



FORUM FORESTIER AFRICAIN (AFF)

ATELIER RÉGIONAL SUR LE PARTAGE D'INFORMATIONS ET D'EXPÉRIENCES SUR :

Les services écosystémiques des forêts et des arbres pour la résilience socio-écologique au changement climatique en Afrique

Kenya, Nairobi, 2023



Thème:

Impact du changement climatique et de la dynamique du couvert végétal sur les services écosystémiques des aires protégées au Sud du Burkina Faso

Présenté par :

Ir. YAOVI Comlan René

*Doctorant en
développement rural ,
Option foresterie*

Directeur de thèse :

Pr. Hien Mipro

*Professeur Titulaire
Enseignant chercheur à
l'Université Nazi Boni*





Plan de présentation

Introduction (Problématique et objectifs de la recherche)

Méthodologie de collecte et d'analyses des données

Résultats Clefs

- Evaluation des services écosystémiques de la végétation des aires protégées
- Interactions entre des services écosystémiques du sol et ceux de la végétation des AP
- Modélisation et prédiction de la répartition spatiale des services écosystémiques des AP
- Impact de la dynamique du couvert végétal de 1989 et 2019 sur les services écosystémiques
- Impact des actions anthropiques sur les services écosystémiques de la végétation des AP
- Impact de l'utilisation des terres sur les services écosystémiques du sol des AP
- Impact du changement climatique sur les services écosystémiques (en cours)

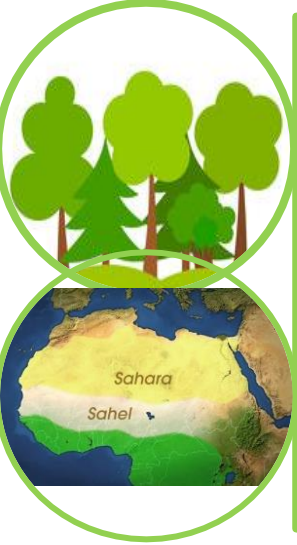
Messages clefs et implications pour les politiques

Remerciements





Introduction (Problématique)



- Rôle important dans la conservation de la biodiversité
- Fourniture des biens et des services essentiels à la survie des populations
- Adaptation et l'atténuation aux effets des CC et de la désertification de l'une des zones les plus touchées par les effets des CC.

- Dépendance des populations des RN et la forte demande des terres (Agriculture et Urbanisme) engendre une pression anthropique sur ces AP.
- Impact sur la fourniture, la qualité et la répartition spatio-temporelle des SE.



- La **gestion durable** des ressources forestières dans cette région exige **de concilier les demandes** en terres et en ressources alimentaires **et le maintien des fonctions des écosystèmes** (Wang et *al.*, 2017, Paudyal et *al.*, 2019).
- La **prise en compte des services écosystémiques** dans la planification et la gestion des territoires nécessite l'utilisation de **données spatialement explicites** (Vannier, 2017).

Données spatiales quasi inexistantes sur nos AP



- **Coût très élevé pour les collectes** sur de très grandes étendues;
- Auquel s'ajoute aujourd'hui **le contexte sécuritaire** qui rend inaccessible de façon partielle ou totale certaines AP.





Introduction (Objectifs)

L'étude vise à évaluer la fourniture, la distribution spatio-temporelle et la gestion durable des services écosystémiques des aires protégées dans un contexte de changement climatique et de pression anthropique.



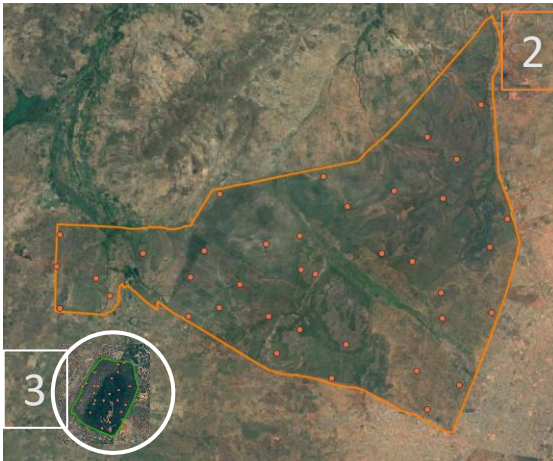
- **O1** : évaluer les services écosystémiques des sols et de la végétation des aires protégées (AP);
- **O2** : évaluer l'interaction entre les services écosystémiques;
- **O3** : modéliser et prédire la répartition spatiale des services écosystémiques du sol et de la végétation des aires protégées ;
- **O4** : évaluer l'impact des pressions anthropiques et climatiques sur la fourniture et la répartition des services écosystémiques;
- **O5** : modéliser la répartition spatio-temporelle des services écosystémiques sur les aires protégées à l'horizon 2050 (30 ans) et 2070 (50 ans) suivant des scénarios climatiques.





