



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ÉCOLE SUPÉRIEURE DES SCIENCES AGRONOMIQUES
ÉCOLE DOCTORALE GESTION DES RESSOURCES
NATURELLES ET DÉVELOPPEMENT
ÉQUIPE D'ACCUEIL : Ecologie et biodiversité



THESE DE DOCTORAT EN SCIENCES AGRONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTALES

Thème:

ÉCOLOGIE ET PRIORITÉ DE CONSERVATION DES VERTÉBRÉS TERRESTRES D'ANJOUAN

Jury composé de :

Président	: Pr. Jean Chrysostome RANDRIAMBOAVONJY
Rapporteur externe	: Pr. Michel LOUETTE
Rapporteur interne	: Pr. Aristide ANDRIANARIMISA
Directeur de thèse	: Pr. Joelisoa RATSIRARSON
Co-Directeur de thèse	: Dr. Steeves BUCKLAND
Examineur	: Pr. Steven GOODMAN
Examineur	: Pr. Jonah RATSIMBAZAFY

Soutenue par AMELAID Houmadi, le 20/03/2020

plan de l'exposé

Introduction

- * Contexte et problématique
- * Objectifs et hypothèses

Méthodes

- * Classification hiérarchique
- * indices
- * Modélisation: Arbre de régression et biomod2
- * Distance sampling
- * Méthode d'évaluation des espèces (l'IUCN)

Résultats

- * Classification hiérarchique de la couverture végétale
- * Oiseaux indicateurs
- * Oiseaux endémiques: distribution, habitats convenables et population
- * Reptiles: Distribution et habitat convenable
- * Roussette de Livingstone: Distribution et habitat convenable
- * Zones prioritaires pour la conservation

Discussion

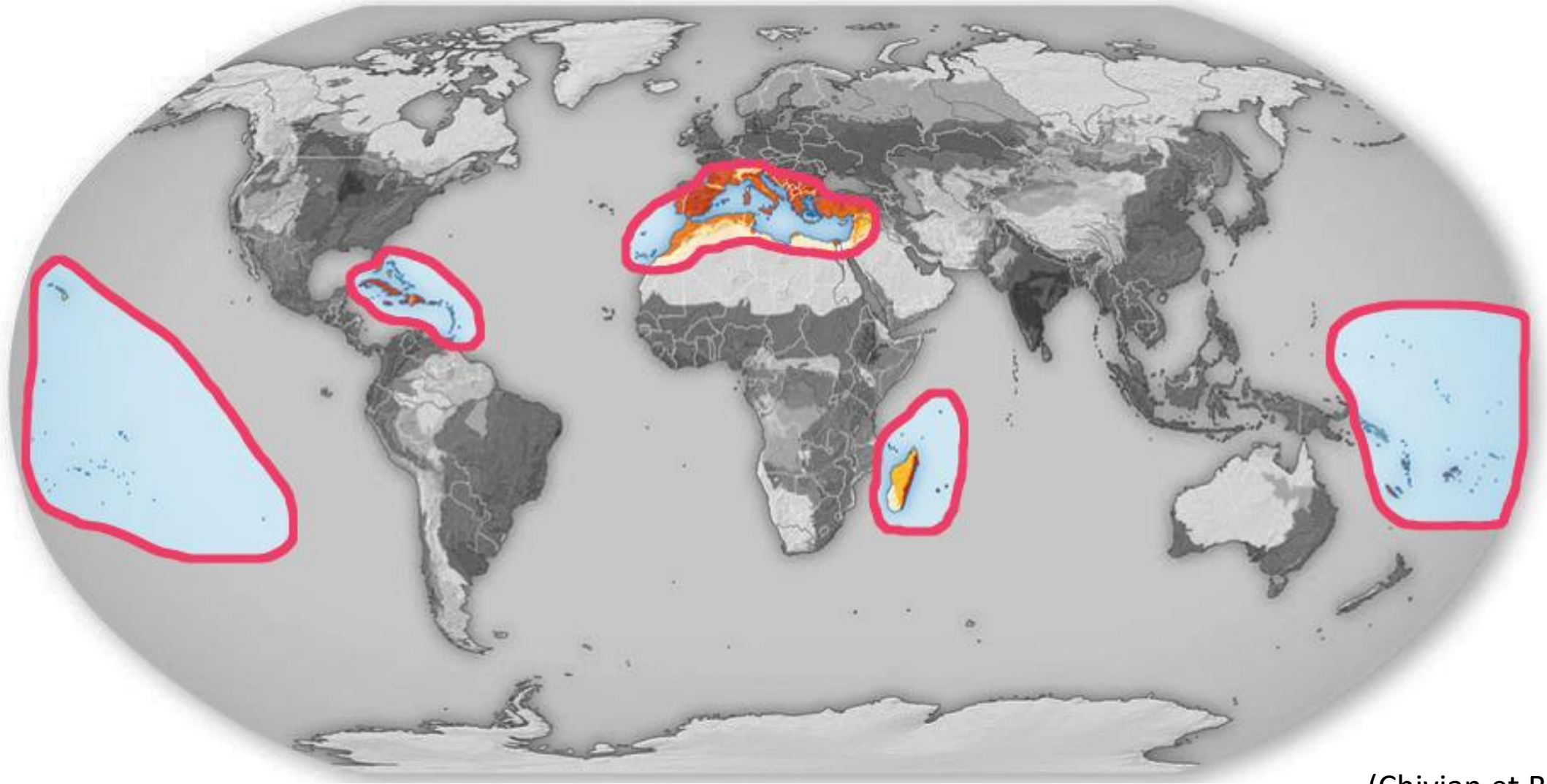
Conclusion

Habitats naturels et services écosystémiques

Service de production	Service de régulation	Service de support / soutiens	Services culturels
• Alimentation • Eau • Fibres • Combustible • Ressources génétiques • Produits biochimiques et pharmaceutiques	• Climat • Qualité de l'air • Flux hydriques • Erosion • Maladies • Parasites • Pollinisation • Risques naturels	• Cycle de la matière • Cycle de l'eau • Formation des sols • Conservation de la biodiversité	• Valeurs spirituelles et religieuses • Valeurs esthétiques • Recréation et écotourisme

Tableau : Les différents types de services écosystémiques (d'après Étude & Documents n°20, Mai 2010, Commissariat Général au Développement Durable)

Perte d'habitats au niveau dans les écosystèmes terrestres



(Chivian et Bernstein, 2008)

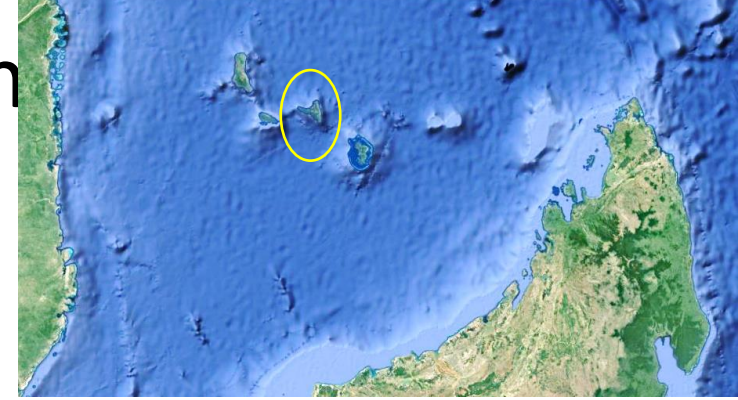
île d'anjouan : problèmes liés à l'environnement

*Pression démographique élevée

*Important niveau de déforestation

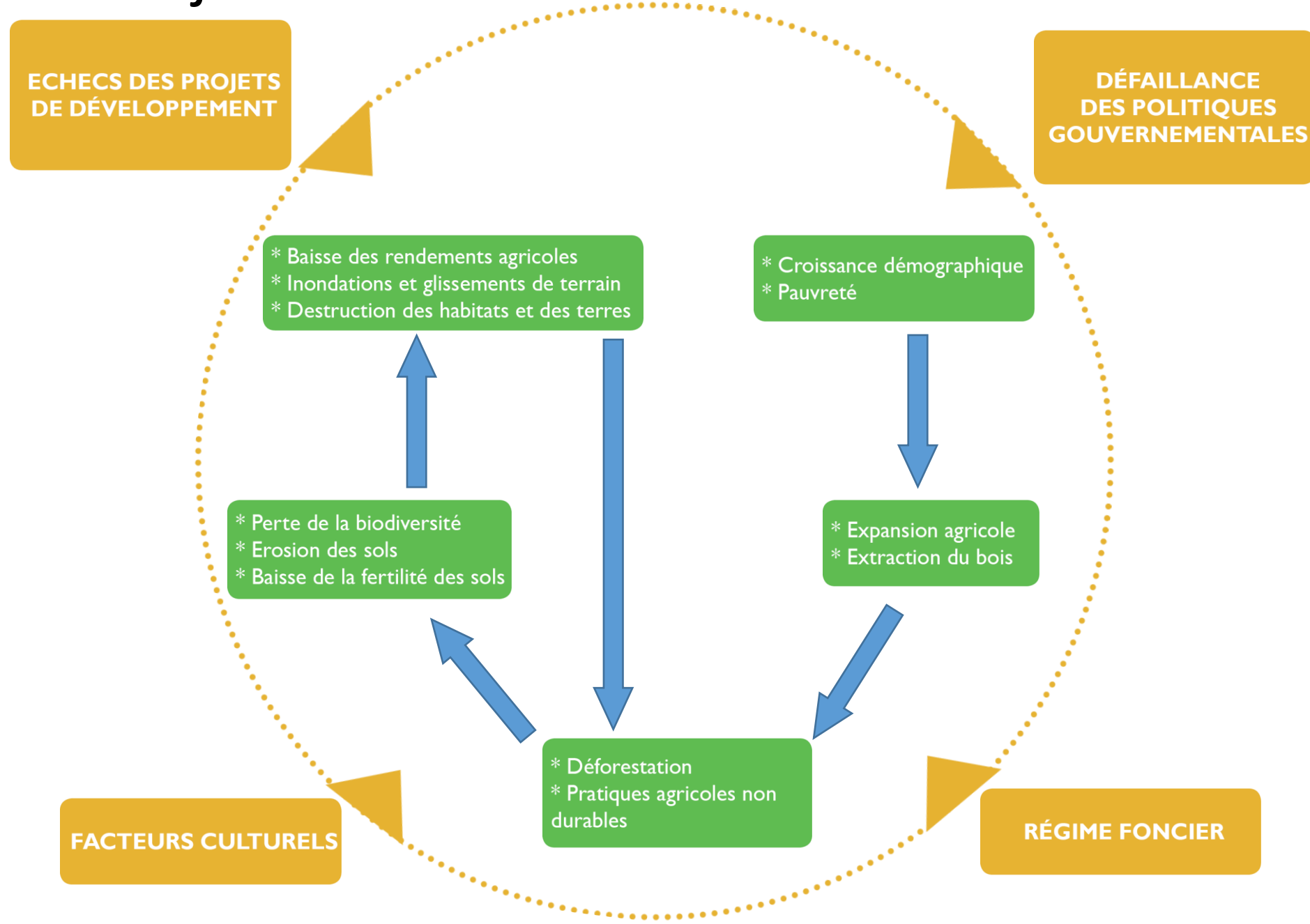
*Absence de politiques gouvernementales

*Ambiguïté du régime foncier



Île d'Anjouan
Ndzuwani

Contexte dans l'île d'anjouan



objectifs et hypothèses

OBJECTIFS

Identifier les espèces menacées et les zones importantes pour la conservation de la biodiversité

- Classifier la couverture végétale forestière
- Identifier les oiseaux endémiques
 - indicateurs de la forêt
 - menacés
- Identifier les zones importantes pour:
 - les oiseaux endémiques
 - le reptile *Phelsuma v-nigra*
 - la roussettes de Livingstone
- Déduire les priorités et la zone prioritaire pour la conservation

HYPOTHESES

- La biodiversité endémique est menacée et se trouve dans les zones forestières
- Les oiseaux endémiques préfèrent les habitats naturels

Importances

Comprendre l'état actuel de la biodiversité endémique

En déduire des perspectives adéquates de conservation

Orienter les plans de gestion et redresser situation de l'environnement

Concevoir des stratégies adaptés de conservation de la biodiversité

Gestion durable des écosystèmes forestiers

Mis en place des programmes de conservation de la biodiversité endémique menacée

Améliorer la gestion intégrée des écosystèmes

zone d'études

- **Archipel des Comores**

- PIB : 797 \$USD (2017)
- Climat tropical : saison sèche et humide
- Anjouan
 - Superficie (424 km²), Pic (1595 m)
 - Population (2017) : 341 539 hab.
 - Densité : 805,5 hab./km²

