the permaculture concept. *Environmental values* 23 : 75-98.

Swets (1988) Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science* 240:1285-1293

Syfert M M, M J Smith and D A Coomes (2013). Correction: The Effects of Sampling Bias and Model Complexity on the Predictive Performance of MaxEnt Species Distribution Models. *PLOS ONE* 8(7): 10.1371

Tilman D, C Balzer, J Hill, and B L Befort (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture *PNAS* 108 (50) : 20260-20264; doi:10.1073/pnas.1116437108

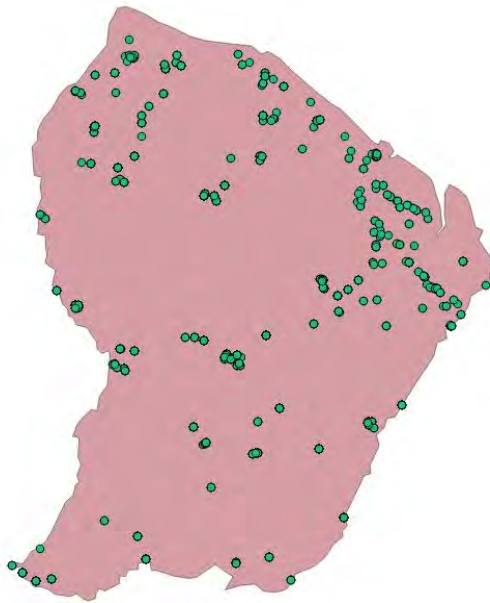
United Nations (2013). *World Population Prospects : The 2012 Revision*, United Nations, Population Division

Vörösmarty C J, P B McIntyre, M O Gessner, D Dudgeon, A Prusevich, P Green, S Glidden, S E Bunn, C A Sullivan, C Reidy Liermann and P M Davies (2010) Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* 467(7315):555 – 561

Wilcove D S, D Rothstein, J Dubow, A Phillips and E Losos (1998). Quantifying threats to imperiled species in the United States. *BioScience* 48:607–615.

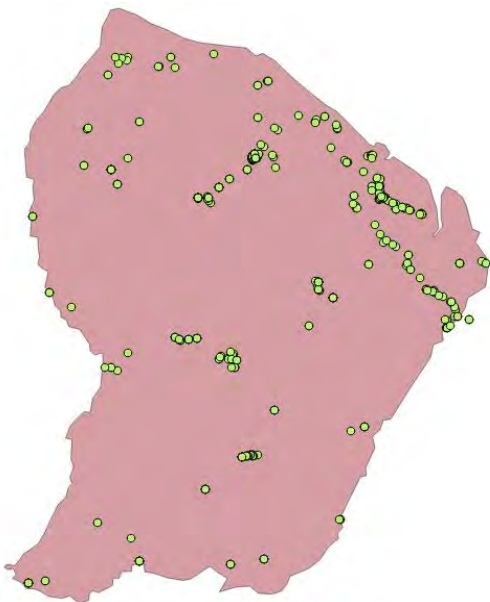
Wisz M S, R J Hijmans, J Li, A T Peterson, C H Graham, A Guisan and N.P.S.D.W. Group (2008) Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Diversity and distributions*, 14, 763 – 773

ANNEXE 1: OCCURRENCES DES ESPECES ETUDIEES



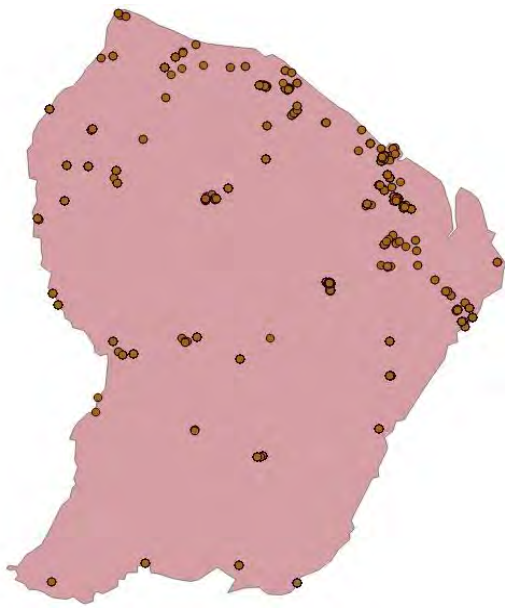
Espèces sélectionnées
<i>Adenomera heyeri</i>
<i>Allobates granti</i>
<i>Ameerega hahneli</i>
<i>Anomaloglossus baeobatrachus</i>
<i>Anomaloglossus degranvillei</i>
<i>Anomaloglossus surinamensis</i>
<i>Atelopus flavescens</i>
<i>Leptodactylus rhodomystax</i>
<i>Pristimantis gutturalis</i>
<i>Pristimantis inguinalis</i>
<i>Rhaebo guttatus</i>
<i>Rhinella lescurei</i>

Distribution des points de présence et détails des espèces **D'AMPHIBIENS** utilisés dans cette étude.
Données brutes fournies par Maël Dewynter (Fondation Biotope).



Espèces sélectionnées
<i>Alopoglossus angulatus</i>
<i>Arthrosaura kockii</i>
<i>Arthrosaura versteegii</i>
<i>Cercosaura sp.</i>
<i>Dactyloapunctata</i>
<i>Chatogekko amazonicus</i>
<i>Dendrophidion dendrophis</i>
<i>Iphisa elegans</i>
<i>Lepidoble pharisheyerorum</i>
<i>Taeniophallus brevirostris</i>
<i>Taeniophallus nicagus</i>
<i>Tretioscincus agilis</i>
<i>Xenopholis scalaris</i>
<i>Leposoma guianense</i>

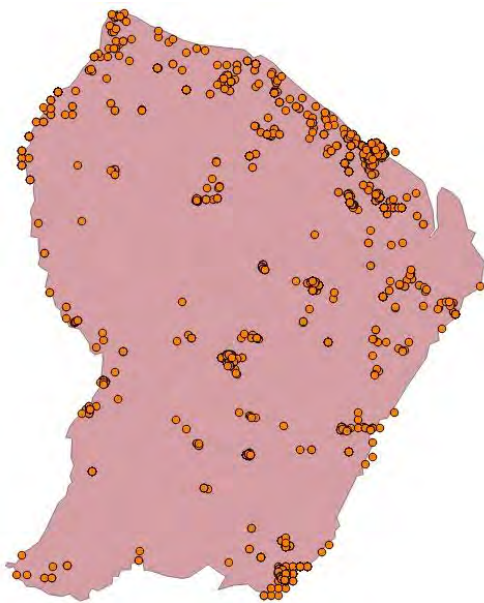
Distribution des points de présence des espèces de **REPTILES** utilisés dans cette étude.
Données brutes fournies par Maël Dewynter (Fondation Biotope).



Espèces sélectionnées	
<i>Chiroderma trinitatum</i>	
<i>Chiroderma villosum</i>	
<i>Chrotopteru sauritus</i>	
<i>Lonchophylla thomasi</i>	
<i>Lophostoma silvicolum</i>	
<i>Mesophylla macconnelli</i>	
<i>Micronycteris microtis</i>	
<i>Mimon crenulatum</i>	
<i>Phylloderma stenops</i>	
<i>Phyllostomus elongatus</i>	
<i>Phyllostomus hastatus</i>	
<i>Rhinophylla pumilio</i>	
<i>Sturnira tildae</i>	
<i>Tonatia saurophila</i>	
<i>Uroderma bilobatum</i>	

Distribution des points de présence et détails des espèces de **CHIROPTERES** utilisés dans cette étude.

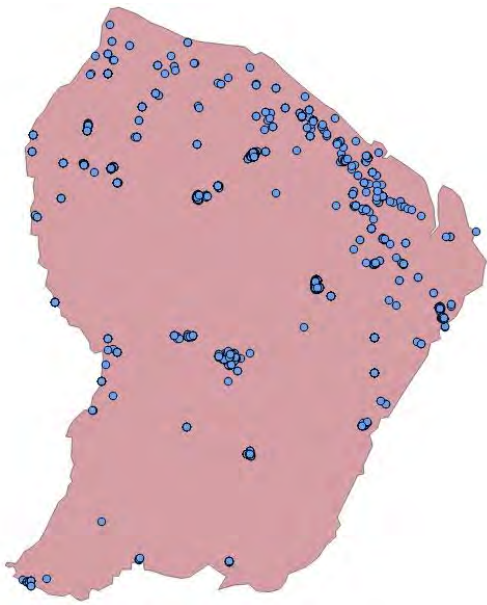
Données brutes fournies par Maël Dewynter (Fondation Biotope).



Espèces sélectionnées	
<i>Coendou melanurus</i>	<i>Marmosops parvidens</i>
<i>Coendou prehensilis</i>	<i>Marmosops pinheiroi</i>
<i>Hylaeamys megacephalus</i>	<i>Monodelphis touan</i>
<i>Hylaeamys yunganus</i>	<i>Oecomys auyantepui</i>
<i>Myoprocta acouchy</i>	<i>Oecomys bicolor</i>
<i>Micoureus demerarae</i>	<i>Oecomys rutilus</i>
<i>Makalata didelphoides</i>	<i>Proechimys cuvieri</i>
<i>Mesomys hispidus</i>	<i>Proechimys guyannensis</i>
<i>Marmosa murina</i>	<i>Sciureus aestuans</i>
<i>Metachirus nudicaudatus</i>	<i>Sciureus pusillus</i>

Distribution des points de présence et détails des espèces de **MAMMIFERES** utilisés dans cette étude.

Données brutes fournies par l'association Kwata.