Description de la méthodologie (1)

Collectes et Analyse des données



Enquêtes Ethnoécologiques

- 320 foyers
- 16 localités (15 villages et 1 Ville)
- Accessibilité et perception
- Contribution socio-économique des SE

Inventaires forestiers

- **120** placettes (RBB, 51), (FCD, 41) (FCK, 28)
- stratifiée aléatoire (Thiombiano *et al.*, 2016)
- **Ligneux** : Mesure dendrométrie
- **Herbacée** : méthode de la récolte intégrale (Ouedraogo *et al.*, 2020) avec cadrant 1m²
- Actions anthropiques relevés

Echantillonnage de sol

- **120** placettes
- 03 prélèvements à **0-20 cm** (Top-sol)
- Densité du sol (Kooke *et al.*, 2019)
- Analyse au laboratoire LERF/ UNB

22 Indicateurs

- mesurables et spatialisables
- biophysiques de stocks de SE

- 1-Réserve de biosphère de Bala (RBB, 19 200 ha)
- 2- Forêt classée de Dinderesso (FCD, 8 500 ha)
- 3- Forêt classée du Kou (FCK, 115 ha)





Description de la méthodologie (2)

Cartographie des services écosystémiques (SE)

- **Approche statistique:** construire un MODÈLE en croisant des données d'observations de terrain (indicateurs des SE sur 120 p) et des variables explicatives (55 dont 19 bioclimatiques)
- **Méthode :** machine learning, algorithm Random forest