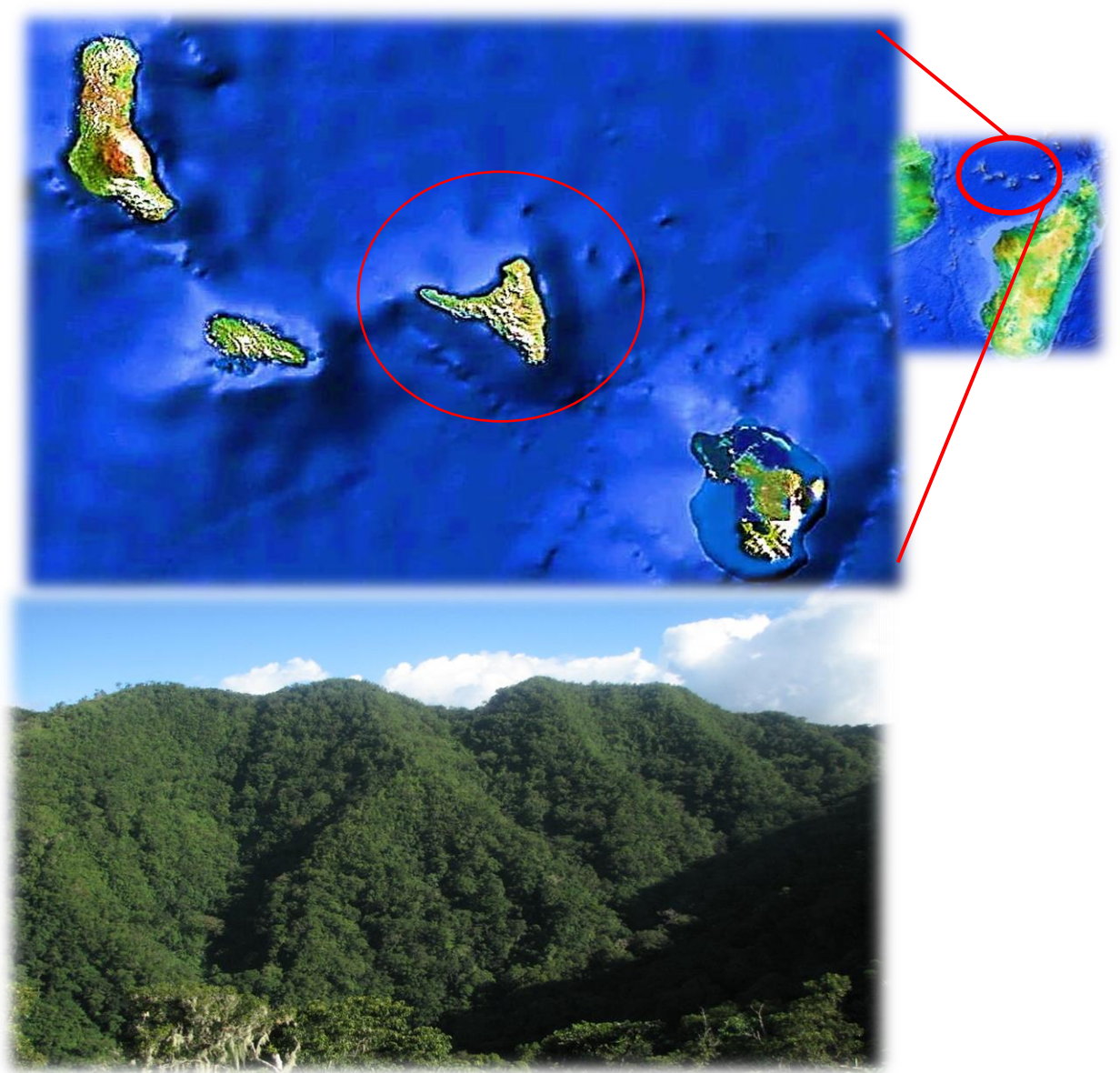


Figure 1. Situation géographique de zone d'étude

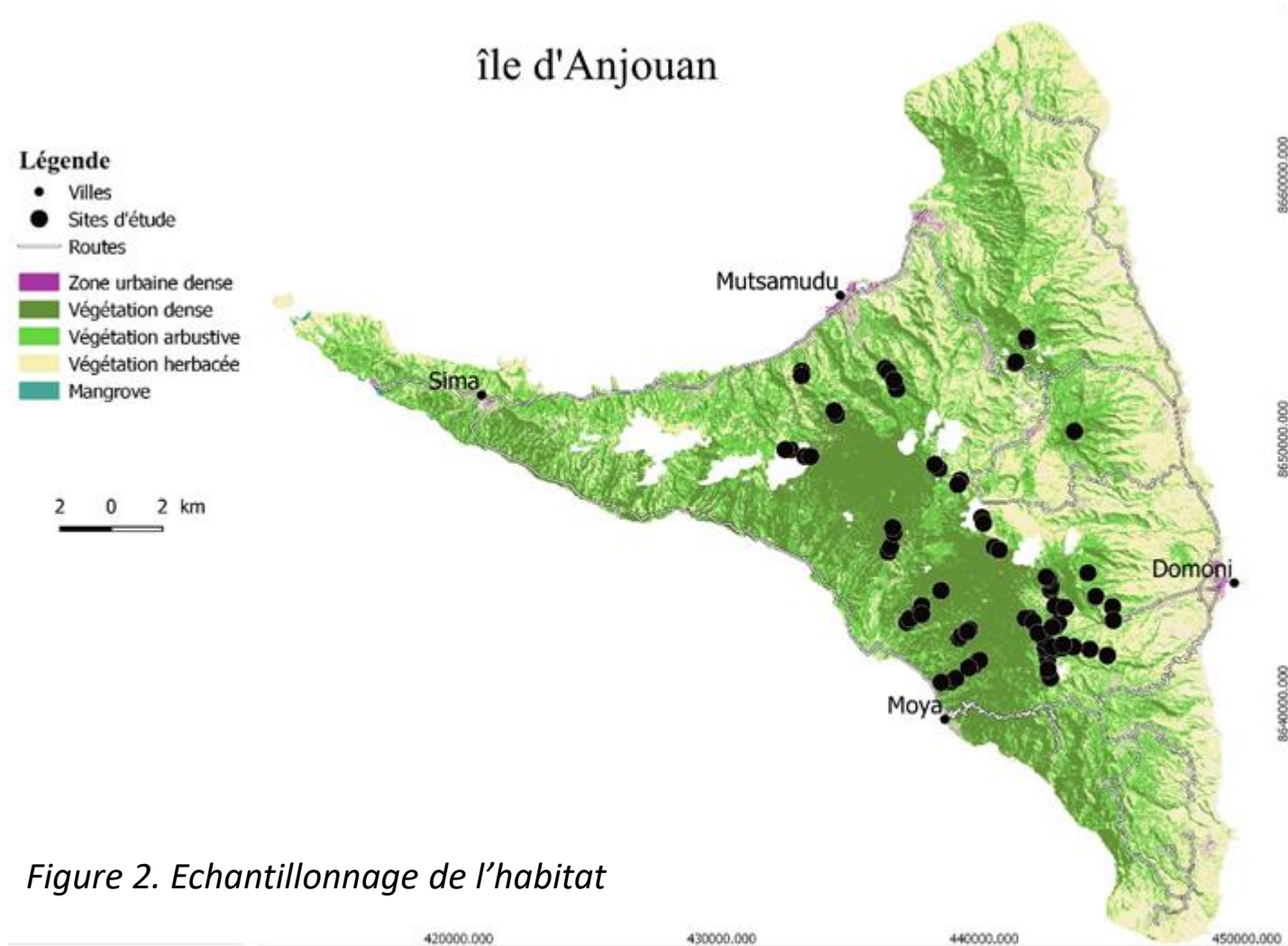
o1: Classification de l'habitat et santé biogéographique

Objectifs:

- Classification de couverture forestière
- évaluer l'état la répartition des arbres indigènes

Analyses: Classification hiérarchique (HCPC)

- Année: 2010
- 77 Quadras de 50m²
- 21 arbres indigènes / 4 endémiques
- Variables: N° d'arbres natifs, non-natifs, espèces, et arbres totales
- Variables supplémentaires: altitude, DBH, espacement des arbres, % activité agricole



classification de l'habitat

- **Classe 1a** : plantation des zones ouvertes de haute altitude
- **Classe 1b** : forêt sévèrement dégradée et sous plantée
- **Classe 1c** : plantation des zones moins boisées
- **Classe 1d** : forêt dégradée
- **Classe 2** : agroforêt dense de moyenne altitude
- **Classe 3** : forêt dense

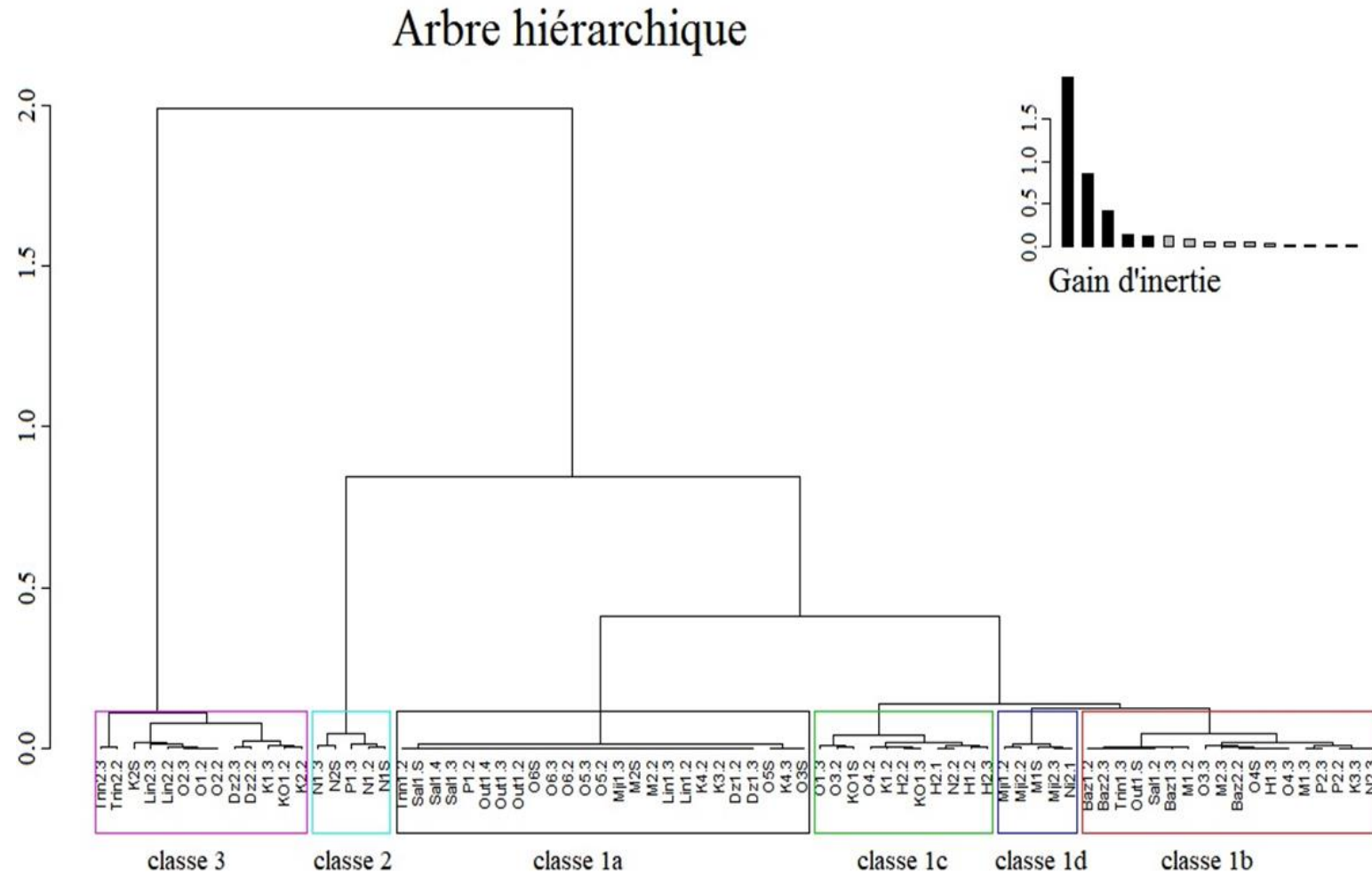


Figure 3. Classification hiérarchique des sites d'habitat

classification de l'habitat



Plantation des zones moins boisées



Agroforêt dense de moyenne altitude



Plantation des zones ouvertes de haute altitude



Forêt sévèrement dégradée et sous plantée



Forêt dégradée



Forêt dense

Composition de la communauté végétale

Degré élevé d'imbrication
de 21 d'arbres

Température froide : 1,9°

Remplissage de la matrice: 6,2%

Espèces sensibles à
l'extinction

Chrysophyllum boivinianum (Mfuantsy)

Macphersonia gracilis (Mtsutsu)

Macaranga boutonoides (Mcanyani)

Liste d'espèces prioritaires
à la reforestation

Chrysophyllum boivinianum, *Macphersonia gracilis*, *Macaranga boutonoides*, *Calophyllum inophyllum*, *Ocotea comoriensis*, *Cussonia spicata*, *Polyscias* sp., *Brachylaena ramiflora*, *Dypsis lanceolata*, *Gastonia duplicata*, *Draceana xiphophylla* et *Khaya comorensis*.

o2: dépendance d'habitat et indicateur de forêt (oiseaux)

Objectifs:

- identifier les relations d'association des oiseaux endémiques avec les habitats forestiers
- identifier des oiseaux indicateurs des couvertures forestières et de l'altitude

Analyses: Indicspecies (logiciel R)

- 15 oiseaux
- 77 points d'écoutes
- 2 visites de 6 à 9h, 2 saisons entre 2011-2012
- 6 classes d'habitats et 7 classes d'altitude