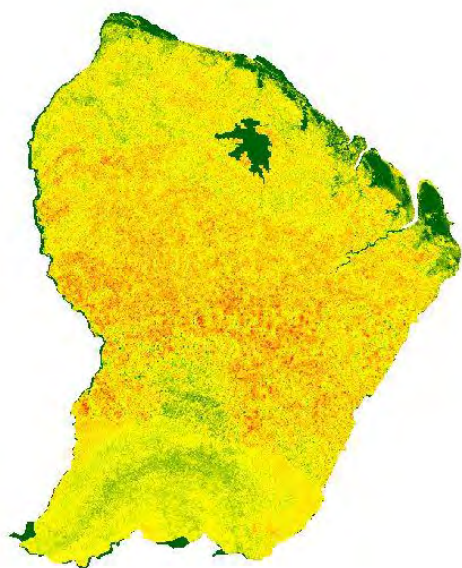


Espèces sélectionnées
<i>Certhiasomus tictolaemus</i> Cy
<i>phorhinus arada</i>
<i>Deconychura longicauda</i> Form
<i>icarius colma</i>
<i>Hylopezus macularius</i>
<i>Isleriaguttata</i>
<i>Microbatas collaris</i>
<i>Myrmornis torquata</i>
<i>Platyrynchus coronatus</i>
<i>Sclerurus caudacutus</i>
<i>Sclerurus mexicanus</i>
<i>Sclerurus rufifigularis</i>
<i>Lepidothrix serena</i>

Distribution des points de présence et détails des espèces D'OISEAUX utilisés dans cette étude.

Données brutes fournies par Olivier Claessens (GEPOG)

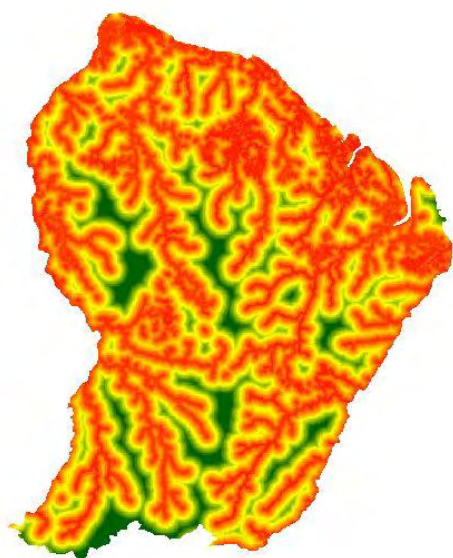
ANNEXE 2 : VARIABLES ENVIRONNEMENTALES



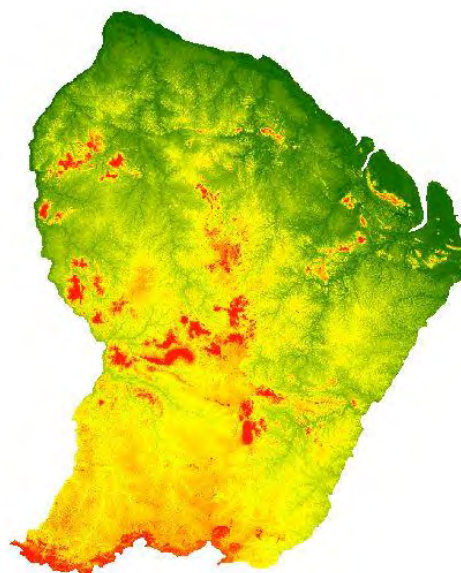
Variable CANOPÉE : Variable représentant la **hauteur de la canopée** en Guyane française où les cellules en rouges représentent les zones les plus hautes et les cellules en vertes les zones les plus basses. *Source: Fayad et al. 2016*



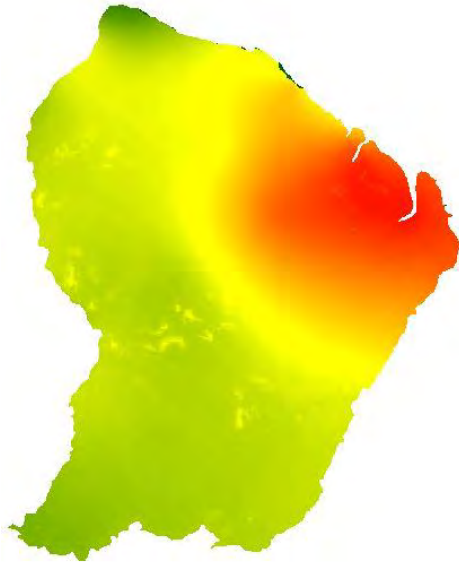
Variable DISTFORET : Variable représentant la **distance à la forêt** en Guyane française où les cellules en rouges représentent les zones proches de la forêt et les cellules en vertes les zones les plus éloignées. *Source: M. Dewynter data pers.*



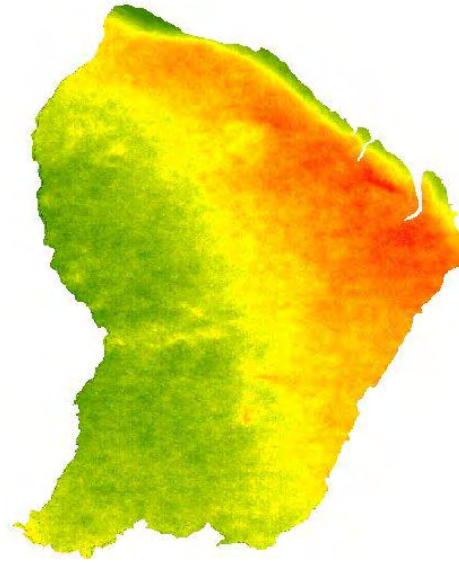
Variable DISTFLEUVE : Variable représentant la **distance aux fleuves** en Guyane française où les cellules en rouges représentent les zones proches des fleuves et les cellules en vertes les plus éloignées. *Source: M. Dewynter data pers.*



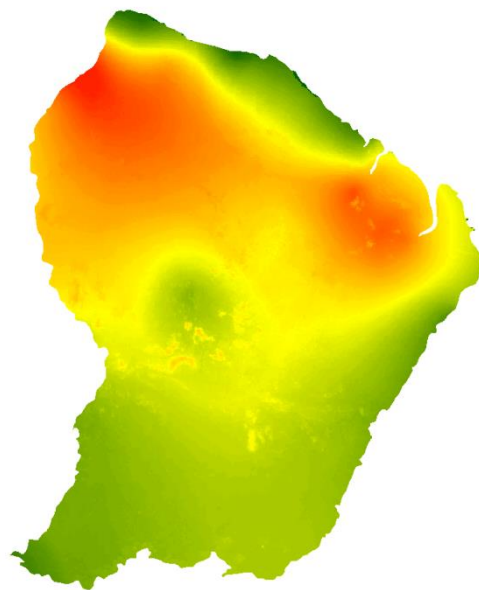
Variable SRTM : Variable représentant l'**altitude** en Guyane française où les cellules en rouges représentent les zones les plus hautes et les cellules en vertes les zones les plus basses. *Source: Fayad et al. 2016*



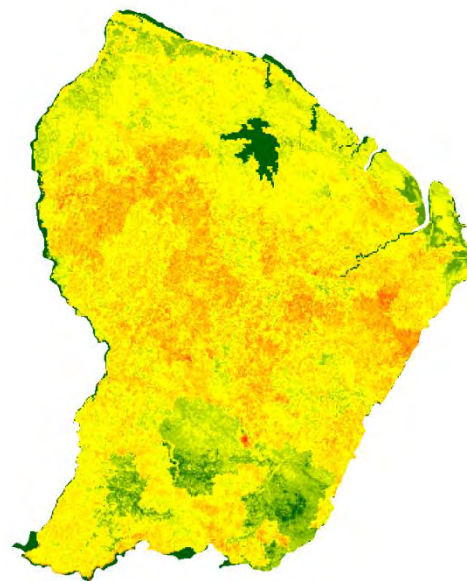
Variable BIO12: Variable représentant les **précipitations annuelles** en Guyane française où les cellules en rouges représentent les zones avec le plus de précipitations et les cellules en vertes, les zones avec le moins de précipitations. *Source* : www.worldclim.orf



Variable CLOUDCOVER : Variable représentant la **couverture nuageuse** en Guyane française où les cellules en rouges représentent les zones avec une forte couverture et les cellules en vertes les zones avec une faible couverture. *Source*: Obregon et al.



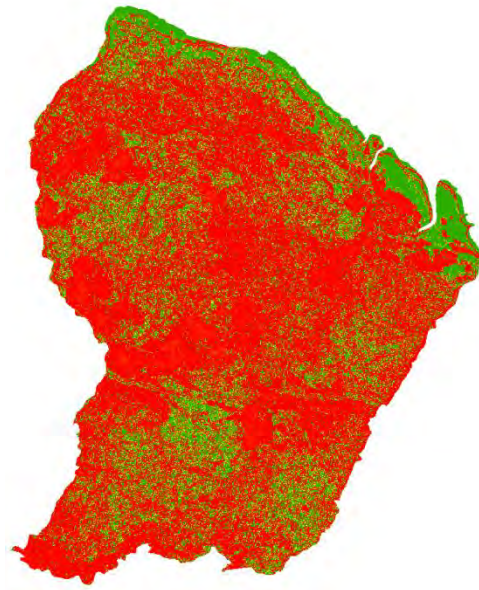
Variable BIO14: Variable représentant les **précipitations des mois les plus secs** en Guyane française où les cellules en rouges représentent les zones avec le plus de précipitations et les cellules en vertes, les zones avec le moins de précipitations. *Source* : www.worldclim.orf.



Variable BIOMASSE : Variable représentant la **biomasse** en Guyane française où les cellules en rouges représentent les zones avec la biomasse la plus forte et les cellules en vertes, les zones avec la biomasse la plus faible.



Variable LINEAIRE (???) : Variable représentant les **linéaires d'eau** en Guyane française où les cellules en rouges représentent les zones concentrant le plus de linéaires et les cellules en vertes, les zones avec le moins de linéaires.