Impact de la pression climatique et anthropique

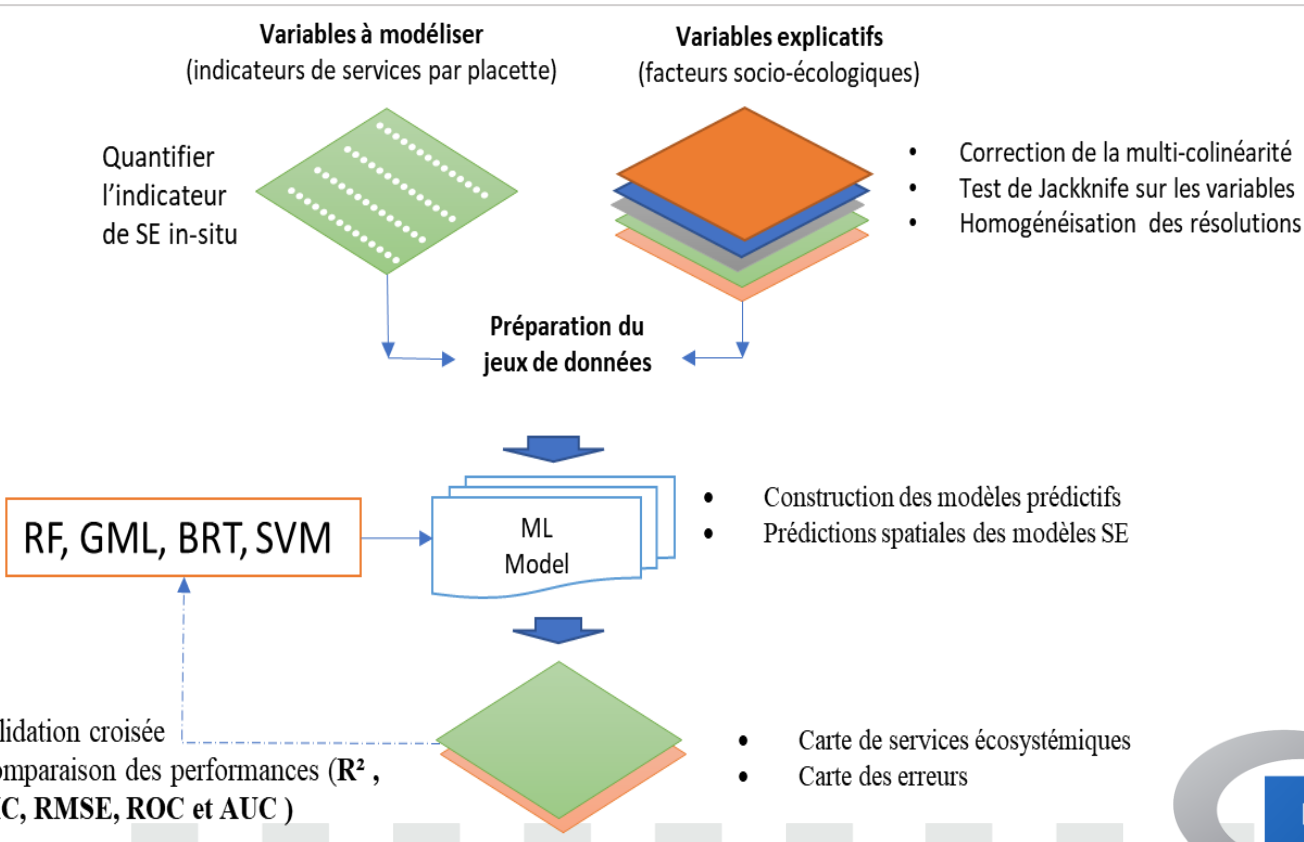


Cartes OS/US
1985, 2000 & 2019 (34 ans)

Données

Méthodes :

- **Taux d'évolution moyen annuel** de chaque classe par la formule de FAO (1996) et Puyravaud (2003).
- **Valeurs des services écosystémiques (VSE)** méthode de Costanza et al. (1997)
- **L'indice de détérioration des services écosystémiques** inspiré de l'indice de détérioration des propriétés du sol de Adejuwon & Ekanade (1988)





Résultats clés et discussion (1)