Résultats

Préférence d'habitat: **IndVal + coef corr r**

Indicateurs: $p < 0,05$, $A > 0,6$ et $B > 0,25$

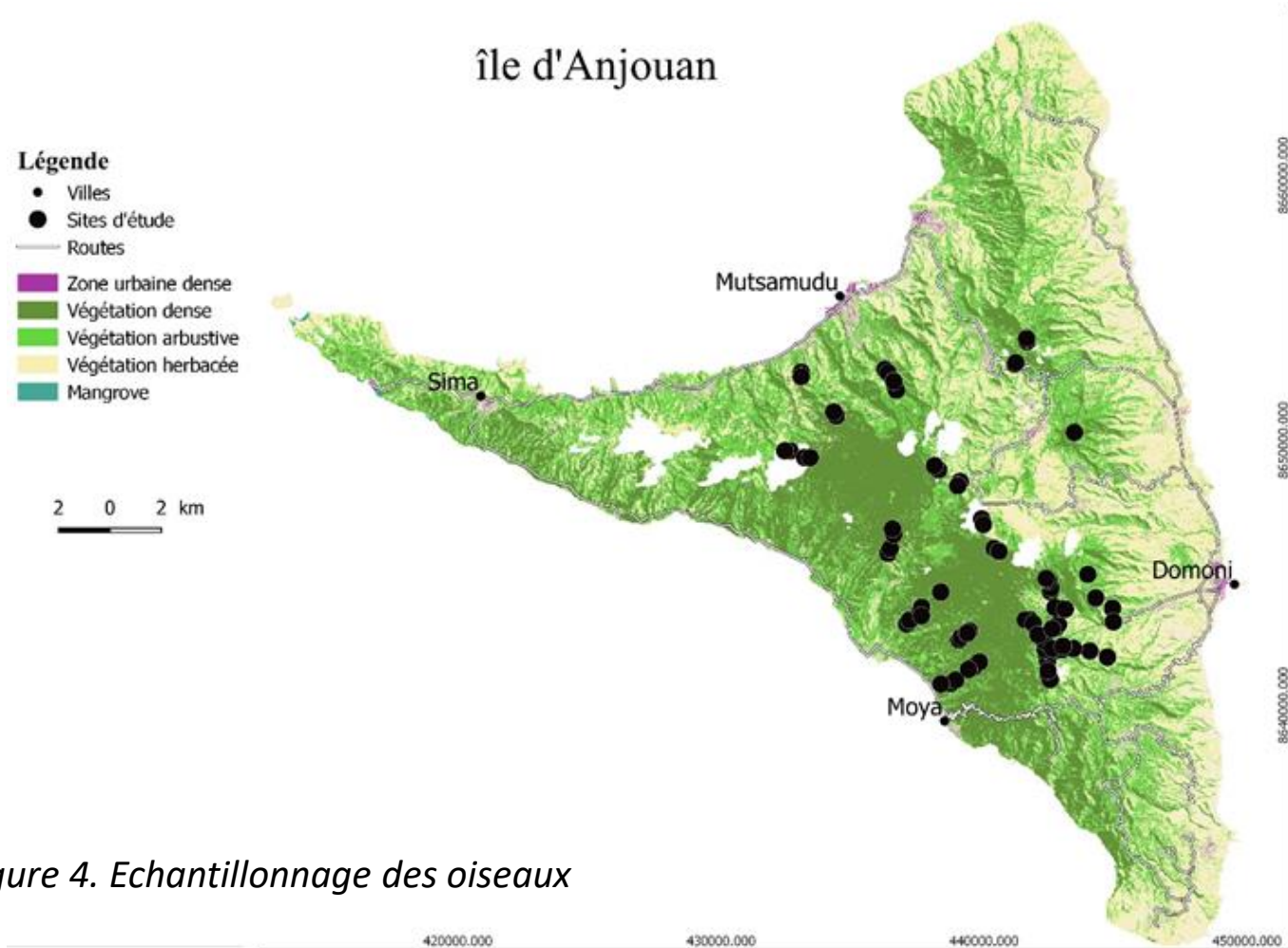


Figure 4. Echantillonnage des oiseaux

préférence d'habitat

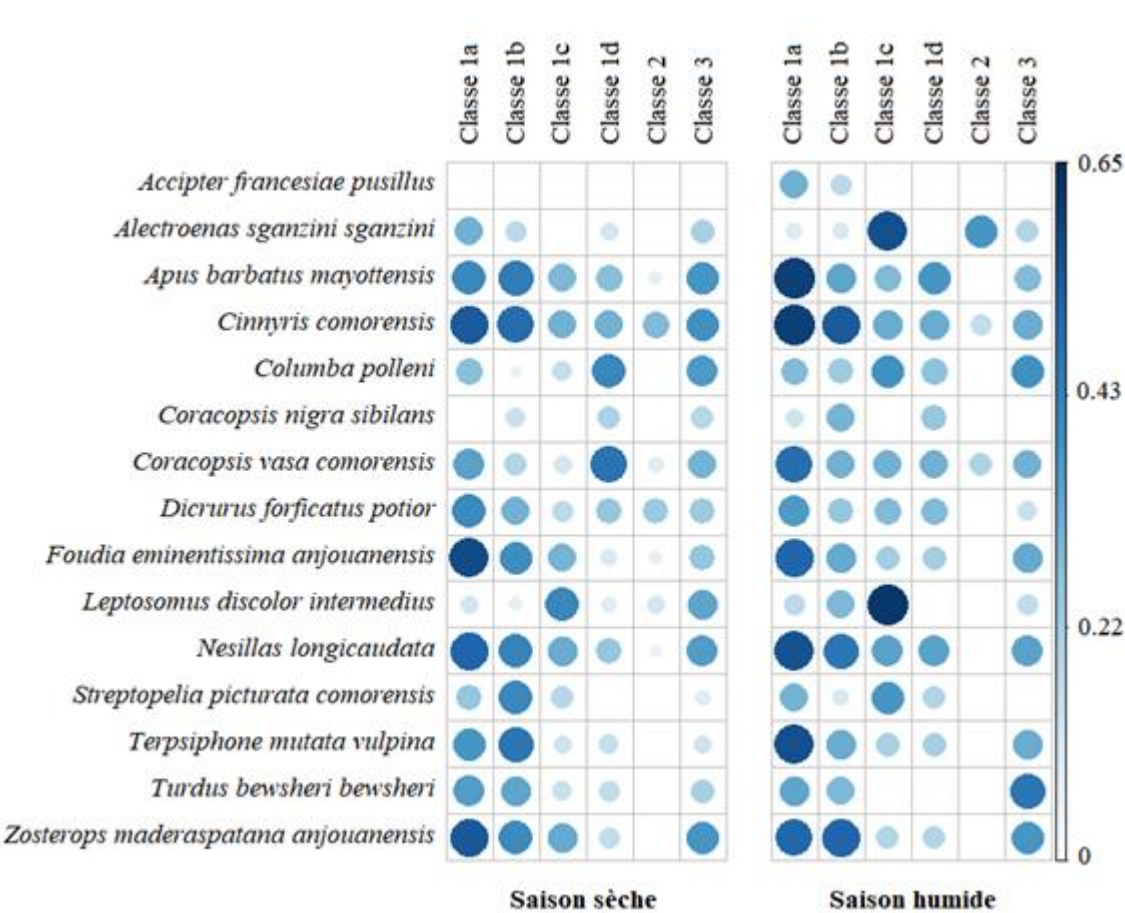


Figure 5. Force d'association espèce-habitat: disque grande et bleue foncé = force d'association importante

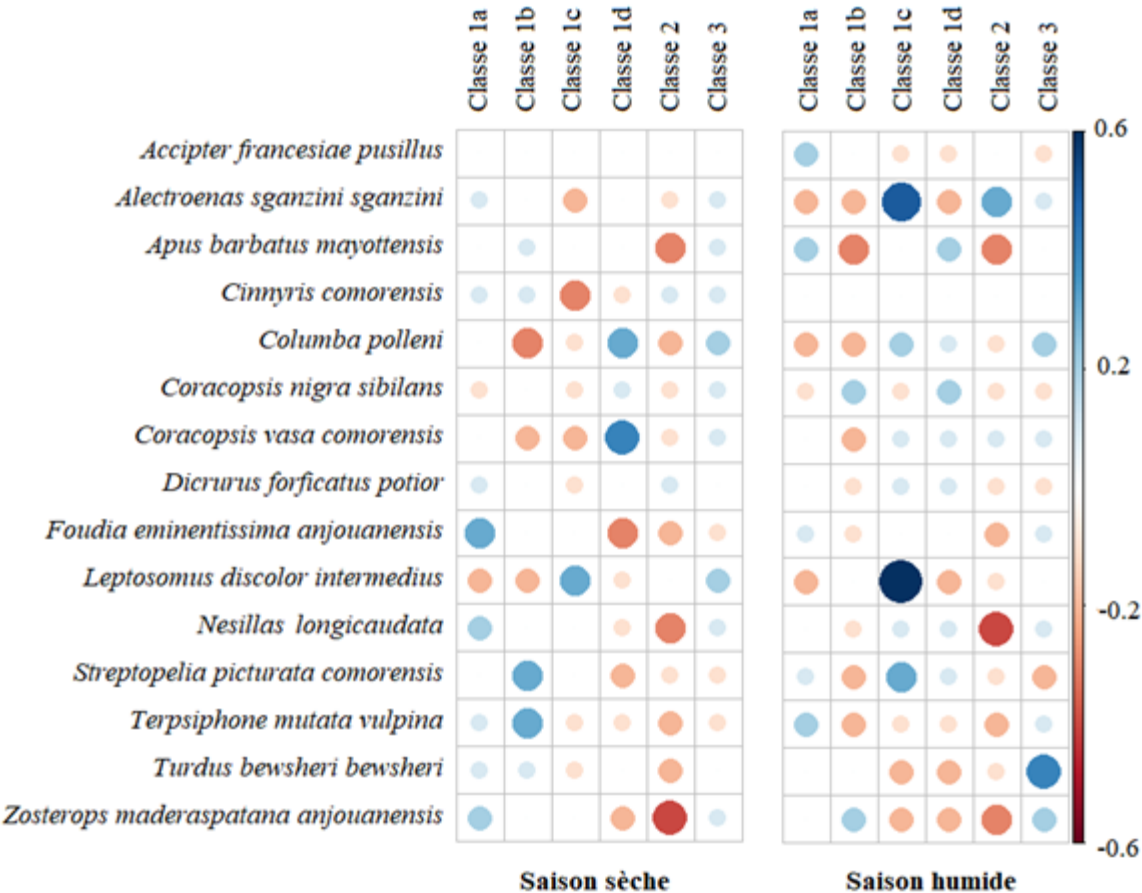


Figure 6. Coefficient de corrélation espèce-habitat: disque grand et bleu foncée = force d'association importante; disque grande et rouge = évite fortement

préférence d'altitude

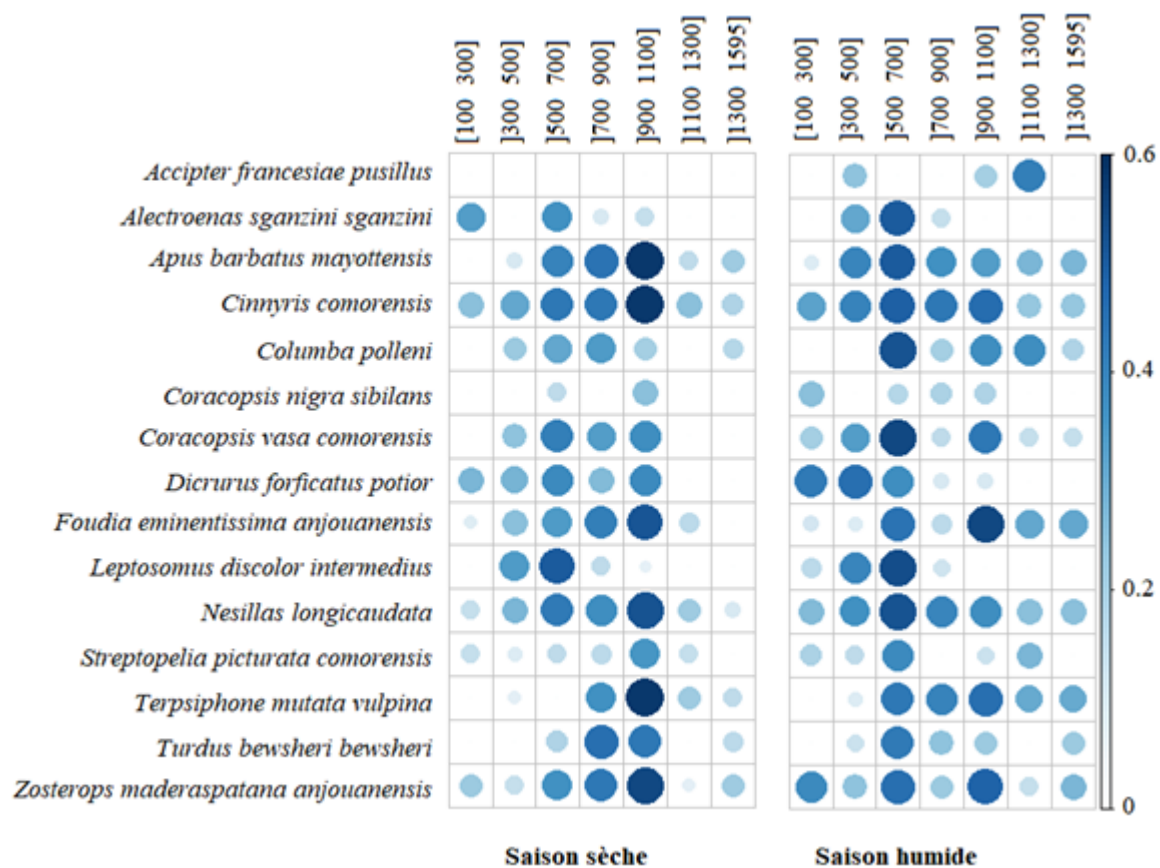


Figure 7. Force d'association espèce-altitude : disque grande et bleu foncé = force d'association importante