Variable PENTES (???) : Variable représentant les **pentés** en Guyane française où les cellules en rouges représentent les zones de fortes pentes et les cellules en vertes, les zones de plateau.



Carte de l'index de l'empreinte humaine où les cellules les plus chaudes représentent les parcelles les plus perturbées et les cellules en verte, les parcelles les mieux préservées. Source : de Thoisy *et al.*, 2010

ANNEXE 3: RESULTATS DES MODELES DE NICHE

AMPHIBIENS MICRO-MAMMIFÈRES	REPTILES
<ul style="list-style-type: none"> • SRTM • DISTFLEUVE • DISTFORET • CLOUDCOVER • CANOPEE 	<ul style="list-style-type: none"> • SRTM • DISTFLEUVE • DISTFORET • CLOUD COVER • BIO12
OISEAUX	CHIROPTÈRES
<ul style="list-style-type: none"> • SRTM • DISTFLEUVE • DISTFORET • CLOUDCOVER • PENTE 	<ul style="list-style-type: none"> • SRTM • DISTFLEUVE • DISTFORET • CANOPEE • BIO12

Détails des panels de variables utilisés pour la modélisation de niche des cinq communautés de taxons

AMPHIBIENS			REPTILES		
Variable	Percent contribution	Permutation importance	Variable	Percent contribution	Permutation importance
Distance_foret	40	32.2	cloudcover_Guyane	41.3	23.8
cloudcover_Guyane	33.5	29.5	Distance_foret	28.7	38.4
SRTM_500m_Guyane	16.8	11.3	BIO12_500m_guya	13.4	7
Distance_fleuves	5.9	17.6	SRTM_500m_Guyane	11.8	8.8
canopee_variable	3.7	9.4	Distance_fleuves	4.8	21.9
OISEAUX			Micro-MAMMIFERES		
Variable	Percent contribution	Permutation importance	Variable	Percent contribution	Permutation importance
cloudcover_Guyane	42.3	37.6	Distance_foret	62.5	29.5
Distance_foret	40.1	41.3	Distance_fleuves	15.6	25
SRTM_500m_Guyane	7.9	5.6	SRTM_500m_Guyane	12.1	9.8
pentess	6.4	3.5	canopee_variable	6.7	23.6
Distance_fleuves	3.3	11.9	cloudcover_Guyane	3.2	12
CHIROPTERES					
Variable	Percent contribution	Permutation importance			
BIO12_500m_guya	42.1	25			
Distance_foret	38.7	36.9			
Distance_fleuves	10.3	27.2			
SRTM_500m_Guyane	6.1	5.6			
canopee_variable	2.8	5.3			

Détails de l'importance de contribution et de permutation des variables des cinq communautés de taxons.

ANNEXE 4: PRESENTATION FAITES AU 1^{ER} ET 2EME COMITE DE PILOTAGE

Agriculture et biodiversité





Conseil Régional de la Guyane



REVISION DU SCHEMA D'AMENAGEMENT REGIONAL DE LA GUYANE

Carte de destination générale des différentes parties du territoire

Cette carte, expliquant le champ géographique des orientations du Schéma d'Aménagement Régional, doit faire l'objet d'une application combinée avec le rapport. Si le SAR identifie les espaces à travers cette carte, il renvoie aux documents d'urbanisme locaux de délimiter précisément ces espaces, à leurs échelles respectives.

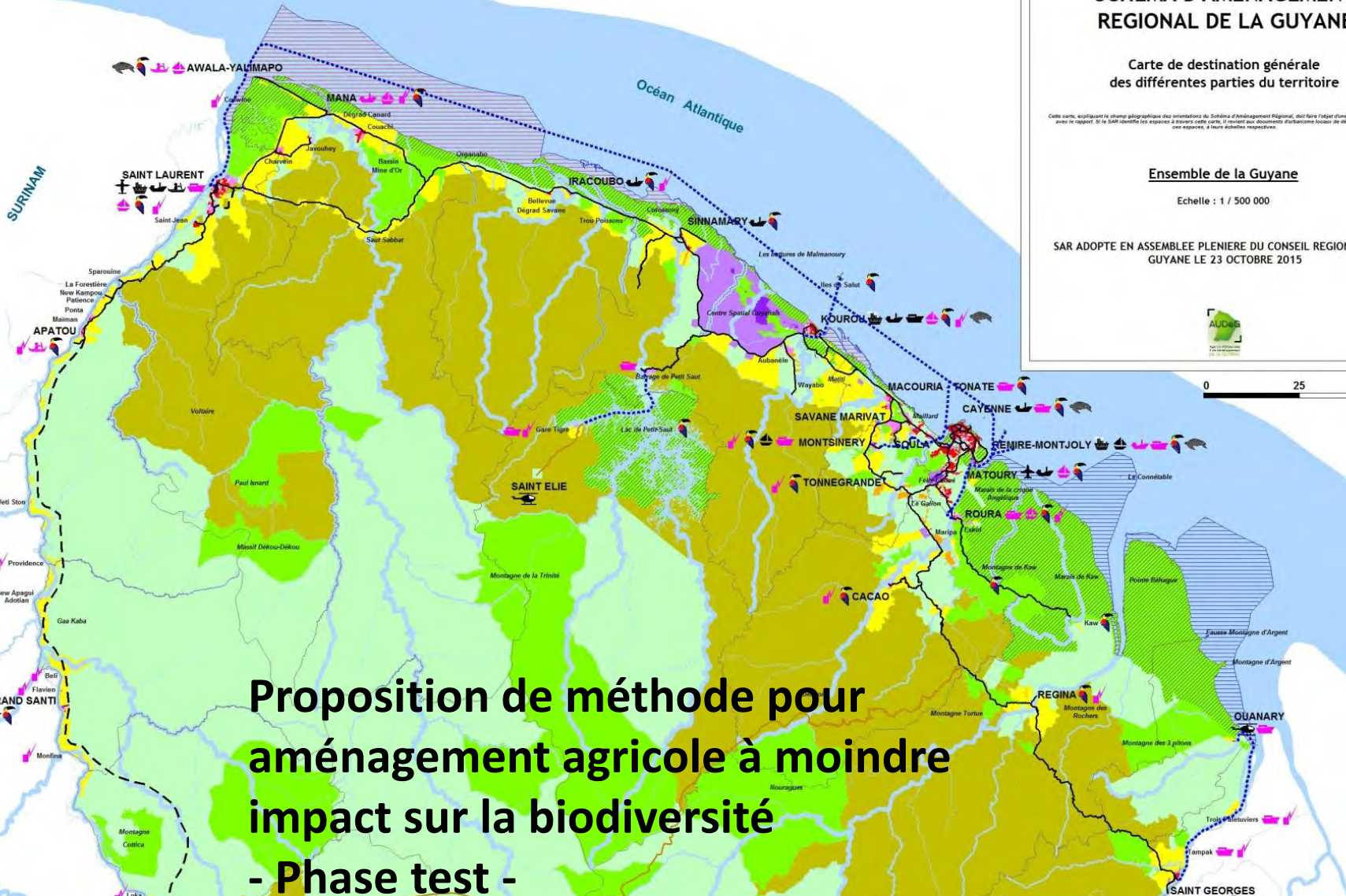
Ensemble de la Guyane

Echelle : 1 / 500 000

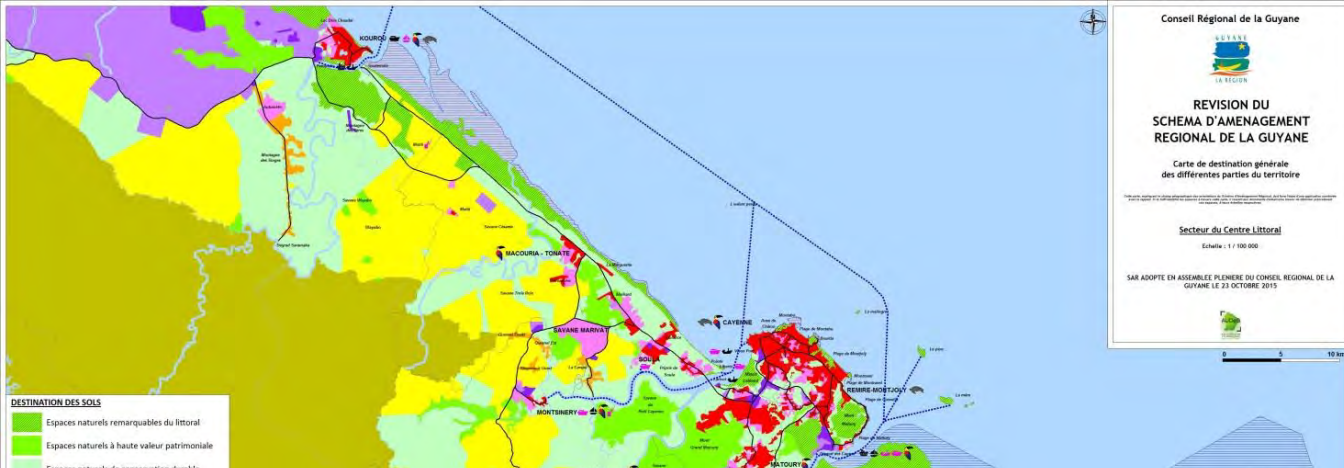
SAR ADOPTE EN ASSEMBLEE PLENIERE DU CONSEIL REGIONAL DE LA GUYANE LE 23 OCTOBRE 2015