1-Evaluation des services écosystémiques

22 indicateurs

21 Biens et services écosystèmes

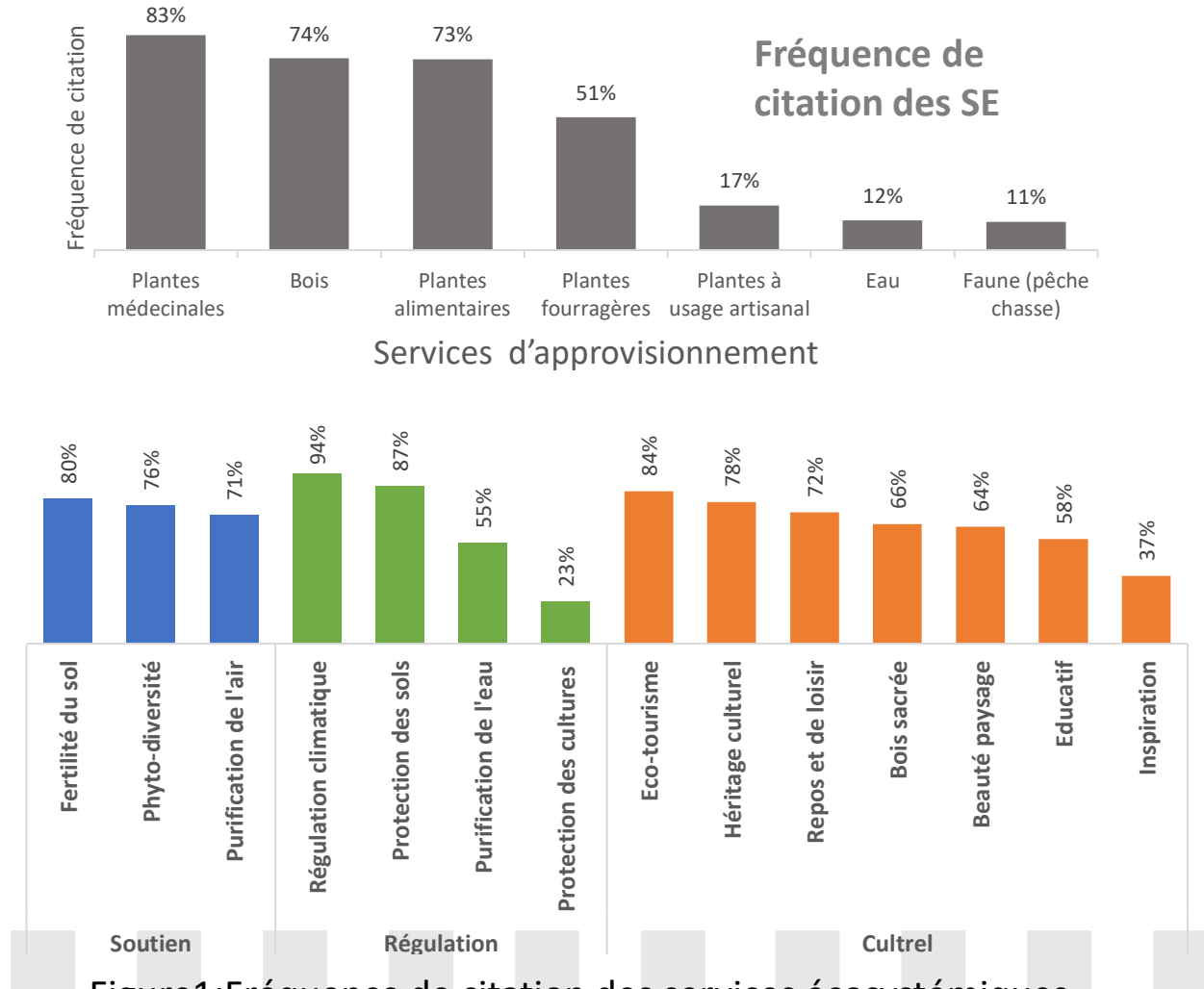


Figure1:Fréquence de citation des services écosystémiques

Evaluation biophysique

	Variables	Max	Moy	Ecart
Soutien	Taxa_S	25,00	10,54	5,58
	Shannon_H	2,84	1,71	0,65
Approvisionnement	Alimentaire (plantes/ha)	810	290	200
	Médécinale (plantes/ha)	2940	478	378
	Artisanal (plantes/ha)	2940	439	368
	Fouragère (plantes/ha)	690	234	175
	Fourrage_herb (KgMS/Ha)	1011,82	204,19	225,94
	Volume Bois (m3/ha)	728,73	66,07	112,73
	VE2 bois feu (m3/Ha)	182,57	13,65	22,62
VE2 bois Oeuvre (m3/Ha)	299,80	11,81	37,63	
Régulation	StockC_Lig (tC/ha)	5299,45	150,45	562,31
	StockC_Herb (tC/Ha)	5,06	1,02	1,13
	Pollinition (plants mél/ha)	2920,00	424,41	363,59
Culturel	sp sacrées (plants/ha)	760,00	201,17	163,34
	Sp statut particulier	12,00	4,94	2,60
Soutien	MO_sol	3,73	1,16	0,60
Approvisionnement	Stock_N	0,39	0,15	0,06
	Stock_P	0,21	0,02	0,02
	Stock_K	1,41	0,37	0,23
Régulation	Soil Moisture Index	0,96	0,75	0,14
	StockC_sol	5,02	1,89	0,81
	StockC_litiere	3,01	0,73	0,55
	N_total (mg/Kg)	1700,00	543,71	277,43
	RUSLE_solnv	258,98	23,87	40,00

Résultats clés et discussion (2)

2-Interaction entre les services écosystémiques de la végétation

- Deux types de relations : Synergie (association +) et Trade-off (augmentation de l'un, diminution de l'autre)
- Interactions de **synergie** entre les SE réunie en en 4 Groupes (fig2A)
- Interaction de **trade-off** entre G1 et G3 et entre G2 et G4 (Fig2A)

- Plus de synergie (**Bleu**)
- Et des Trade-off non négligeables (**Rouge**)