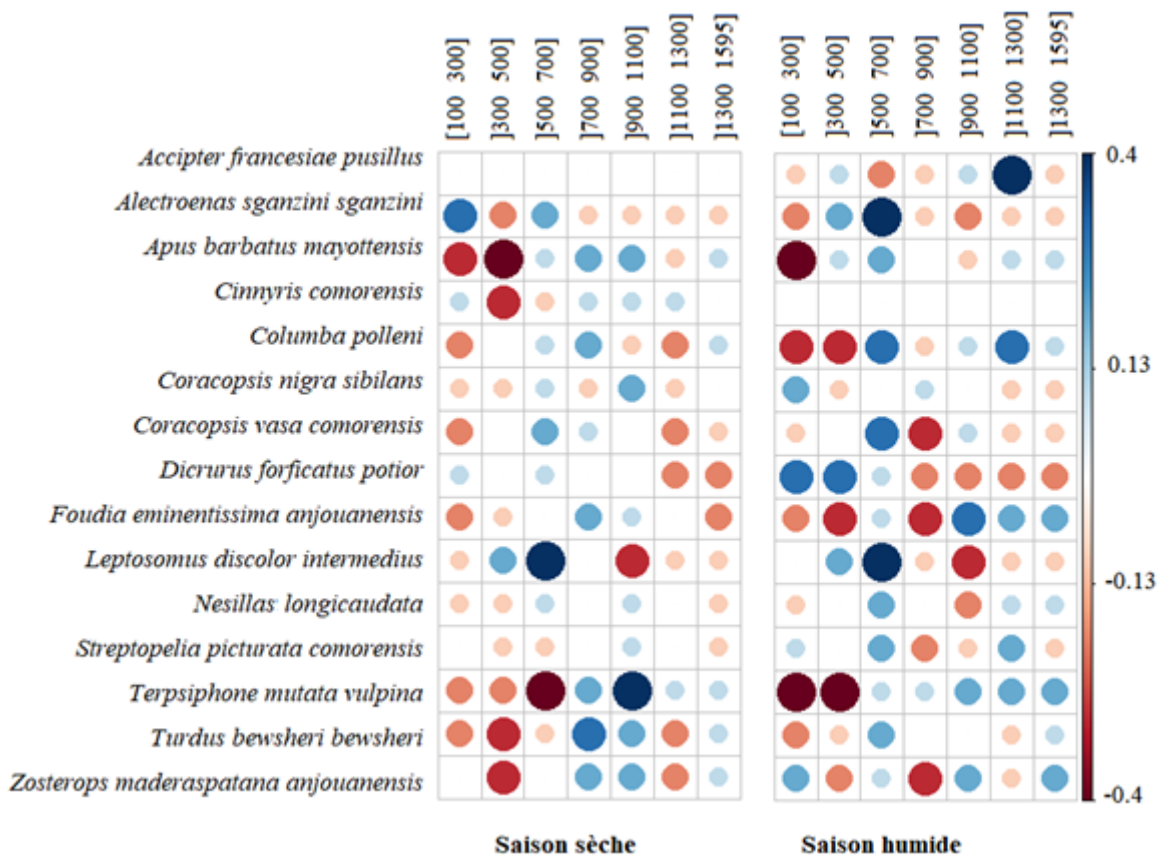


Figure 8. Coefficient de corrélation espèce-altitude: disque grand et bleu foncée = force d'association importante; disque grande et rouge = évite fortement

oiseaux indicateurs de l'habitat

Indicateurs de la forêt dense:

- *Terpsiphone mutata vulpina* & *Coracopsis nigra sibilans*
 - Spécificité : 0,6
 - Fidélité: 0,8
 - Indval: 0,7
 - $P = 0,01$



oiseaux indicateurs de l'altitude

Indicateurs de haute altitude (700-1100m):



Terpsiphone mutata vulpina



Turdus bewsheri bewsheri



Alectroenas nganzini sganzini

Indicateurs de moyenne altitude:

- *Leptosomus discolor intermidus*

o3: distribution & zone prioritaire pour la conservation

Echantillonnage:

- 51 points d'écoutes sur 3 catégories de végétation
- 4 visites par site : 6h-9h; 9h-12h; 12h-15h; 15-17h

Analyse de la richesse: Arbre de régression (logiciel R)

- satellite SENTINEL 2
 - 11bandes (10m pixel)
 - NDVI ((10m pixel)
 - élévation (5m pixel)

Résultats

Bon model: +1000 arbres

Analyse de la distribution: Biomod2 (logiciel R)

- données de présence de 15 oiseaux

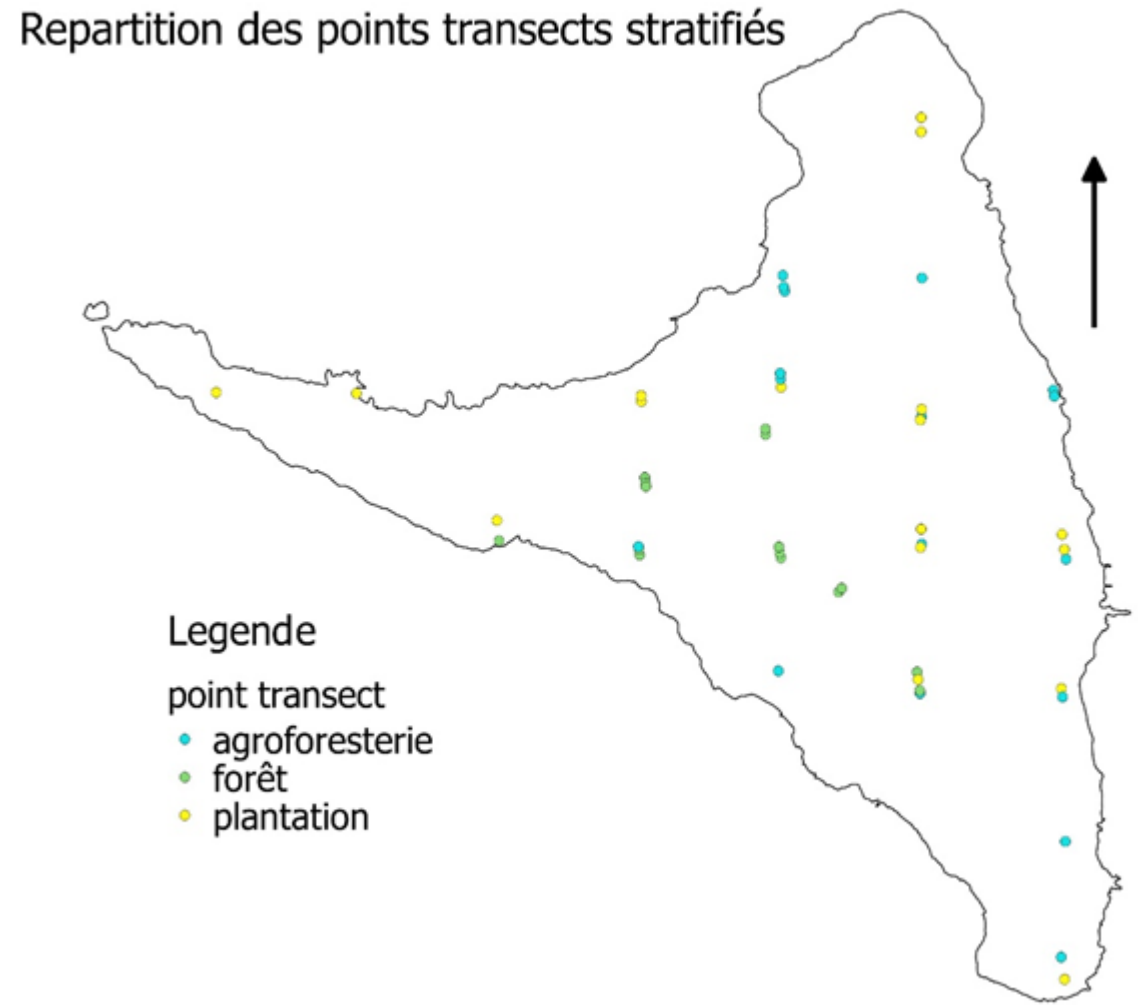


Figure 9. Echantillonnage des oiseaux pour la distribution

distribution : richesse des oiseaux endémiques

Variables les plus influents:

- Élévation : 55,2
- Bande 04 : 6,29
- NDVI (std) : 5,92
- NDVI (moy) : 5,16

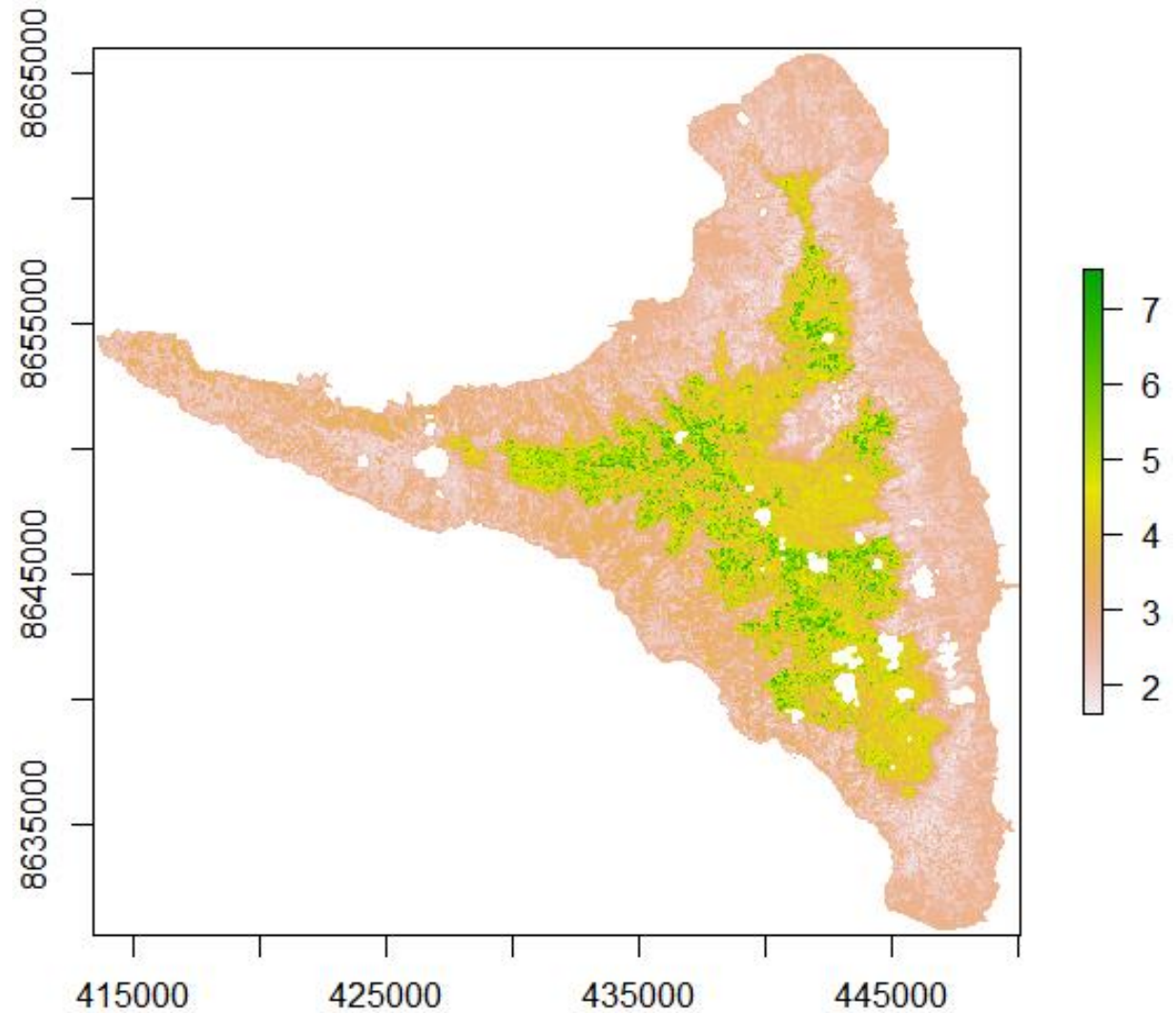


Figure 10. Distribution des oiseaux endémiques: jaune au vert = zone avec plus d'espèces; marron au blanc = zone avec moins espèces

distribution : oiseaux et habitat convenable

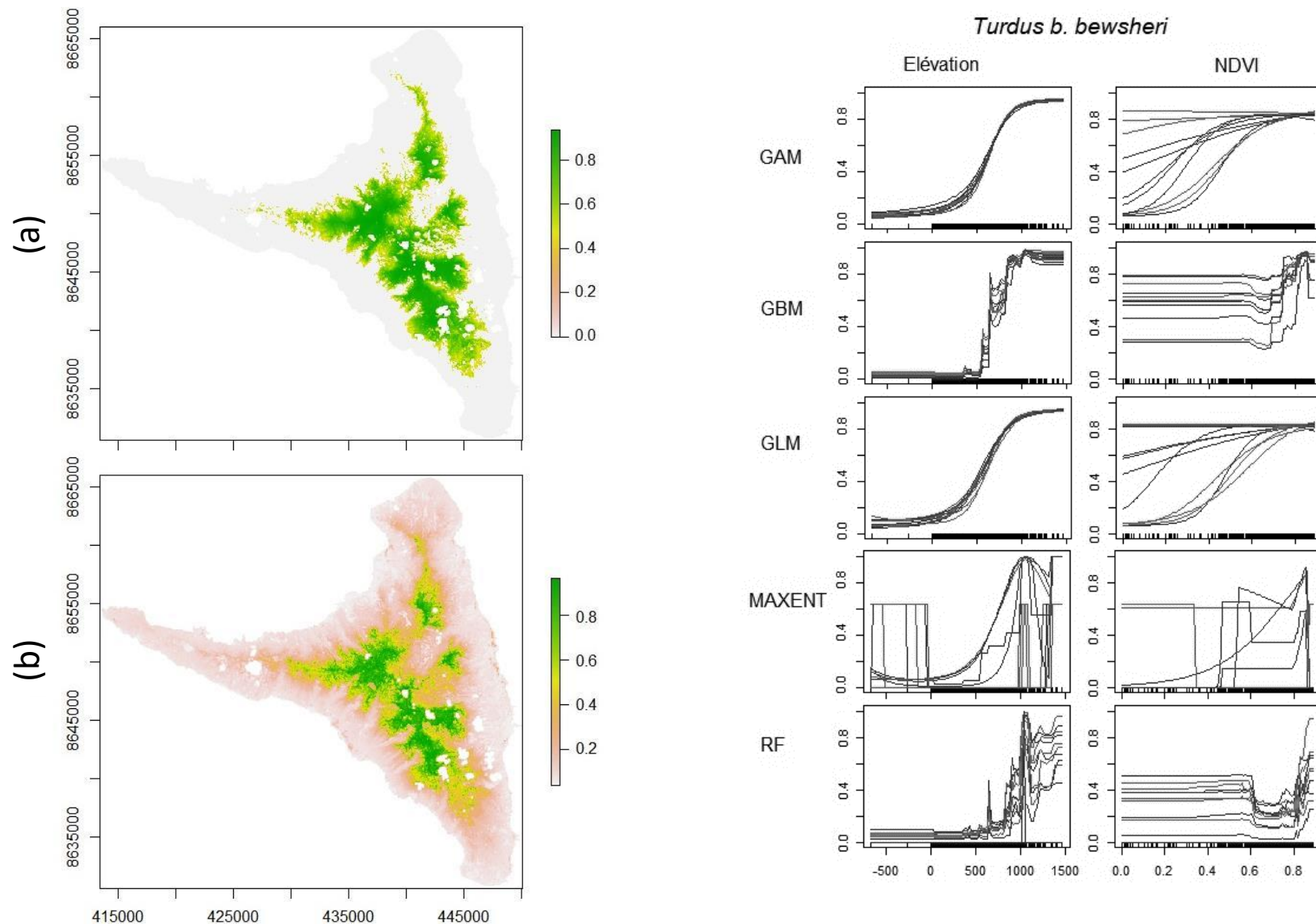


Figure 11. Distribution de *Turdus bewsheri bewsheri* (a); Habitat convenable (b)



zones prioritaires (oiseaux endémiques)