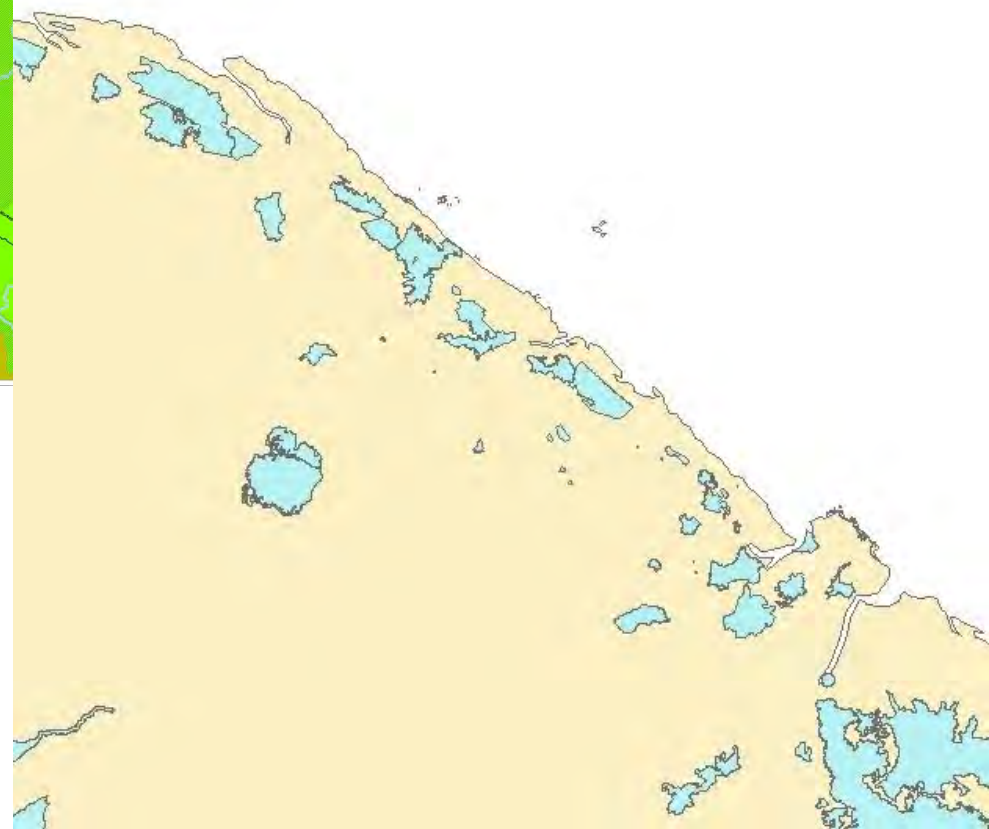
0 25 50 km



Proposition de méthode pour aménagement agricole à moindre impact sur la biodiversité - Phase test -



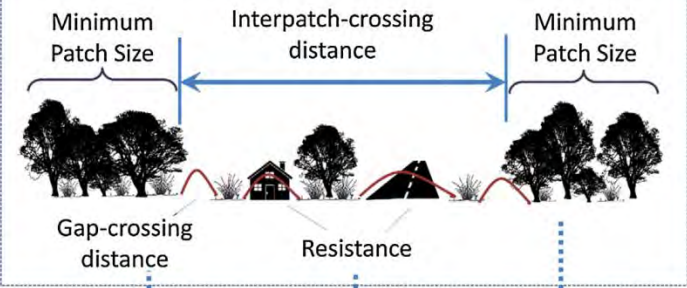
- DESTINATION DES SOLS**
- Espaces naturels remarquables du littoral
 - Espaces naturels à haute valeur patrimoniale
 - Espaces naturels de conservation durable
 - Espaces forestiers de développement
 - Espaces agricoles
 - Espaces urbanisés
 - Espaces urbanisables
 - Espaces ruraux habités
 - Espaces d'activités économiques existants
 - Espaces d'activités économiques futurs
 - Espaces maritimes de conservation durable
- Réseau routier existant à renforcer
— Voies de desserte à réhabiliter
- - - Voies structurantes à créer
..... Navettes fluviales ou fluvio-maritimes
- TOPONYMES**
PILE CAFFAL / CARREFOUR / RESSOURCE / RELAIS
Pôle de puissance
Espace de puissance
- DIVERS**
- Limites de communes
 - Réseau hydrographique principal
- EQUIPEMENTS EXISTANTS / EQUIPEMENTS EN PROJET**
- ☐ Gares fluviales ou maritimes
 - ✈ Aéroports / aérodromes
 - ✈ Héliports
 - 🏭 Ports de commerce / industriels
 - 🚤 Ports de pêche / piroguiers
 - ⚓ Marinas ou basins nautiques
 - 🏖 Aménagements touristiques
 - ⚡ Energies renouvelables
 - 🐢 Aménagements respectueux des lieux de ponte des tortues marines



Conceptual model

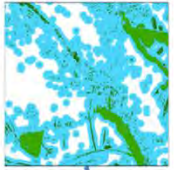
Steps

1. Identify conservation targets & parameters

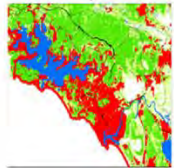


Pre - Processing

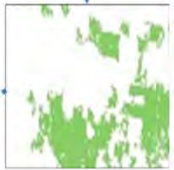
2. Characterise gap-crossing



3. Characterise movement using resistance layer



4. Identify patches



Landscape and Urban Planning 141 (2015) 11–23

Contents lists available at ScienceDirect



Landscape and Urban Planning

journal homepage: www.elsevier.com/locate/landurbplan



Research Paper

A framework for incorporating fine-scale dispersal behaviour into biodiversity conservation planning

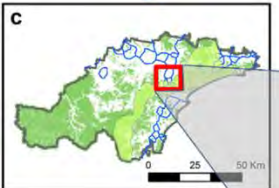


Processing tool **GUI**

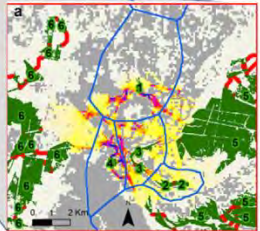


Output

5. Graphab Regional scale connectivity model

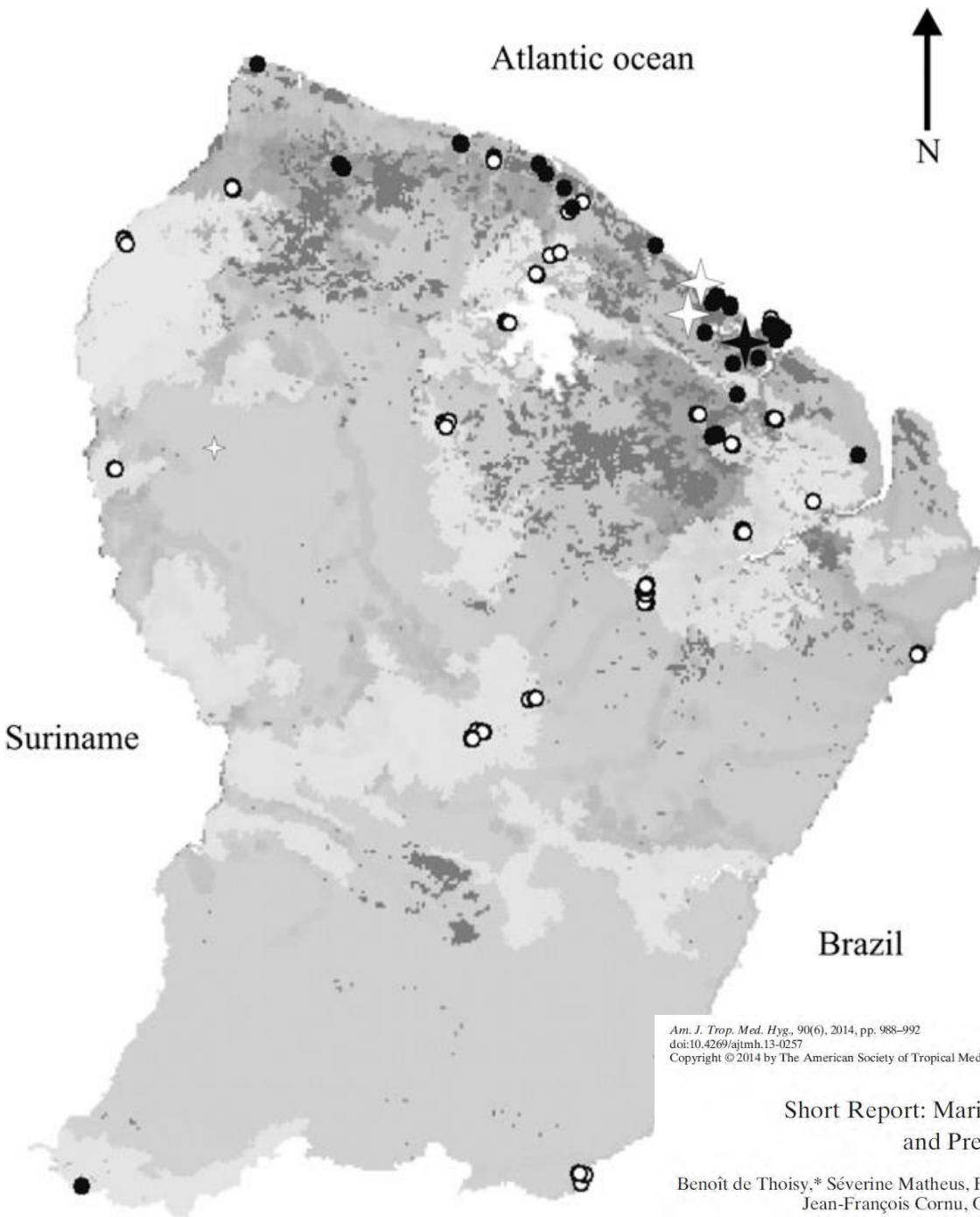


6. Circuitscape Local scale connectivity model



5 points

- Connexions de quoi à quoi
- Espèces indicatrices
- Données « espèces »
- Données explicatives (variables environnementales)
- Méthodo & analyses



Atlantic ocean



Connections de zone de richesse prédites, mesurées, ou de zones « établies » (ex ZNIEFF), entre habitats ?