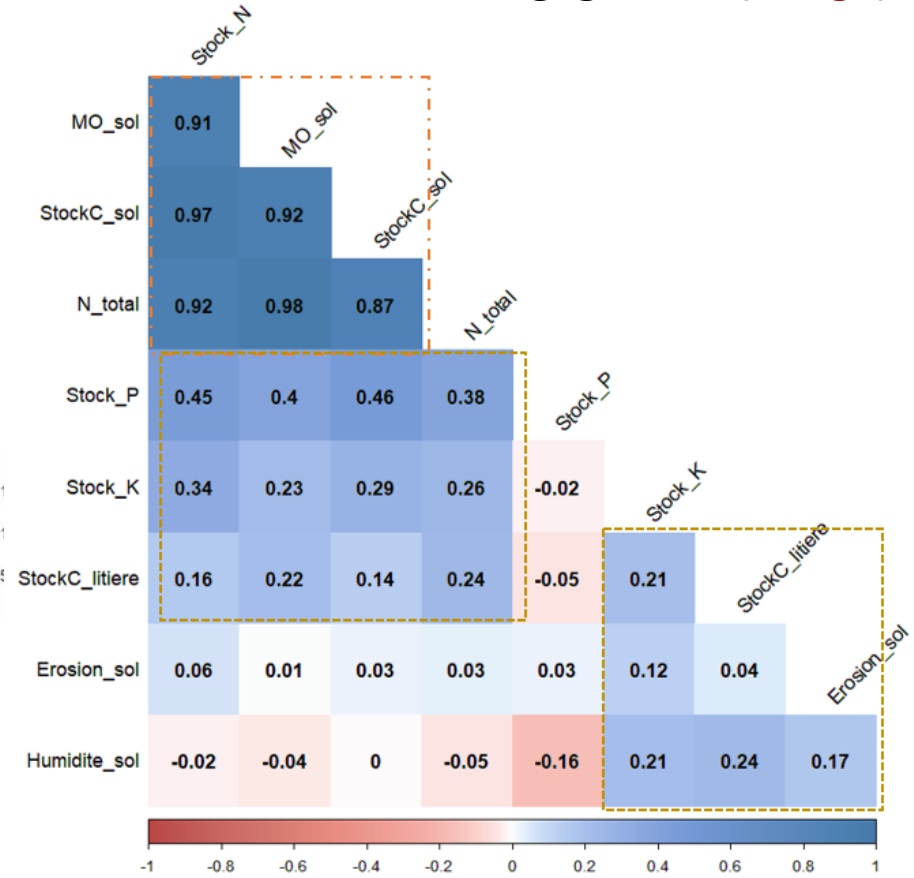
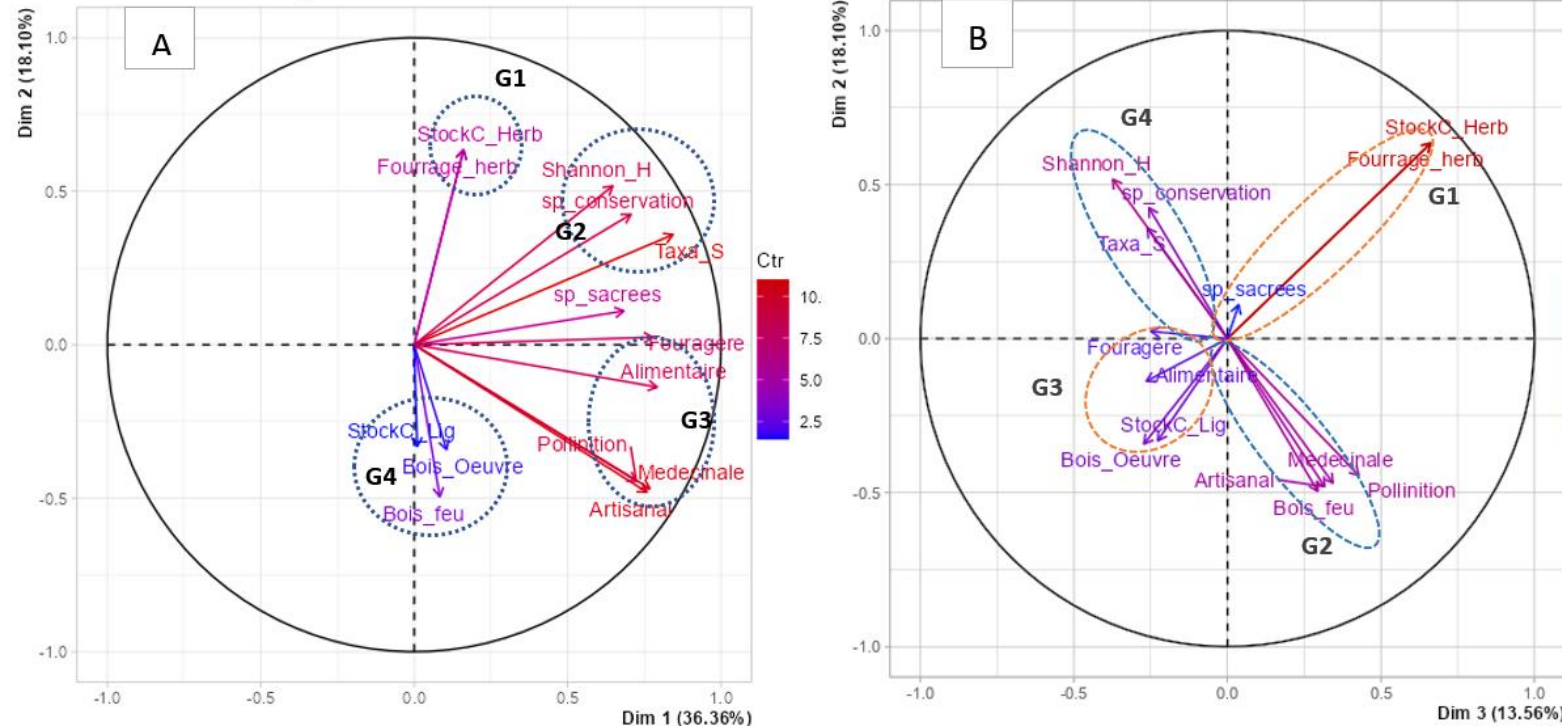