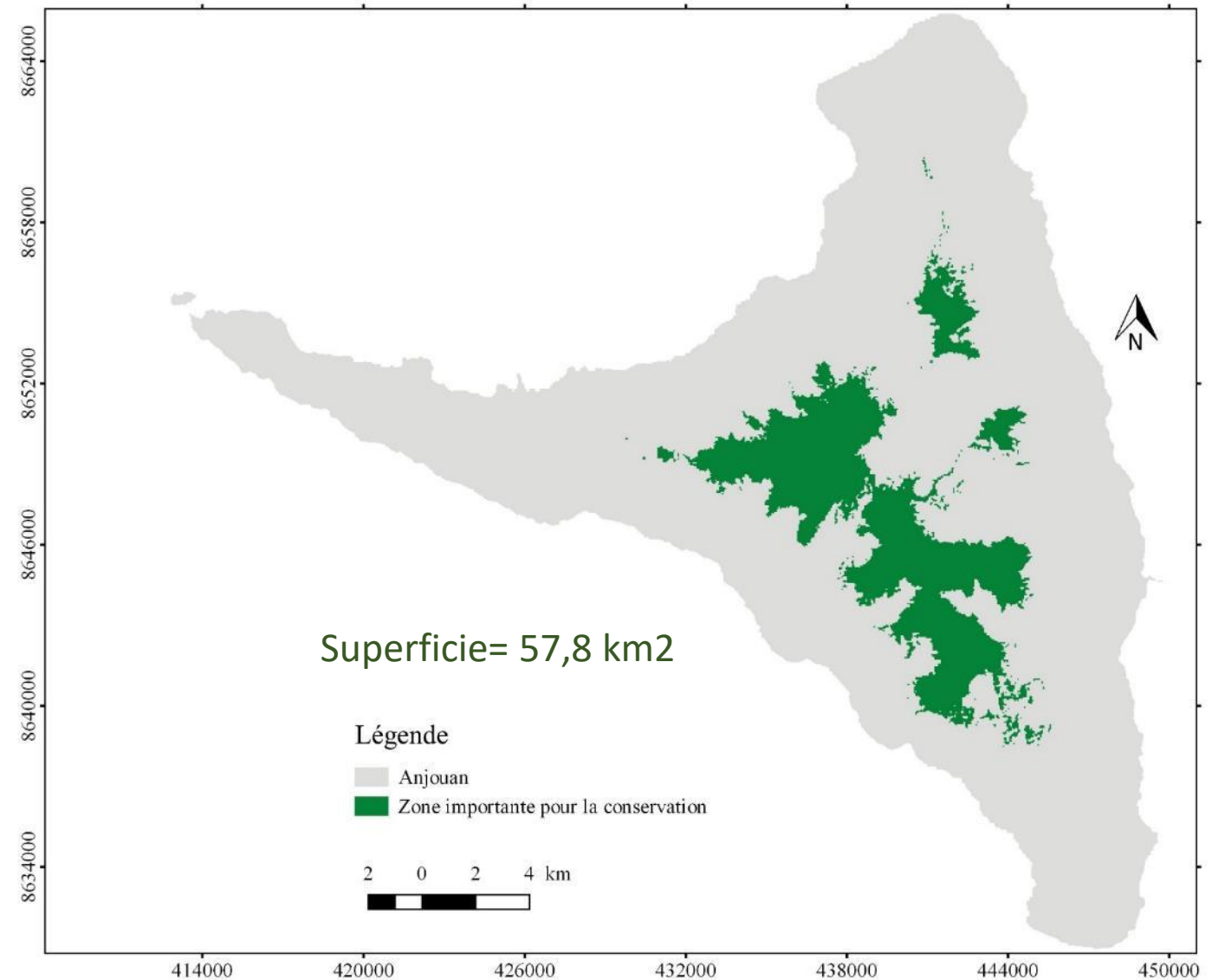
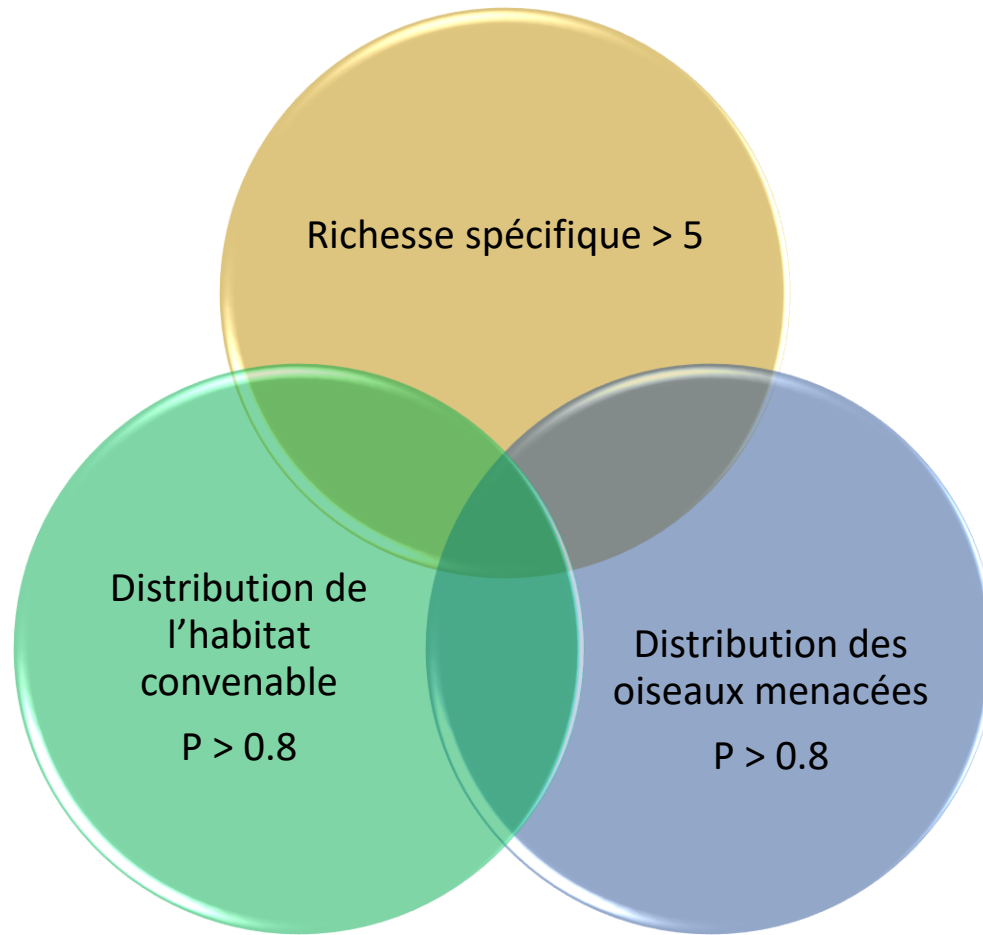


Figure 17. Zone importante pour la conservation des oiseaux

distribution : oiseaux et habitat convenable

Tableau 7. Superficie de la zone de présence et de l'habitat convenable

Oiseaux endémiques	Surface en (km ²)		Proportion par rapport à l'île (%)
	Zone de présence	Habitat convenable	
<i>Accipter francesiae pusillus</i>	90,9	5,6	21,4
<i>Cinnyris comorensis</i>	158,9	17,4	37,5
<i>Foudia eminentissima anjouanensis</i>	95,6	14,1	22,5
<i>Leptosomus discolor intermedius</i>	124,9	13,1	29,5
<i>Nesillas longicaudata</i>	160,5	19,5	37,8
<i>Terpsiphone mutata vulpina</i>	96,1	16,6	22,7
<i>Turdus bewsheri bewsheri</i>	120,5	22	28,4
<i>Zosterops maderaspatana anjouanensis</i>	94,6	17,4	22,3
<i>Columba polleni</i>	156,7	23,7	37
<i>Coracopsis nigra sibilans</i>	118,7	14,5	28

statut des oiseaux endémiques

Critère de l'IUCN paragraphe B : aire de répartition

- B1 (zone d'occurrence) et/ou B2 (zone d'occupation)
- mailles de 2 x 2 km²

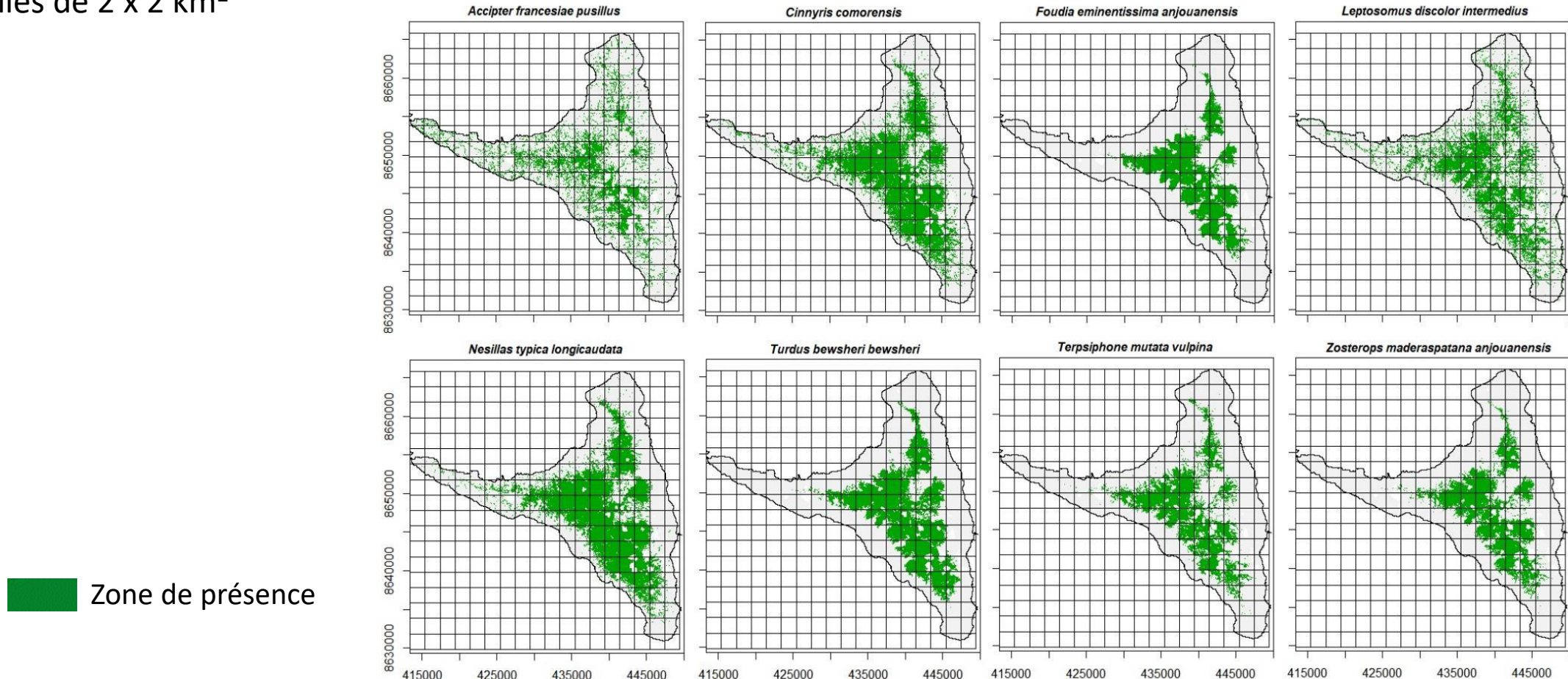


Figure 12. Zone d'occurrence (EOO) et zone d'occupation (AOO)

statut des oiseaux endémiques

Tableau 8. Évaluation des oiseaux. EOO = zone d'occurrence; AOO = zone d'occupation

Espèces d'oiseaux	AOO (km ²)	En danger critique (CR)	En danger (EN)	Vulnérable (VU)	Condition de l'état de EOO et ou AOO ou du nombre d'individus matures		
		< 100 km ²	< 5000 km ²	< 20 000 km ²	(a)	(b)	(c)
		< 10 km ²	< 500 km ²	< 2000 km ²			
<i>Accipter francesiae pusillus</i>	424				(a)	(ii) ; (iii)	
<i>Cinnyris comorensis</i>	424				(a)	(ii) ; (iii)	
<i>Foudia eminentissima anjouanensis</i>	228				(a)	(ii) ; (iii)	
<i>Leptosomus discolor intermedius</i>	424				(a)	(ii) ; (iii)	
<i>Nesillas longicaudata</i>	424				(a)	(ii) ; (iii)	
<i>Terpsiphone mutata vulpina</i>	308				(a)	(ii) ; (iii)	
<i>Turdus bewsheri bewsheri</i>	268				(a)	(ii) ; (iii)	
<i>Zosterops maderaspatana anjouanensis</i>	260				(a)	(ii) ; (iii)	

(a) = sévèrement dégradée ou nombre de localités

(b) = déclin continu

(c) = fluctuation extrême

(ii) = zone d'occupation

(iii) = superficie, étendue et/ou qualité de l'habitat.