Suriname

Brazil

Am. J. Trop. Med. Hyg., 90(6), 2014, pp. 988-992
doi:10.4269/ajtmh.13-0257
Copyright © 2014 by The American Society of Tropical Medicine and Hygiene

Short Report: Maripa Hantavirus in French Guiana: Phylogenetic Position and Predicted Spatial Distribution of Rodent Hosts

Benoît de Thoisy,* Séverine Matheus, François Catzeflis, Luc Clément, Sébastien Barrioz, Amandine Guidez, Damien Donato, Jean-François Cornu, Olivier Brunaux, Stéphane Guitet, Vincent Lacoste, and Anne Lavergne

5 points

- Connections de quoi à quoi

- Espèces indicatrices

→ quelles espèces pour quelles infos ?

- Données « espèces »

→ quelles données dispo ?

- Données explicatives (variables environnementales)

- Méthodo & analyses

5 points

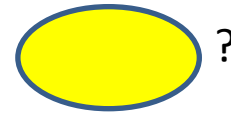
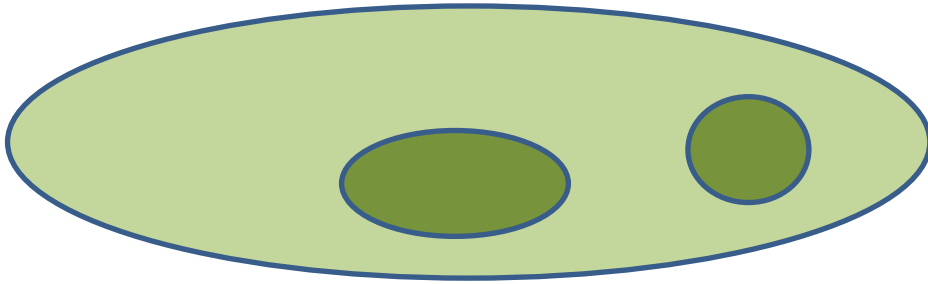
- Connections de quoi à quoi
- Espèces indicatrices
- Données « espèces »
- Données explicatives (variables environnementales)
- Méthodo & analyses

5 points

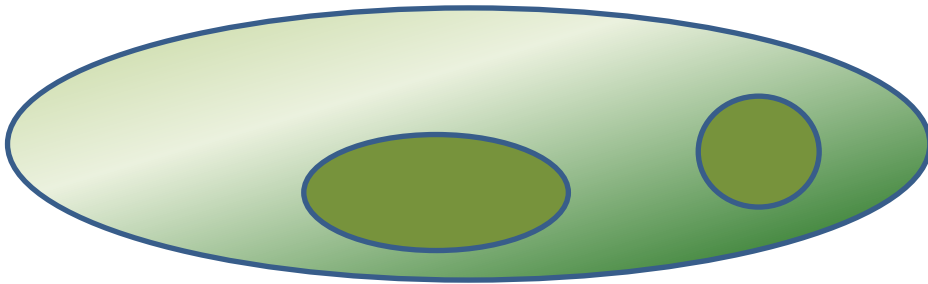
- Connections de quoi à quoi
- Espèces indicatrices
- Données « espèces »
- Données explicatives (variables environnementales)
- Méthodo & analyses

« Circuit theory » : conductance vs resistance

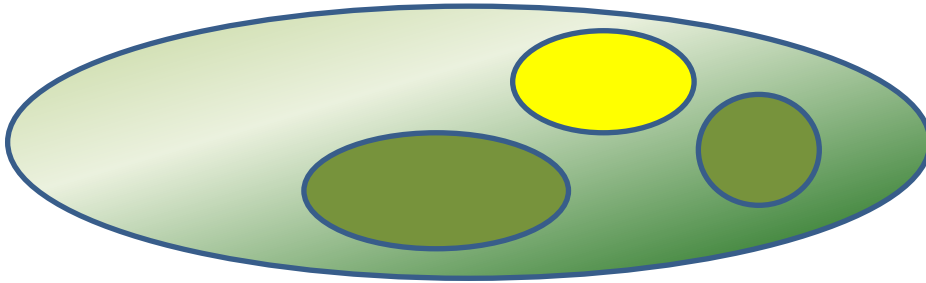
- Principes « de base »
- Limitation des effets de lisière
- continuités des cours d'eau, maintien de ripisylve, ...
- Modalités agricoles



Zones de richesse, zones favorables



« Coût écologique » entre les zones



TEST D'OUTILS PRÉDICTIFS DE RICHESSE ÉCOLOGIQUE EN AMÉNAGEMENT AGRICOLE

SAR : → **150 000** hectares dédiés à l'aménagement agricole

→ Besoins réels estimés à **60 000** hectares

PROPOSER UN OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION PERMETTANT DE
LIMITER LES IMPACTS DE L'AMÉNAGEMENT SUR LA BIODIVERSITÉ

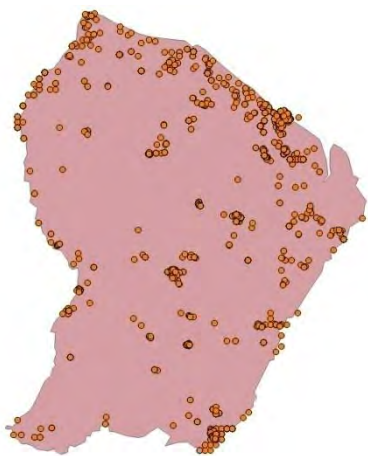


Identifier les zones à préserver en priorité et celles de moindre intérêt écologique

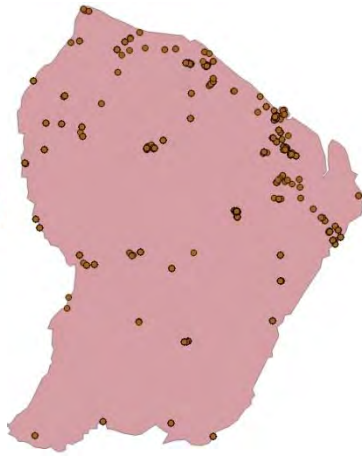
TEST D'OUTILS PRÉDICTIFS DE RICHESSE ÉCOLOGIQUE EN AMÉNAGEMENT AGRICOLE

→ Identifier des cortèges d'espèces sensibles à la fragmentation pour chacun des taxons

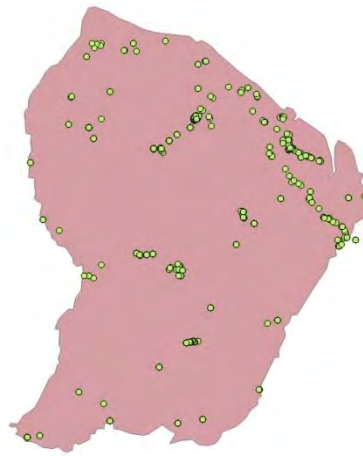
Micro mammifères	20 espèces (Kwata)
Chiroptères	15 espèces (Maël Dewynter, Fondation Biotope)
Reptiles	14 espèces (Maël Dewynter, Fondation Biotope)
Amphibiens	12 espèces (Maël Dewynter, Fondation Biotope)
Oiseaux	12 espèces (Olivier Claessens, Gepog)



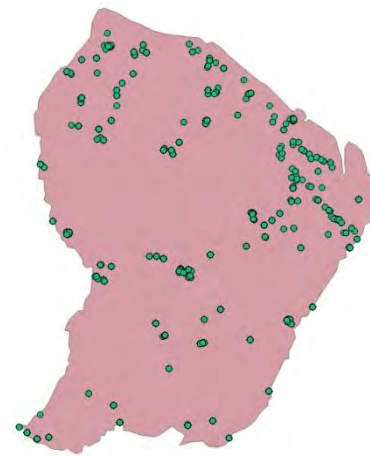
MICROMAMMIFÈRES



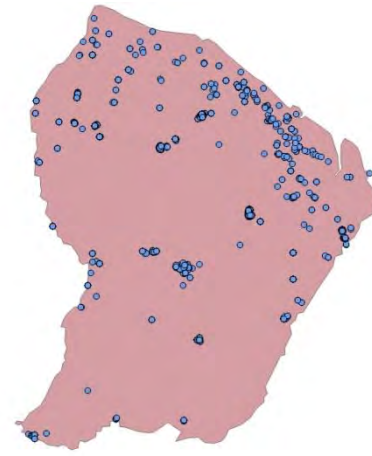
CHIROPTÈRES



REPTILES



AMPHIBIENS



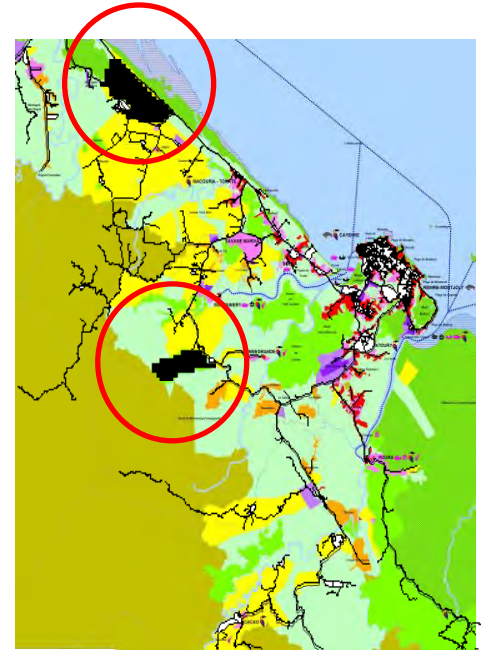
OISEAUX

TEST D'OUTILS PRÉDICTIFS DE RICHESSE ÉCOLOGIQUE EN AMÉNAGEMENT AGRICOLE

→ Choisir des zones dont les connexions doivent être maintenues :

- Znieff
- Zones d'intérêt écologique ONF
-

Ex : deux Znieff 1 (Marais de Guatemala & Station des Annamites)