Figure2: ACP des indicateurs de SE de la Végétation des AP

Figure3: Graphe de corrélation des SE du sol

Résultats clés et discussion (3)

3-Interaction entre les SE de la végétation et les SE du sol

- Digramme d'accord visualisant que **les corrélations significatives** entre SE sol et SE Végétation uniquement
- Relation multiple et complexe entre les SE sol et Végétation
- Tous les SE sol ont une corrélation significative au moins un SE vegetation (**Vise versa**)
- **SE-sol à multiple relation** : Erosion du sol, humidité sol Stock carbone litière et sol

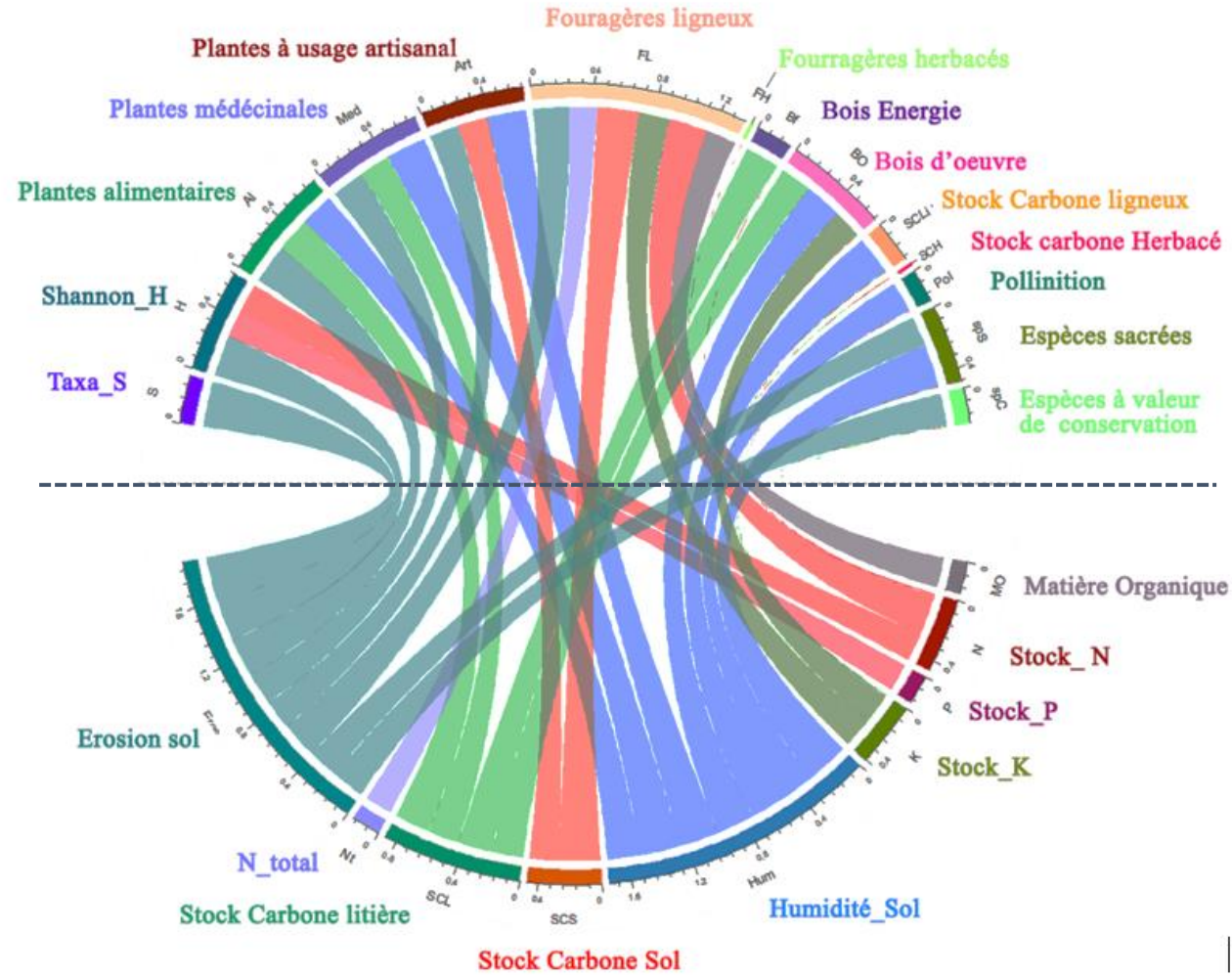


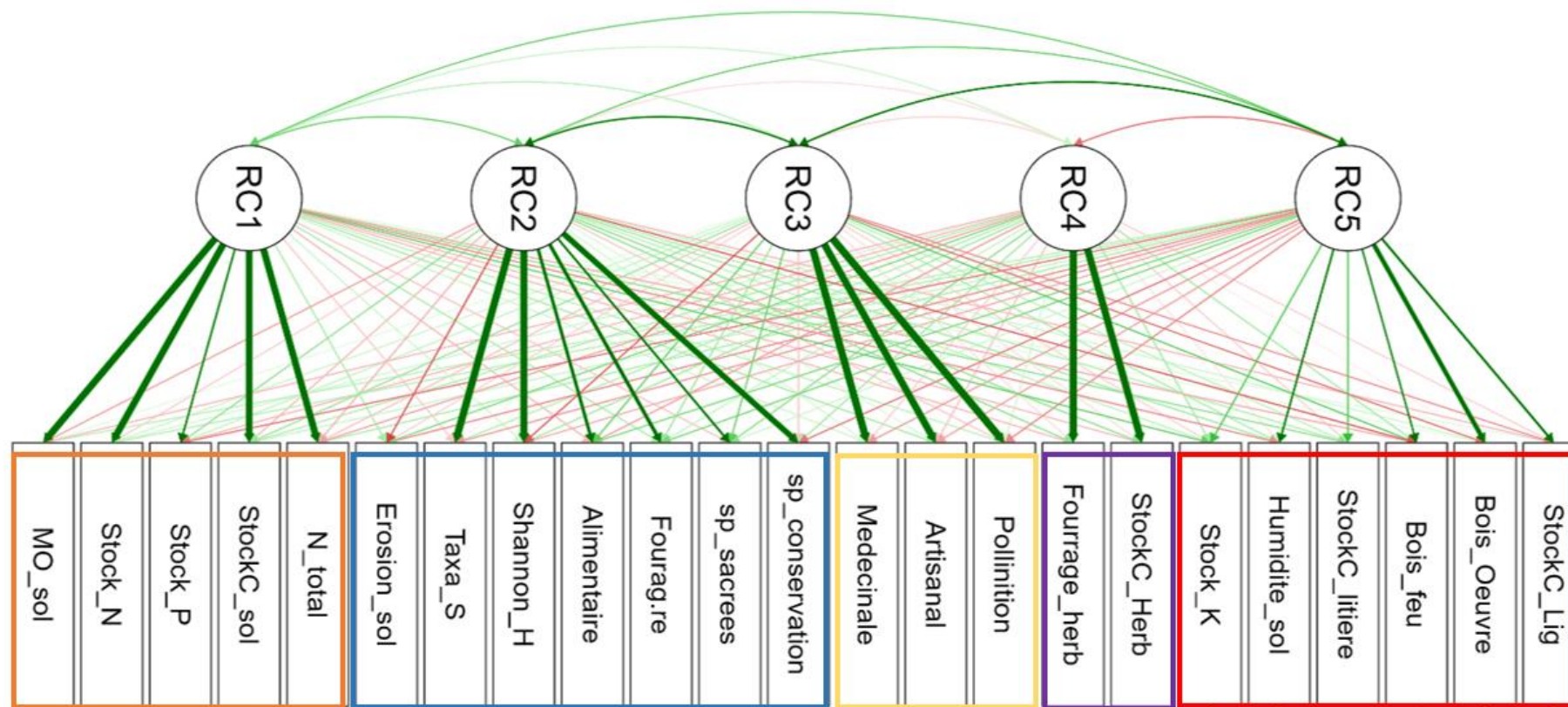
Figure 4: Diagramme d'accord entre SE sol-végétation



Résultats clés et discussion (4)

4- Interaction : Bouquets de services sur les AP

Bouquets : Associations dans l'espace et dans le temps de certains SE au sein d'un territoire (Raudsepp-Hearne et al., 2010)



- **Bq1**: 5 SE du sol , Plus forte contribution sur **MO-Sol (0,98)**
- **Bq2** : avec 7 SE dont 6 Végétation et le 1 sol. Plus forte contribution a richesse **taxa (1,01)**
- **Bq3** : avec 3 services caractérisés par une forte densité (caractéristique plantation),
- **Bq4** : avec 2 , Fourragère et le stock carbone herbacé
- **Bq5** : mixte de 6 SE dont 3 fournis par la végétation et 3 par le sol,
- **Des liaisons entre les bouquets** eux même (les arcs RCi).