 Oiseaux en danger

estimation de la population et oiseaux en danger

Tableau 9. Estimation de la population avec distance sampling

	Nombre d'observations	Surface d'occupation (km²)	Coefficient d'AIC	Variation du Coefficient d'AIC	Densité	Intervalle de confiance de la densité	Effectif de la population x 10³	Intervalle de confiance de la population x 10³ à 95 %	Pourcentage du coefficient de variation	Taux de rencontre	Modèle d'ajustement sélectionné
<i>Accipter francesiae pusillus</i>											
<i>Cinnyris comorensis</i>	729	158,9	2222,8	0	129	87 – 191	41	27,6 - 60,8	20,3	0,3	SmN/Cos
<i>Foudia eminentissima anjouanensis</i>	55	95,6	481,6	3,6	26	17 – 41	5	3,2 - 7,8	21,9	0,3	Unif/Cos
<i>Leptosomus discolor intermedius</i>	37	124,9	351	9,7	13	6 – 29	2,2	1 - 4,7	39,6	0,3	SemN/Simp
<i>Nesillas longicaudata</i>	233	160,5	867	0	33	24 – 44	10	7,7 - 14	15,3	0,2	SemN/Simp
<i>Terpsiphone mutata vulpina</i>	401	96,1	1389	0	47	37 – 62	9	7 - 11,9	13,1	0,3	SemN/Simp
<i>Turdus bewsheri bewsheri</i>	70	120,5	282	0	25	15 – 40	5,9	3,8 - 9,4	23,5	0,2	SemN/Simp
<i>Zosterops maderaspatana anjouanensis</i>	298	94,6	1070	0	45	35 – 59	11,4	8,8 - 14,9	13,4	0,3	SemN/Simp
<i>Columba polleni</i>											
<i>Coracopsis nigra sibilans</i>	38	18,7	128,9		10	4 – 24	2,9	1,14 - 7,5		0,3	

zones prioritaires (reptile endémique)

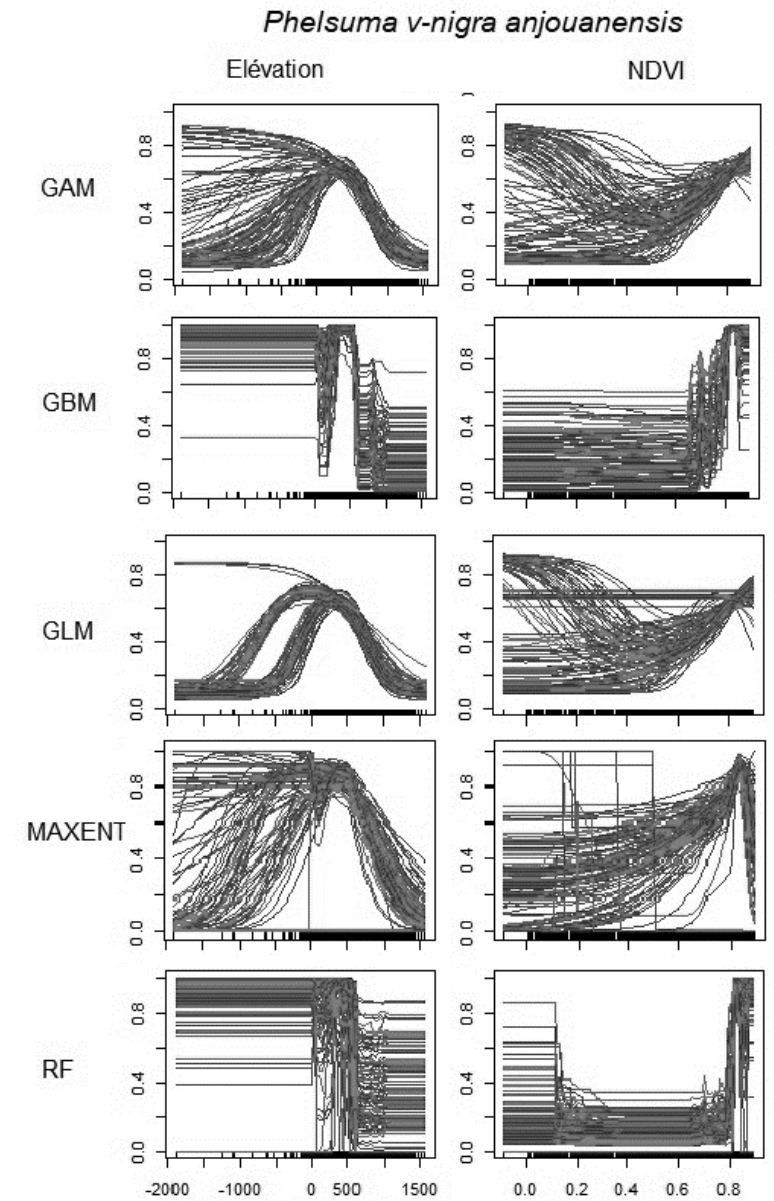
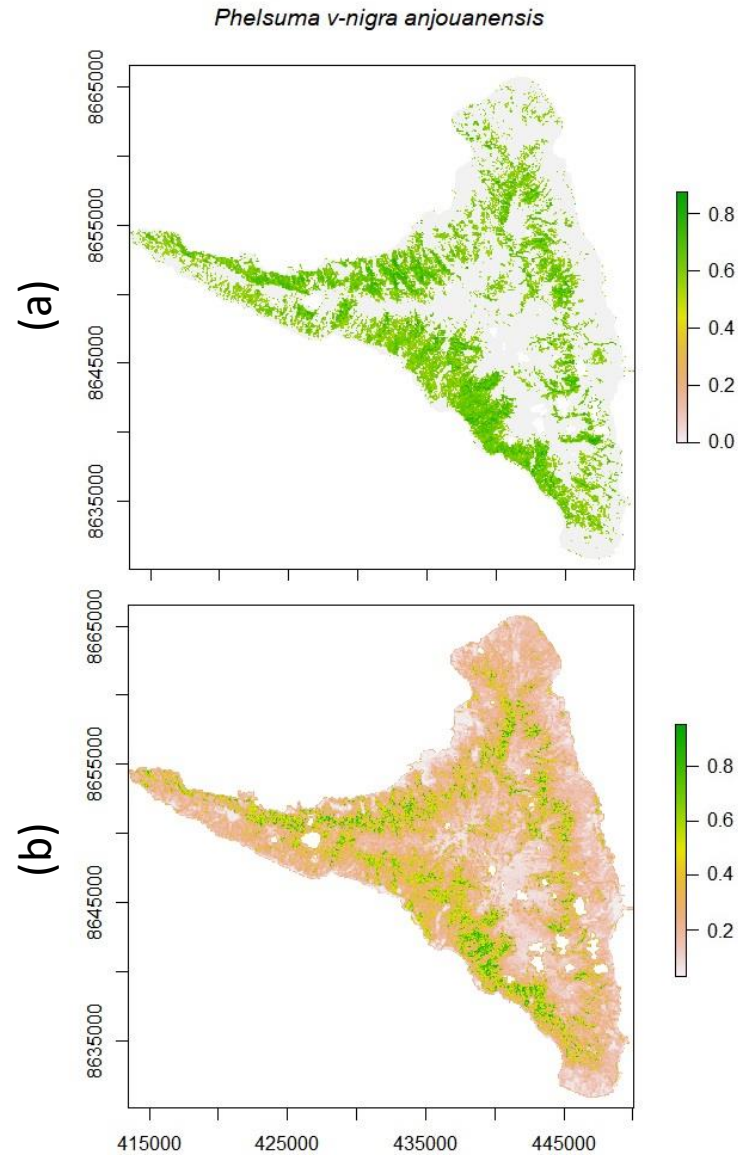


Figure 13. Distribution de *Phelsuma v-nigra anjouanensis* (a); Habitat convenable (b)

Figure 14. Influence de l'altitude et du NDVI

zones prioritaires (reptile endémique)

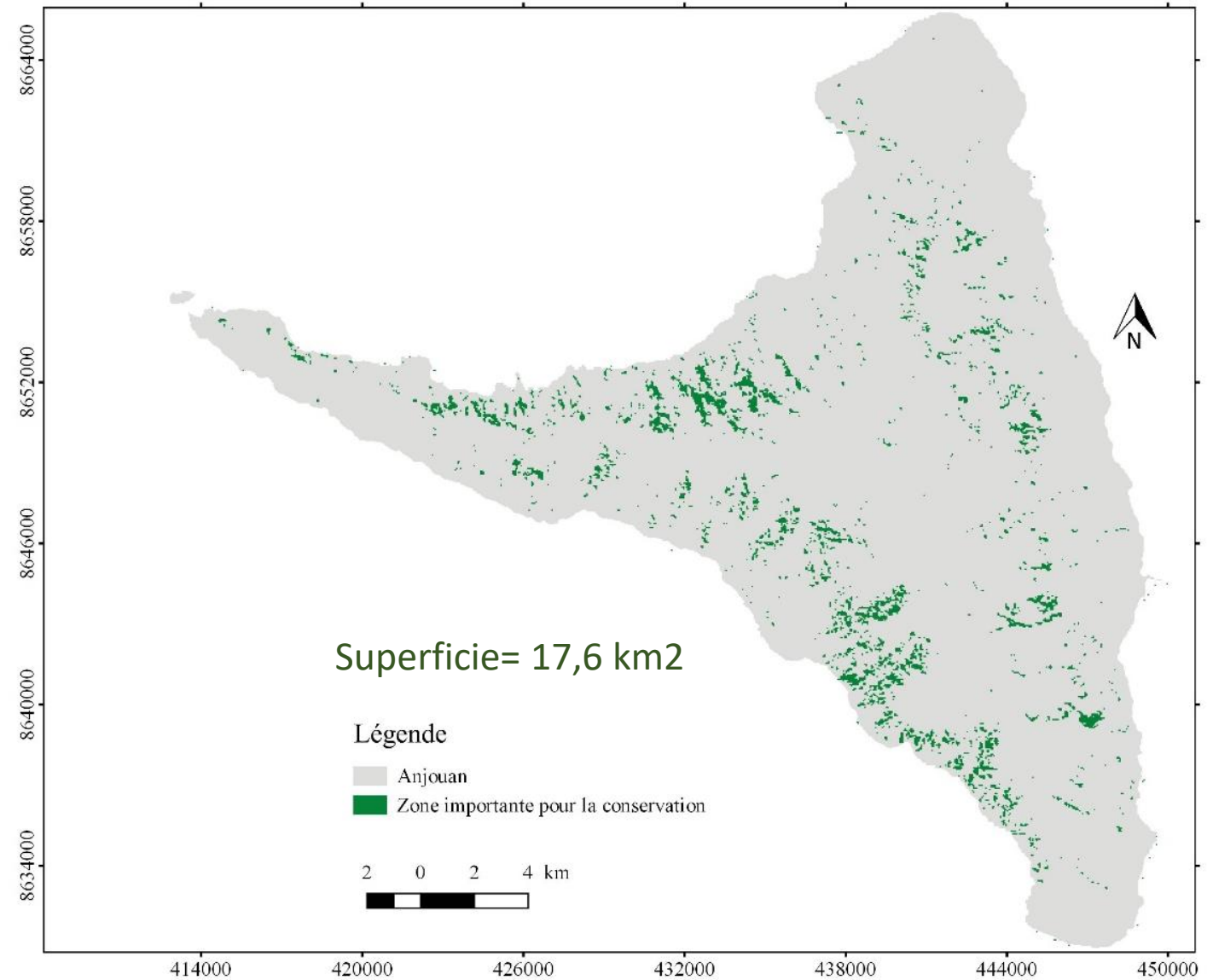
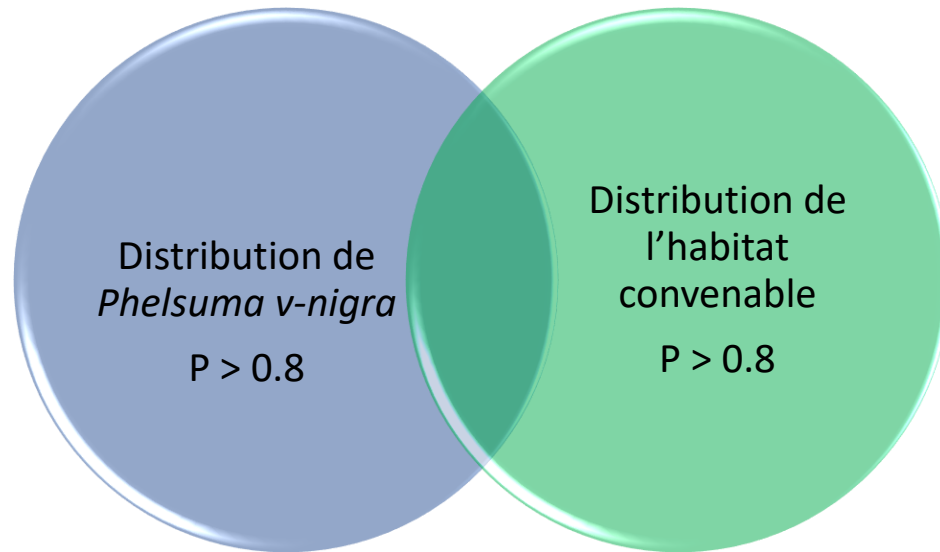


Figure 18. Zone importante pour la conservation des oiseaux

zones prioritaires (roussettes de Livingstone)