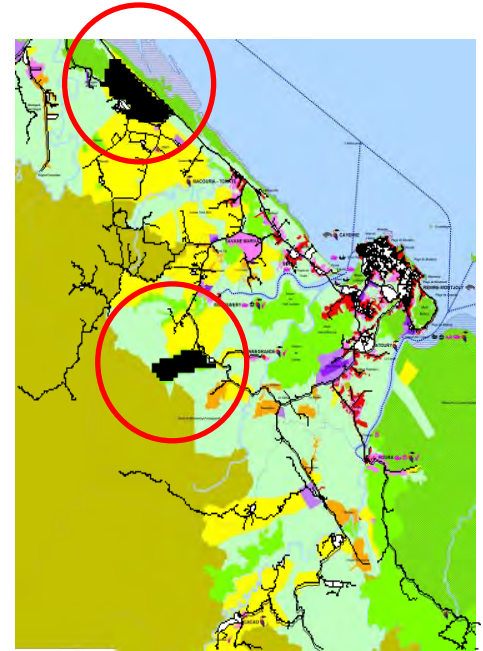


TEST D'OUTILS PRÉDICTIFS DE RICHESSE ÉCOLOGIQUE EN AMÉNAGEMENT AGRICOLE

→ Choisir des zones dont les connexions doivent être maintenues :

- Znieff
- Zones d'intérêt écologique ONF
-

Ex : deux Znieff 1 (Marais de Guatemala & Station des Annamites)



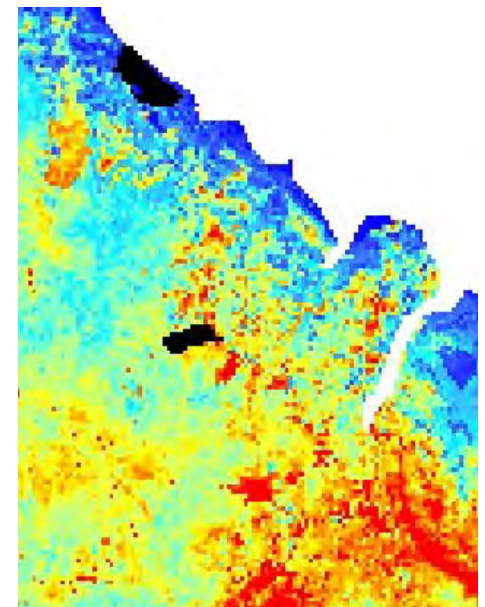
→ Identifier des zones de richesse écologiques prédites (MaXEnt)

(« modèle de niches ») par taxon

Habitat « favorable » = zone de conductance

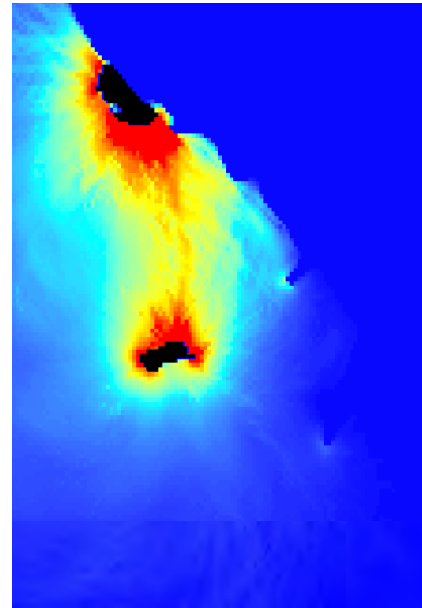
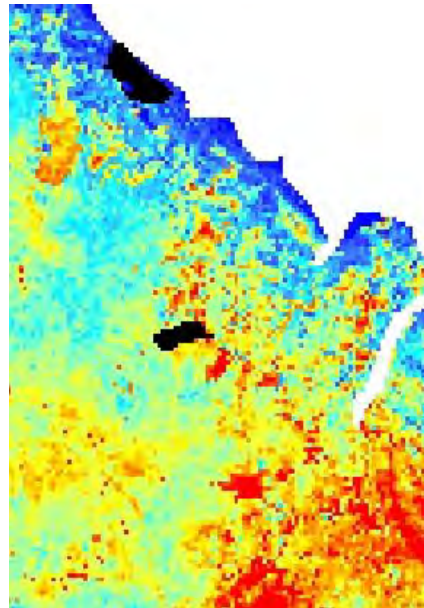
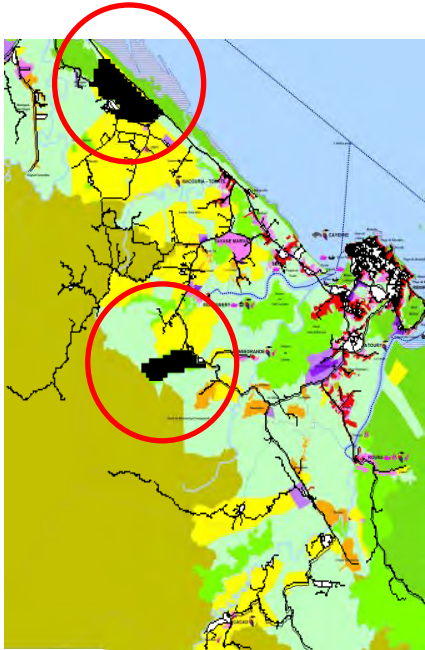
Habitat « défavorable » = zone de résistance

→ Utilisation des points de présence
& de variables environnementales



TEST D'OUTILS PRÉDICTIFS DE RICHESSE ÉCOLOGIQUE EN AMÉNAGEMENT AGRICOLE

→ Identifier les corridors entre les zones à connecter (CircuitScape)

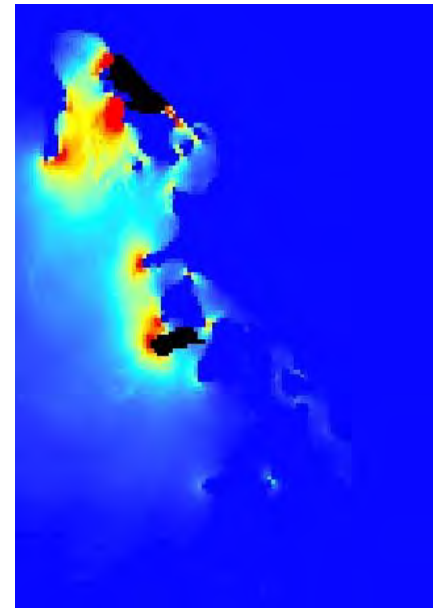
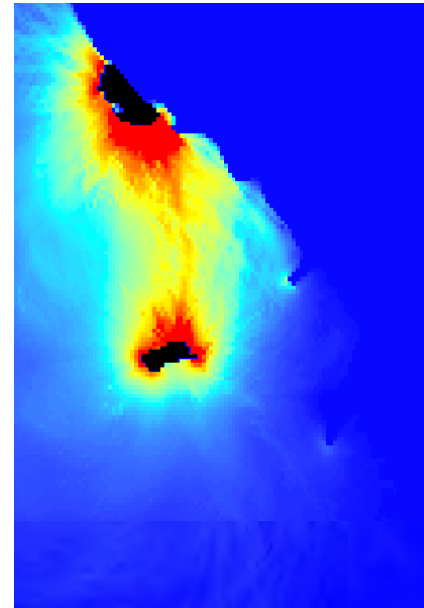
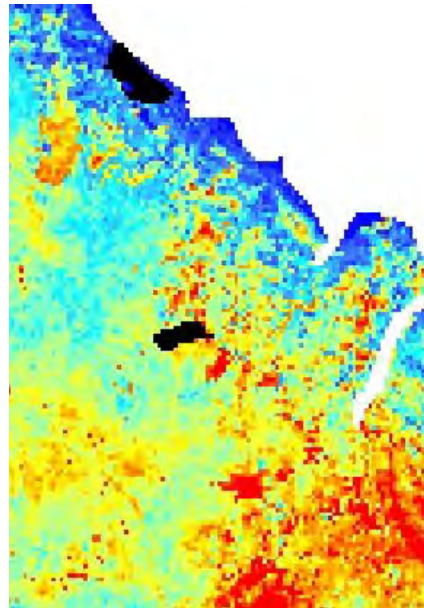
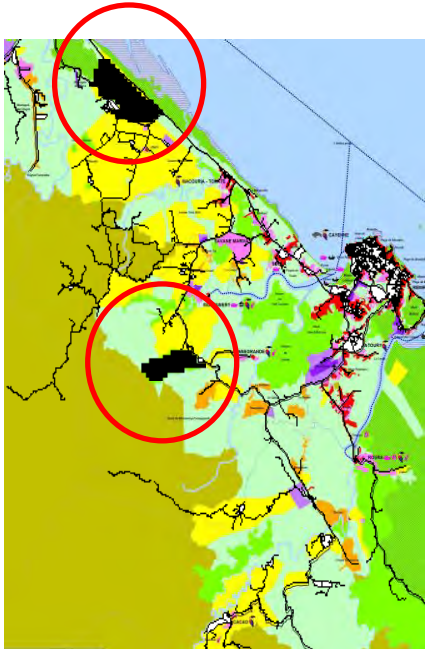