Pteropus livingstonii

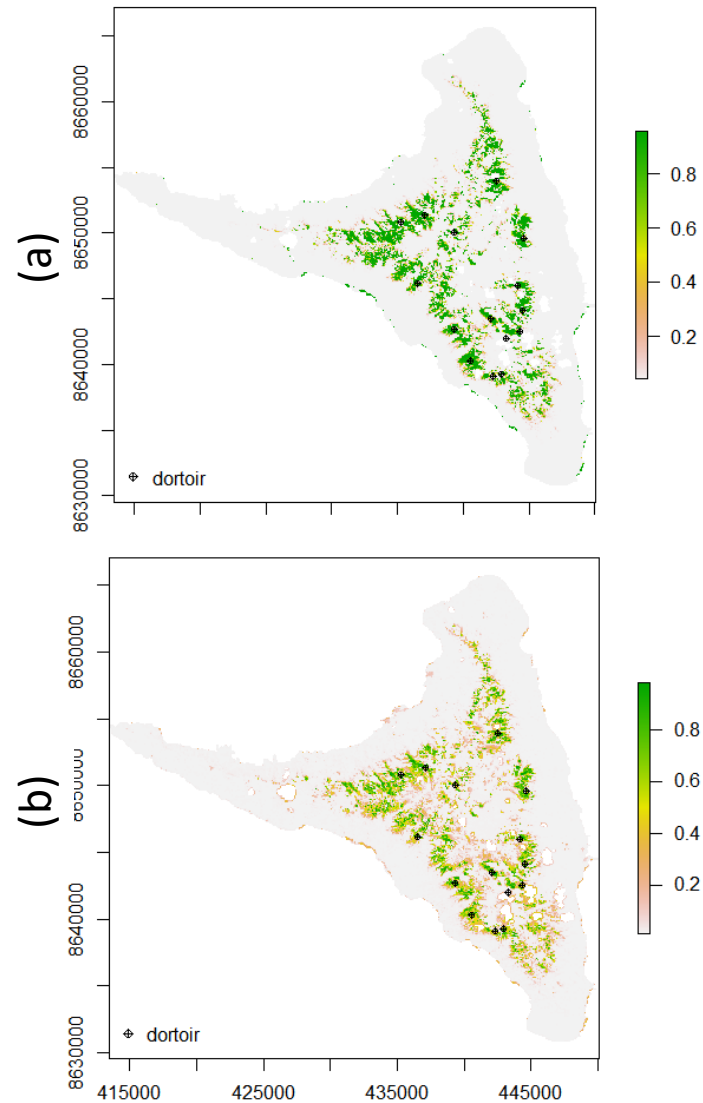


Figure 15. Distribution de *Pteropus livingstonii* (a); Habitat convenable (b)

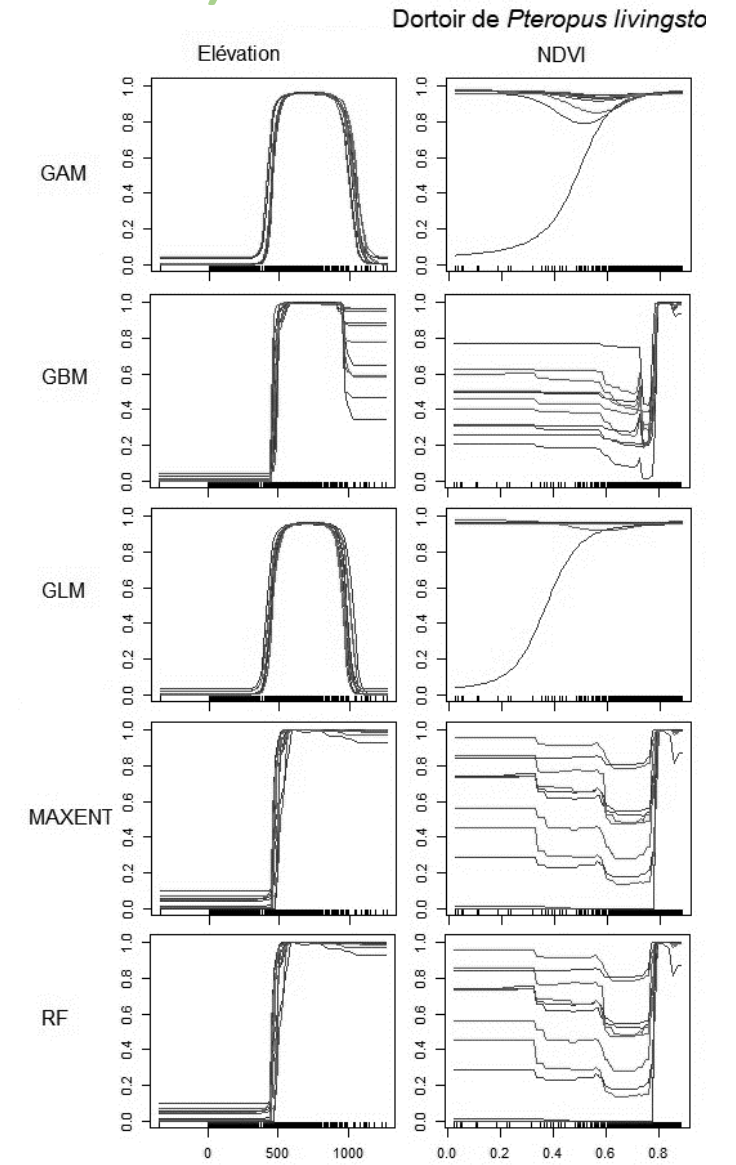


Figure 16. Influence de l'altitude et du NDVI

o6: zones prioritaires (roussettes de Livingstone)

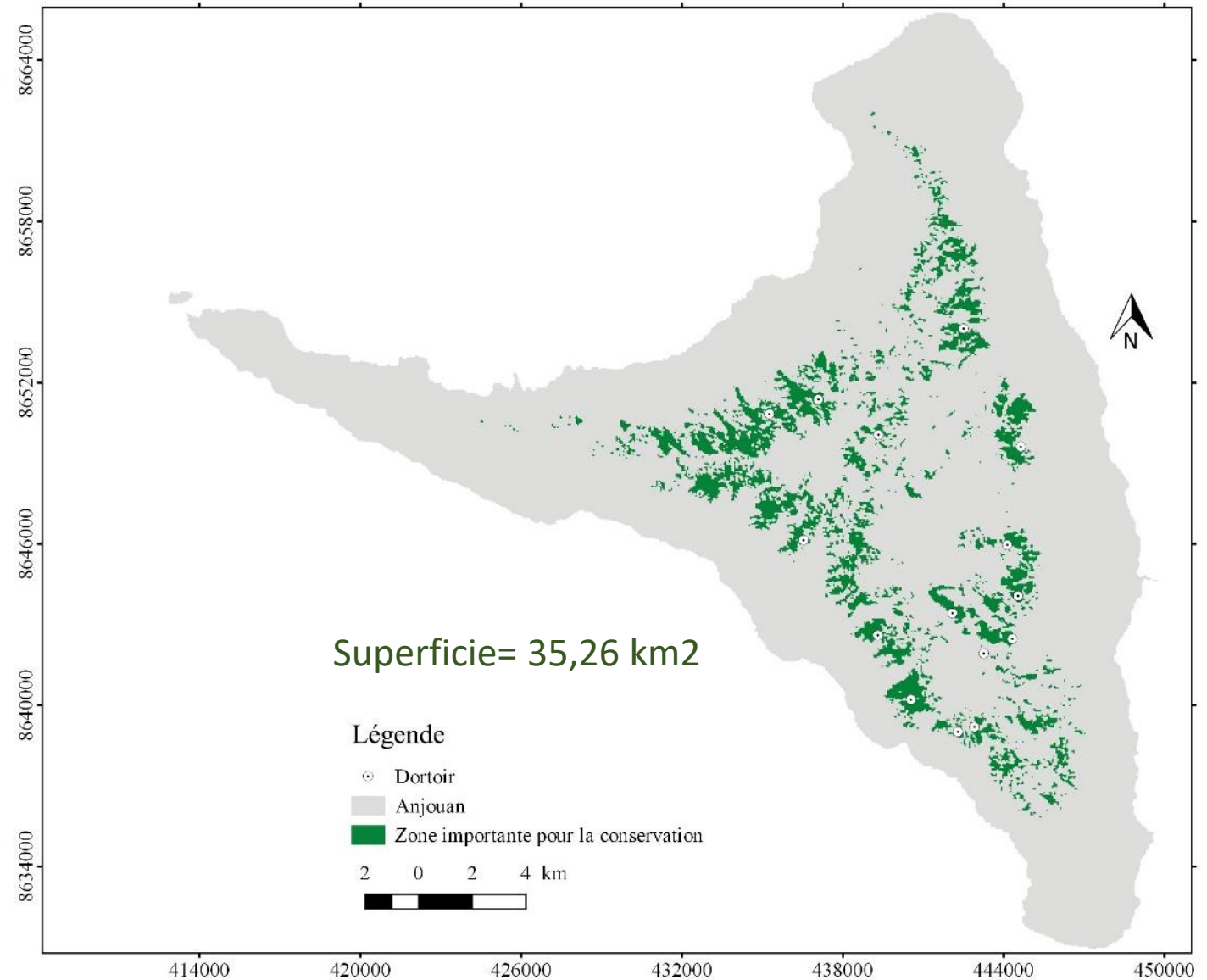
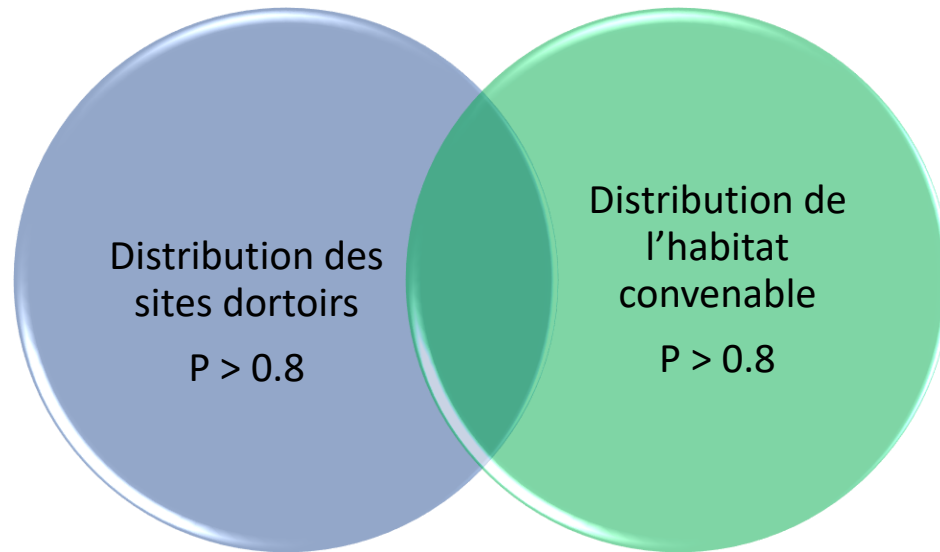
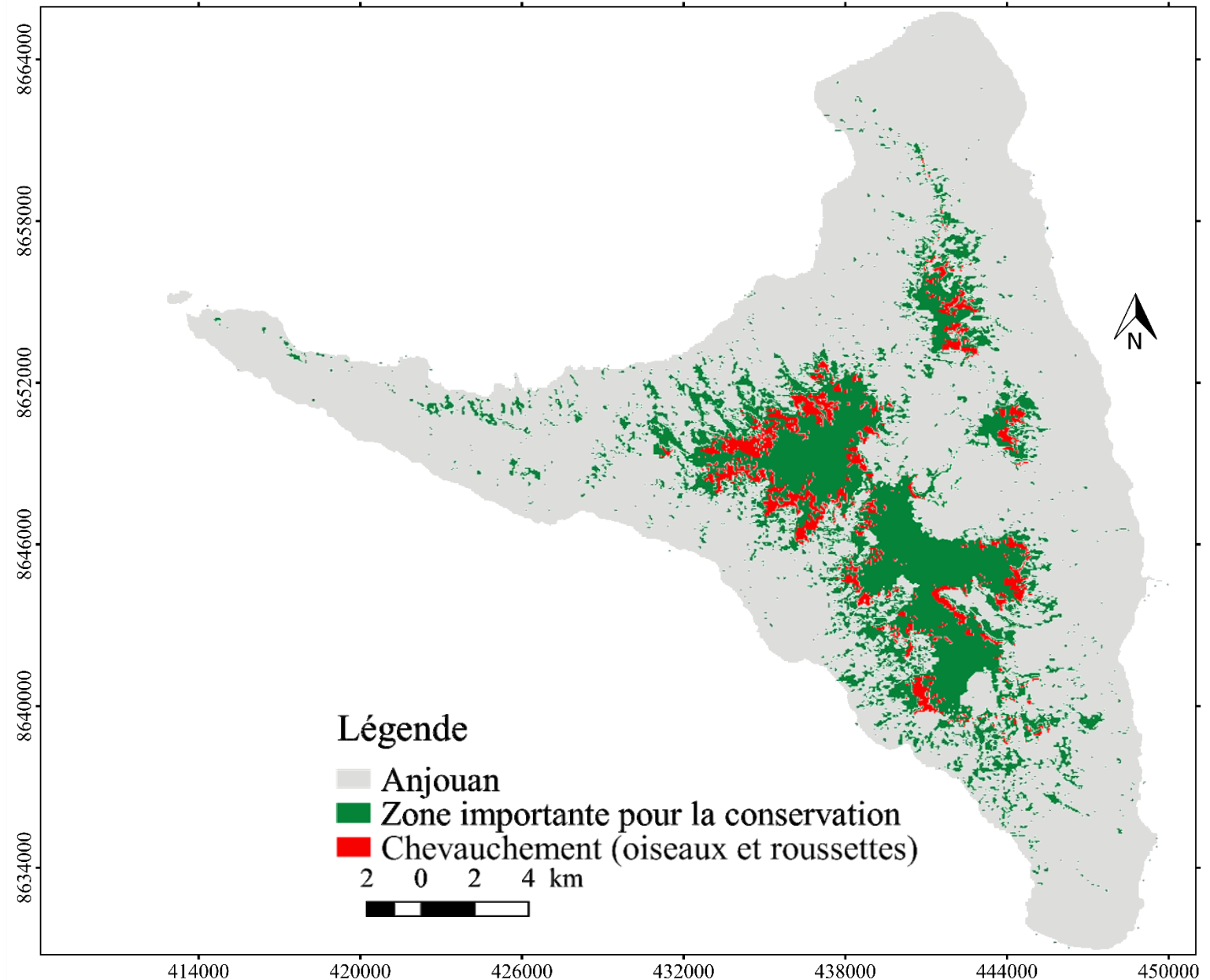
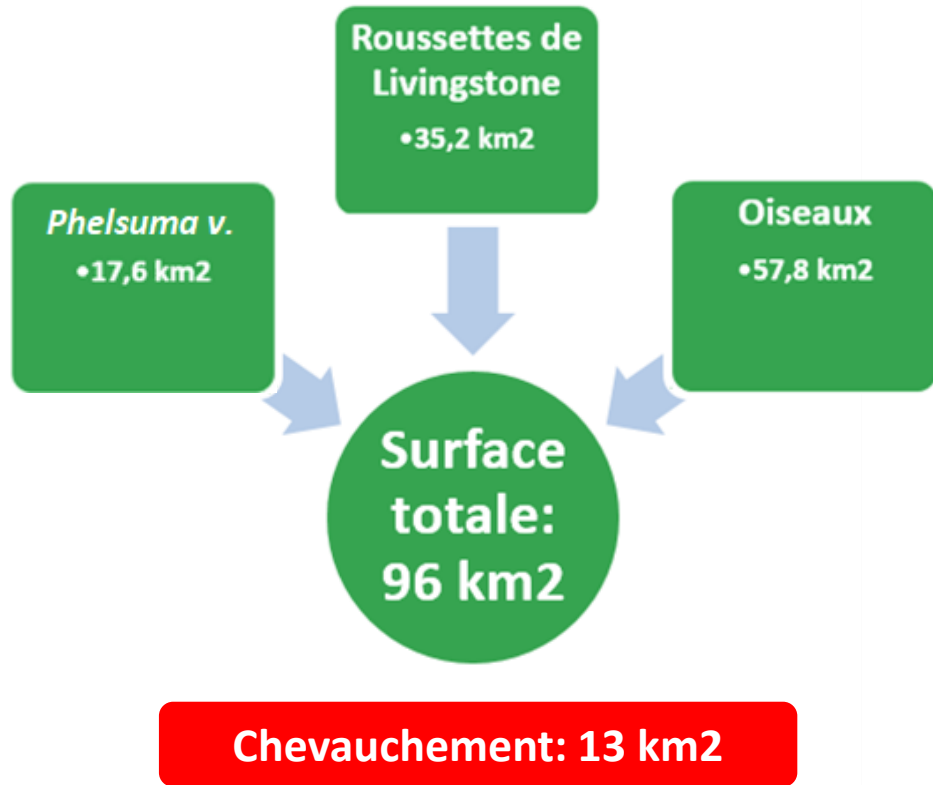


Figure 19. Zone importante pour la conservation des oiseaux

zones importantes pour la conservation



Discussion

En désaccord avec nos l'hypothèses : dépendance aux habitats naturels moins perturbés

- ✓ Les oiseaux endémiques dépendaient:
 - ✓ des zones entre 500-1100 m (zones exploitées)
 - ✓ plantation des hautes altitudes et les forêts dégradées

Signification:

- ✓ Importance de l'action humaine sur la couverture végétale
- ✓ Zone de préférence des oiseaux sous pression agricole
- ✓ Oiseaux endémiques mis en danger

chevauchement : zone prioritaire pour la conservation / aire protégée / habitat

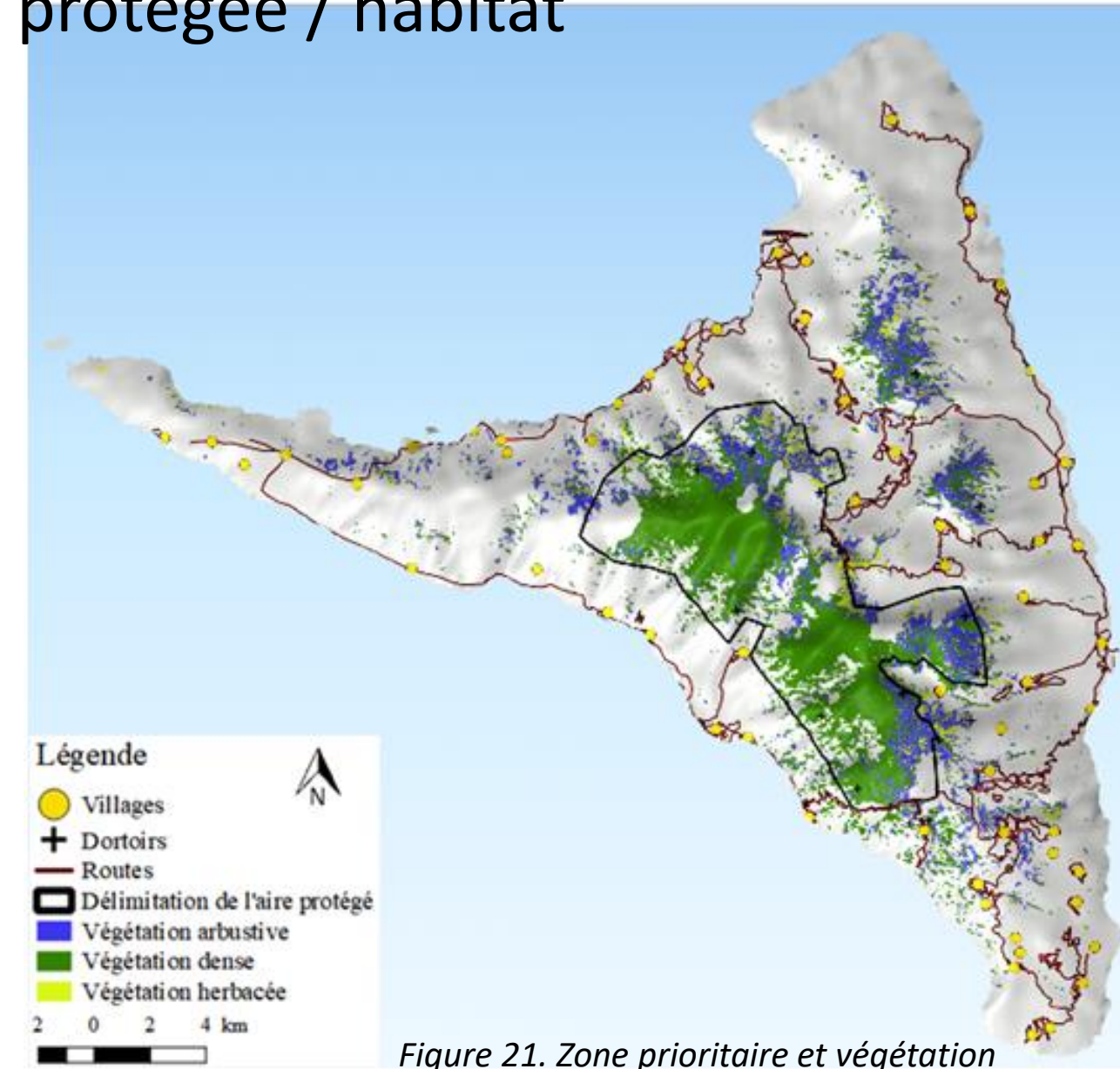


Figure 21. Zone prioritaire et végétation

Couverture de la zone importante pour la conservation

- aire protégée: : 62%
- végétation dense : 54,5%
- végétation arbustive : 27,2%
- végétation herbacée : 12,4%

Source de la carte d'habitat: Révillion, et *al.* (2017)

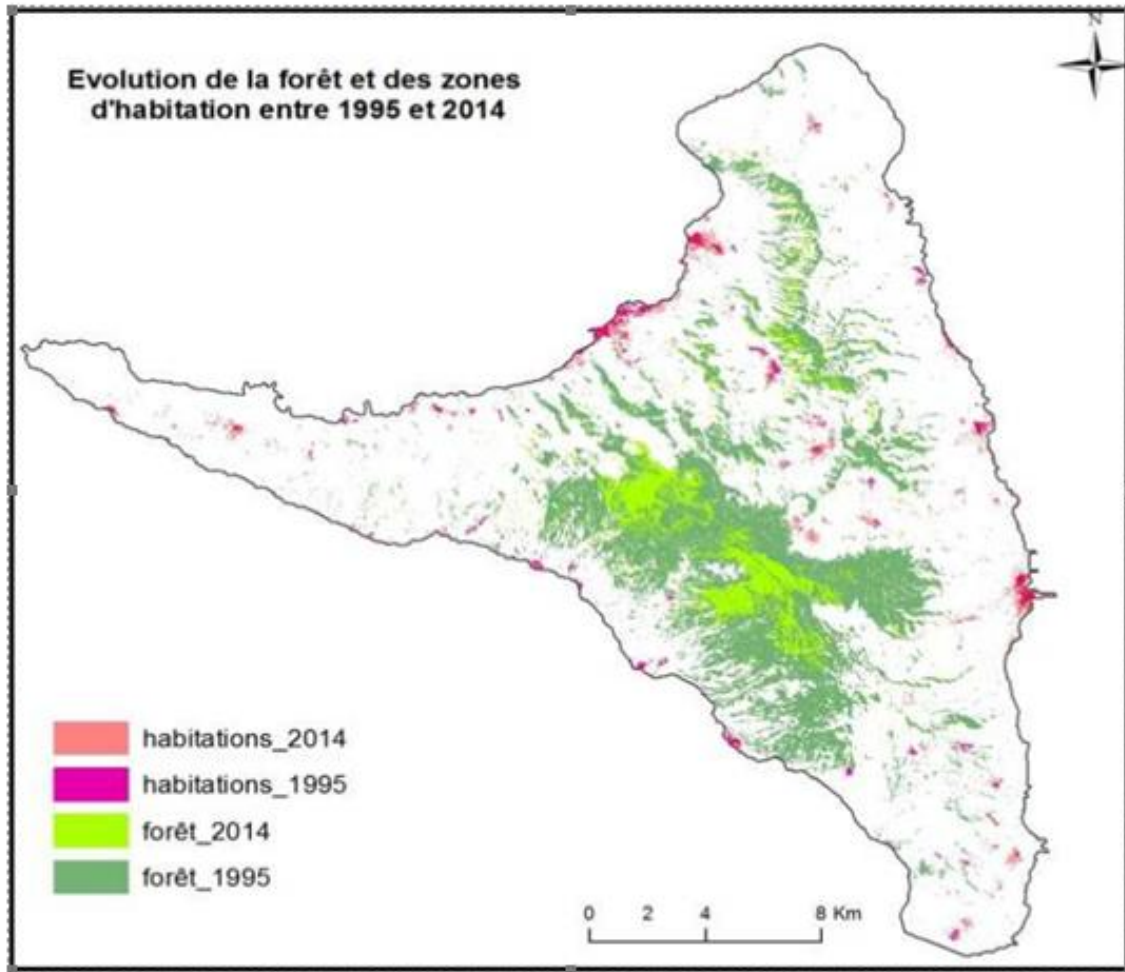


Figure 23. Evolution de la forêt et des zones d'habitation entre 1995-2014 (Boussougou et al., 2015)

Pas de forêt dense à Anjouan en 2074!

Caloz et al, 2001: $T = (1 - (S2/S1)^{1/n}) * 100$

principales recommandations

Ajuster la délimitation de l'aire protégée et orienter les actions de conservation.

(Dahari & Réseaux des aires protégées)

Connecter les fragments de forêt naturelle dans les zones prioritaires.

(Direction de l'environnement, Dahari & Réseaux des aires protégées)

Restaurer les zones importantes sous pression anthropique.

(Direction de l'environnement, Mairies, Communautés locales, Dahari & Réseaux des aires protégées)

Grouper les paysans par zone en comité pour être responsabilisés du suivi et de la surveillance des zones forestières.

(Direction de l'environnement, Dahari & Réseaux des aires protégées)

Renforcer les capacités des paysans dans le suivi et les outils d'évaluation et de prise de décision: SMART / FFOM.

(Direction de l'environnement, Dahari & Réseaux des aires protégées)

Améliorer les efforts de conservation des dortoirs par un « *système de paiement des services écosystémiques* ».

(Organisations pour la conservation)

Cibler et adapter les pratiques et les politiques de conservation de l'île d'Anjouan.

(Direction de l'environnement, Mairies, Communautés locales, Dahari & Réseaux des aires protégées)

principales perspectives



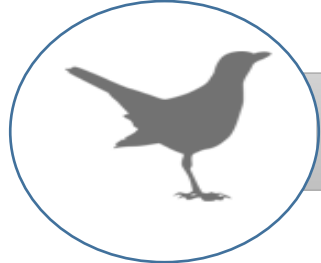
Protéger et restaurer les Z.I.C



Présence de l'État sur le terrain



Production agricole en basse altitude



Adaptation des espèces



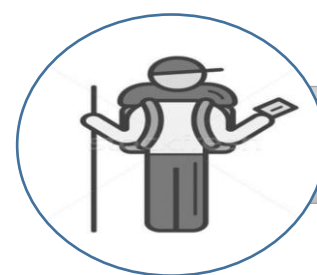
Unité de soin



Conservation génétique



Base de données



Ecotourisme

Conclusion

L'objectif à court terme est atteint avec succès :

- Priorités de conservation identifiées
- Zones importantes pour la conservation identifiées

L'objectif visant à long terme :

- Améliorer le statut des principales espèces endémiques terrestres
- Élaborer et mettre en œuvre des stratégies de conservation intégrées dans la politique et les pratiques nationales.

Importance des résultats :

- Orienter les plans de reforestation, de gestion agricole et de protection de la biodiversité
- Mettre en place des actions efficaces et ciblées avec les agriculteurs locaux pour protéger la biodiversité

Recommandation :

- Reproduire ces travaux dans les autres îles de l'archipel



Merci