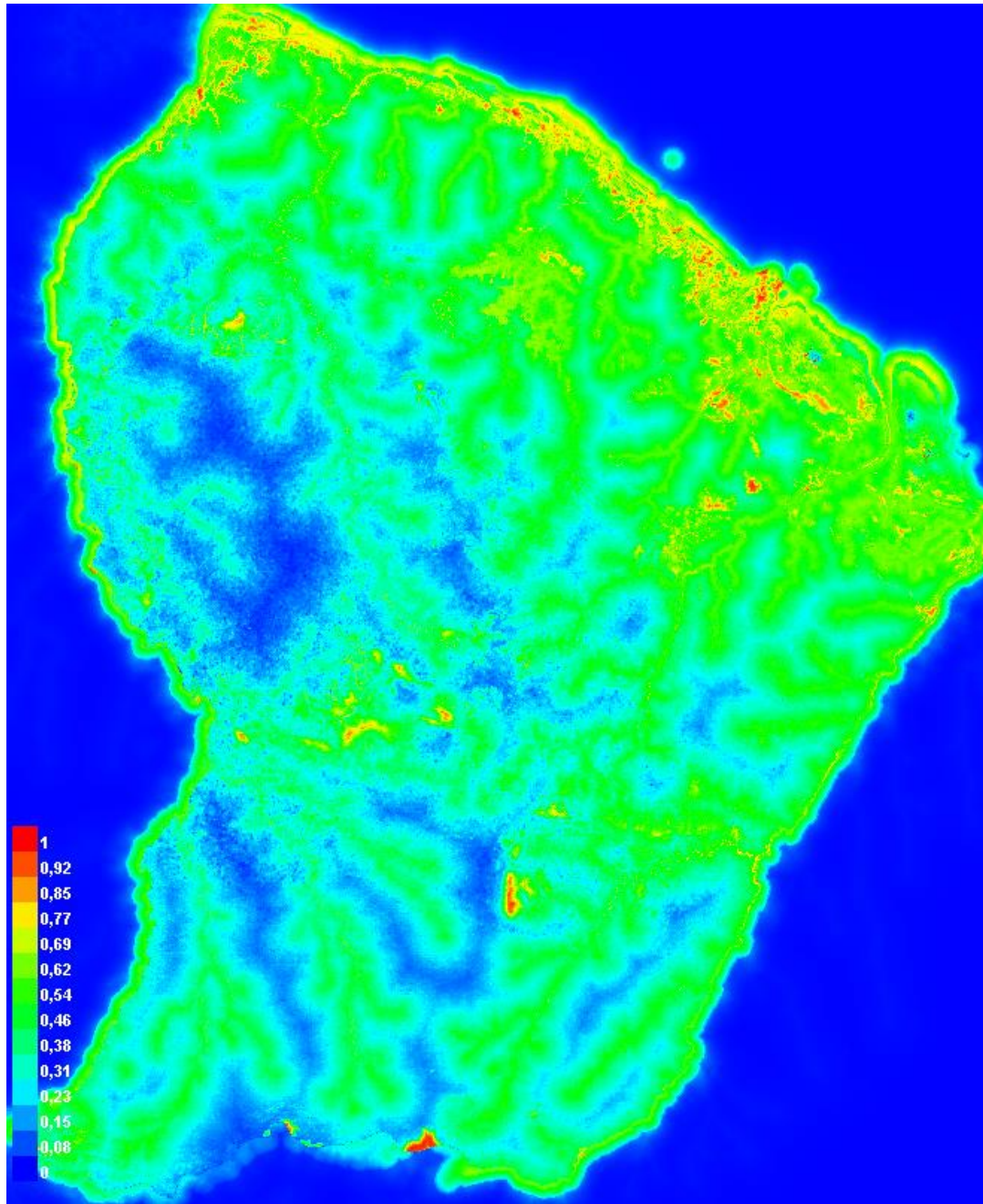
TEST D'OUTILS PRÉDICTIFS DE RICHESSE ÉCOLOGIQUE EN AMÉNAGEMENT AGRICOLE

→ Identifier les corridors entre les zones à connecter (CircuitScape)

→ Utilisation d'un masque (zones de full résistance)

→ Utilisation possible d'un short-circuit (zones de full conductance)

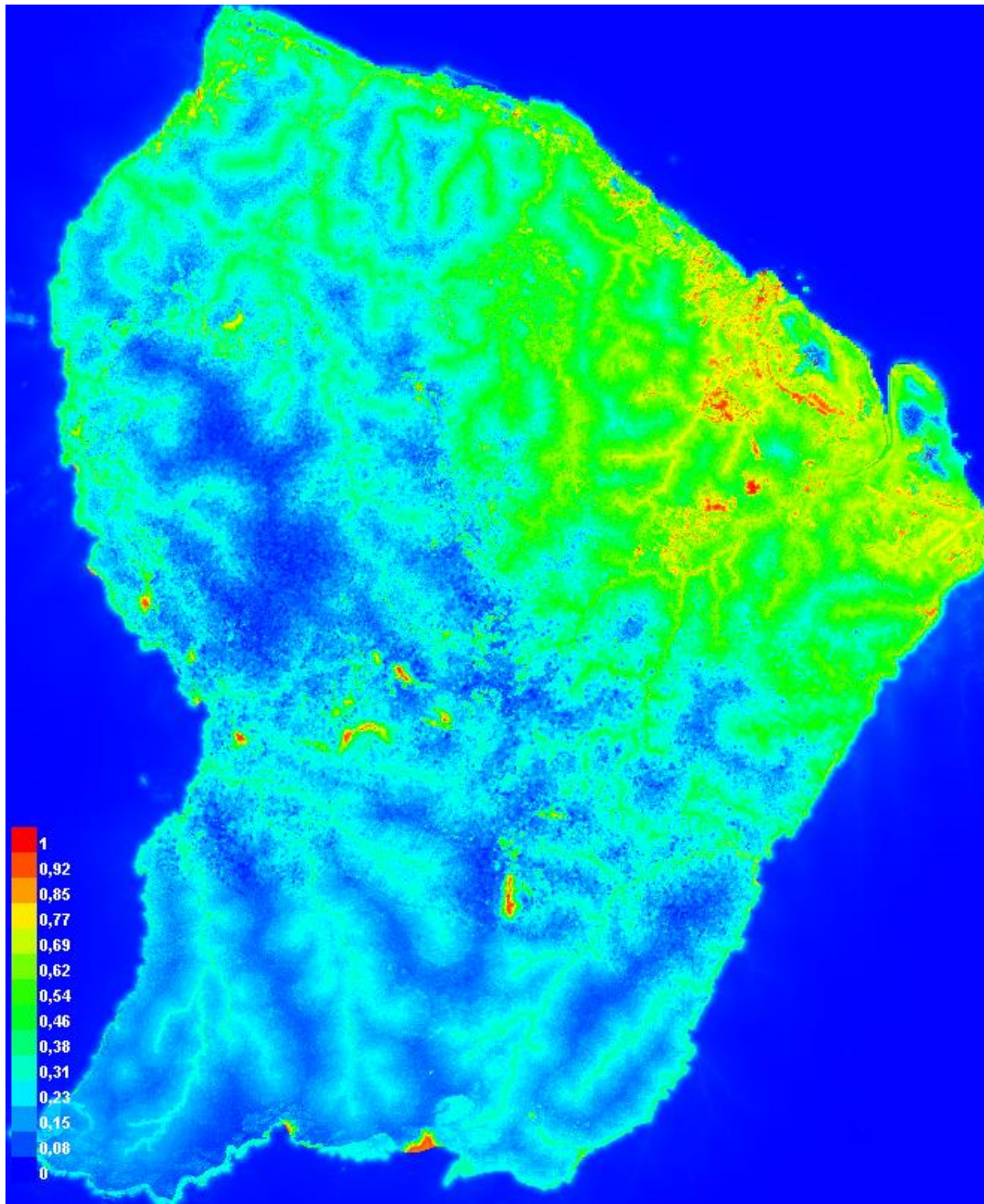




MICRO MAMMIFÈRES

- Distance aux fleuves
- Distance aux forêts
- Hauteur de canopée
- Altitude
- Couverture nuageuse

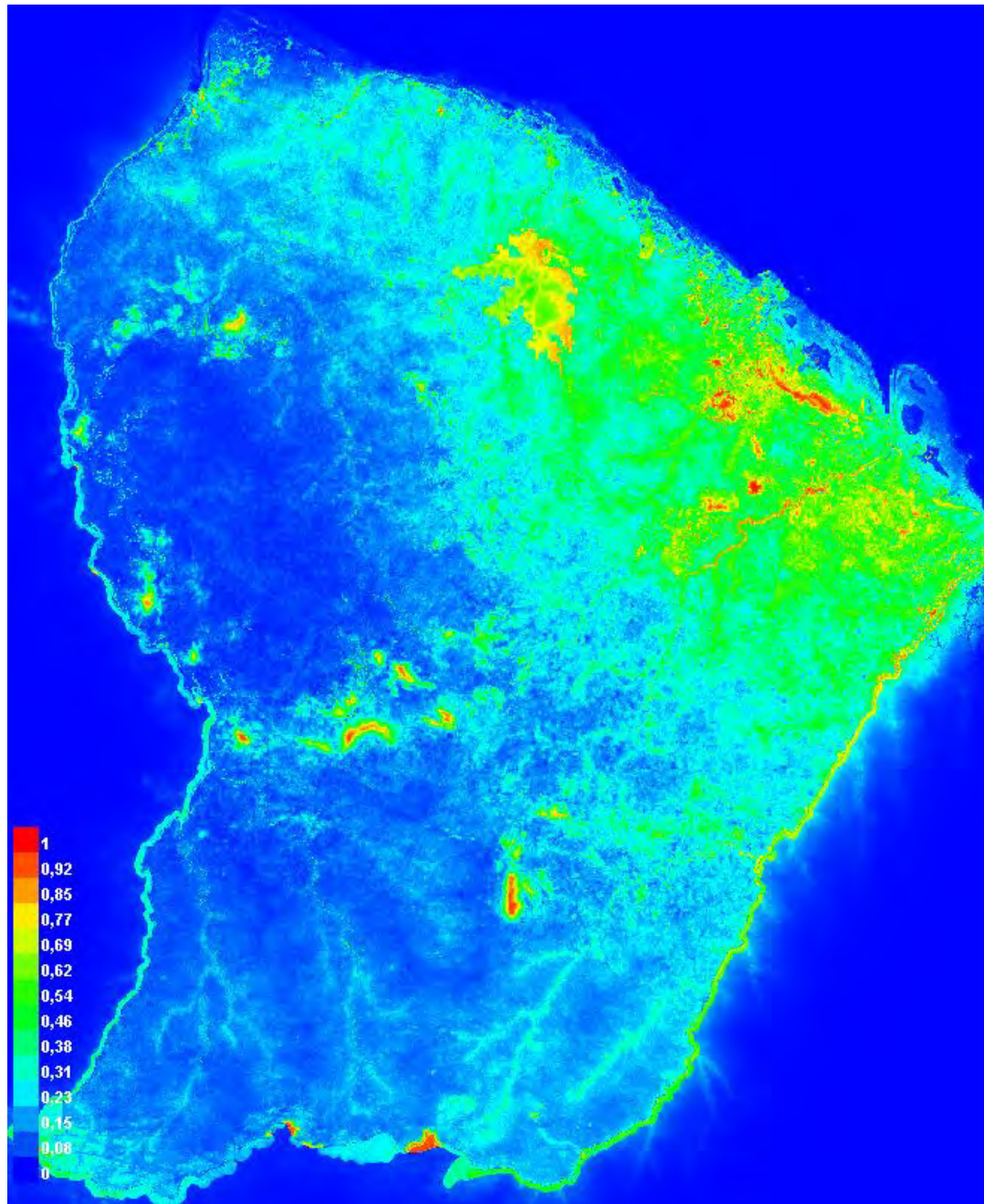
AUC= 0.813



CHIROPTÈRES

- Distance aux fleuves
- Distance aux forêts
- Hauteur de canopée
- Altitude
- Précipitation annuelle

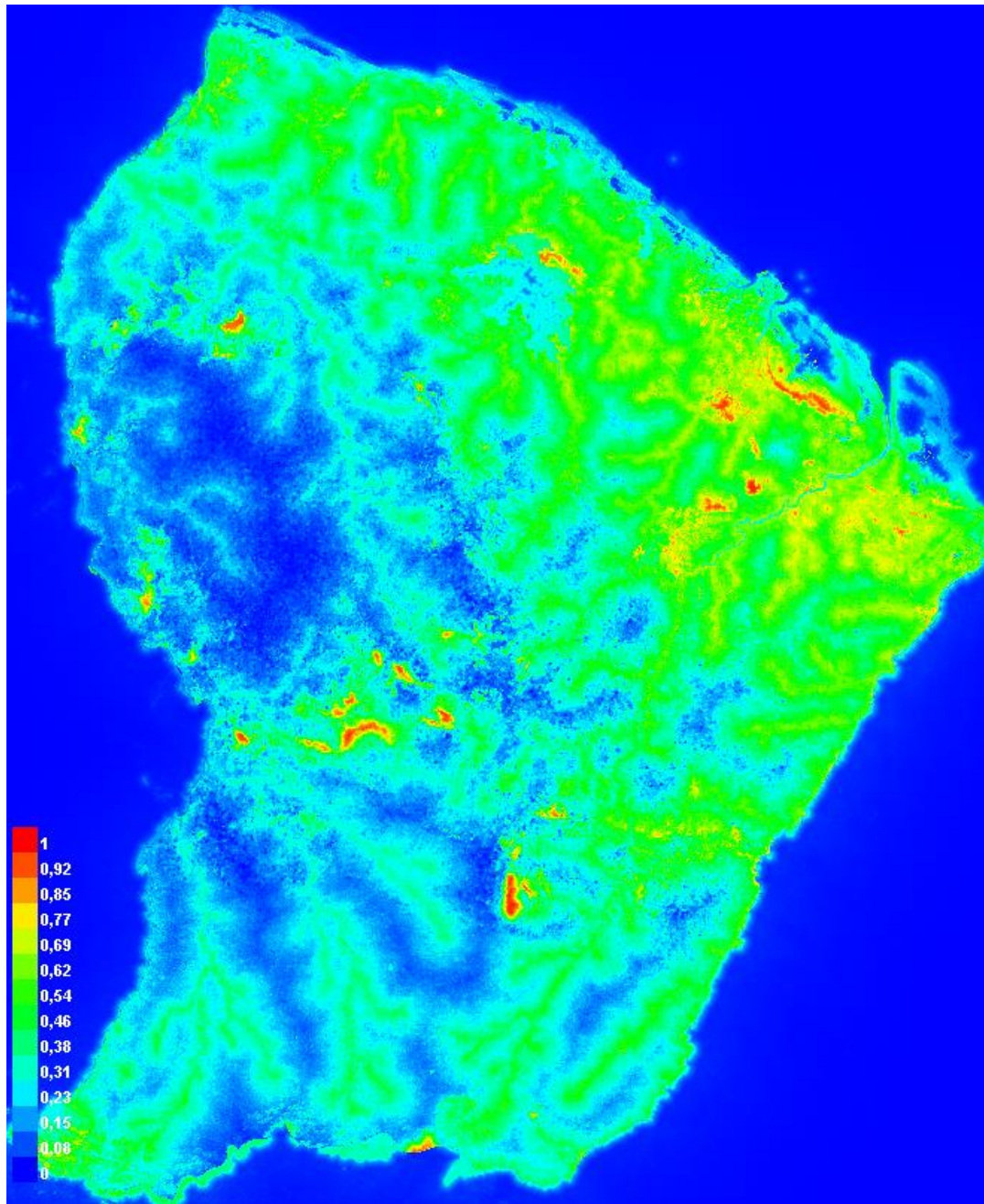
AUC= 0.851



REPTILES

- Distance aux fleuves
- Distance aux forêts
- Hauteur de canopée
- Altitude
- Précipitation annuelle
- Couverture nuageuse

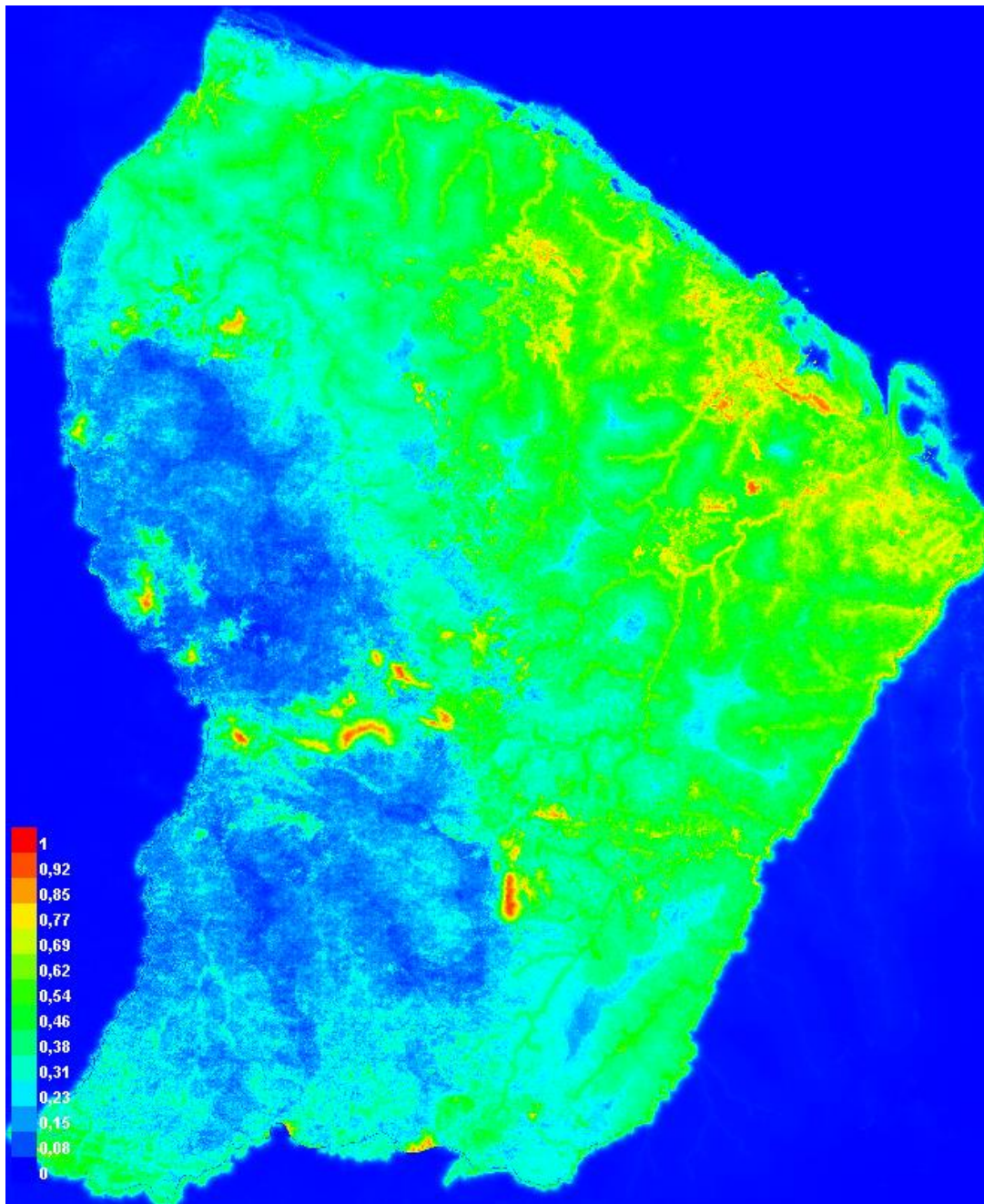
AUC= 0.868



AMPHIBIENS

- Distance aux fleuves
- Distance aux forêts
- Hauteur de canopée
- Altitude
- Couverture nuageuse

AUC= 0.838



OISEAUX

- Distance aux fleuves
- Distance aux forêts
- Hauteur de canopée
- Altitude
- Précipitation annuelle
- Couverture nuageuse

AUC= 0.836