Figure 5: Digramme de bouquet de services par Analyse Factorielle Exploratoire

Résultats clés et discussion (5)

5- Interaction : Bouquets de services par type d'occupation du sol

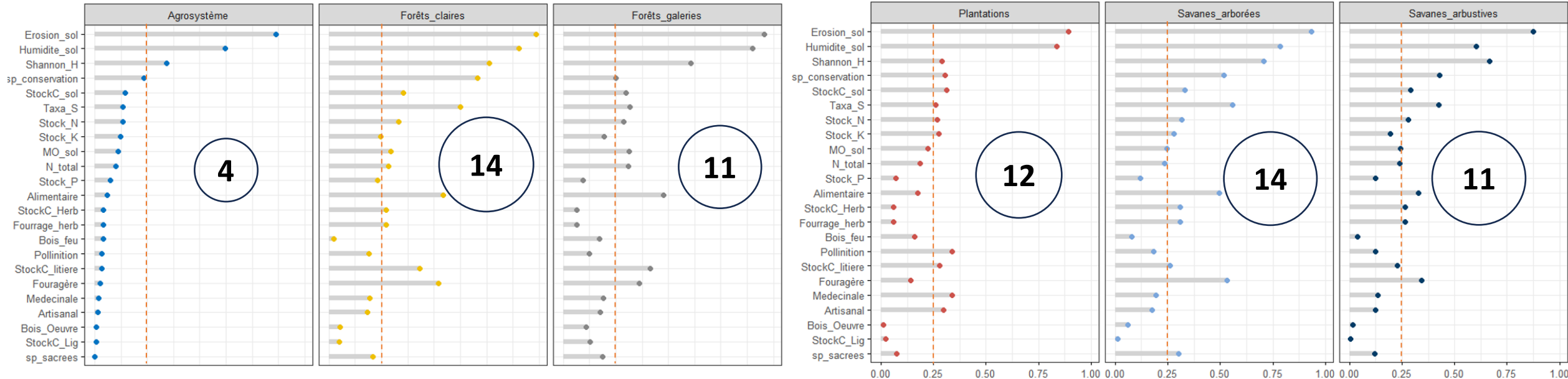


Figure6: Digramme de la fourniture moyenne des services écosystémiques par types d'occupation du sol et d'usage du sol

- Bouquet avec des SE ayant 25% de fourniture
- Plus petit Bouquet dans les agrosystèmes (4)
- Grand bouquet : forêts claires et savanes arborées (14), même nombre mais différents SE

Evaluation nationale des SE en Europe a eu des Bouquets de 6 à 26 SE par biome (Schröter et al., 2016)

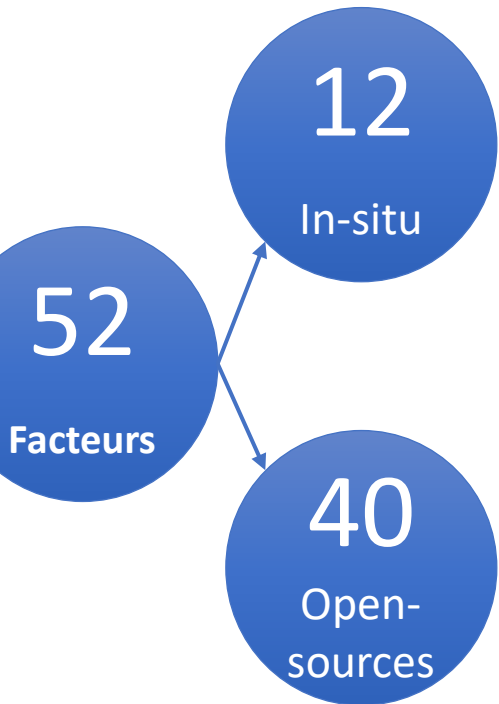




Résultats clés et discussion (6)

6- Modélisation et Prédiction : Facteurs influençant les services écosystémiques

Choix des facteurs explicatifs un exercice très import

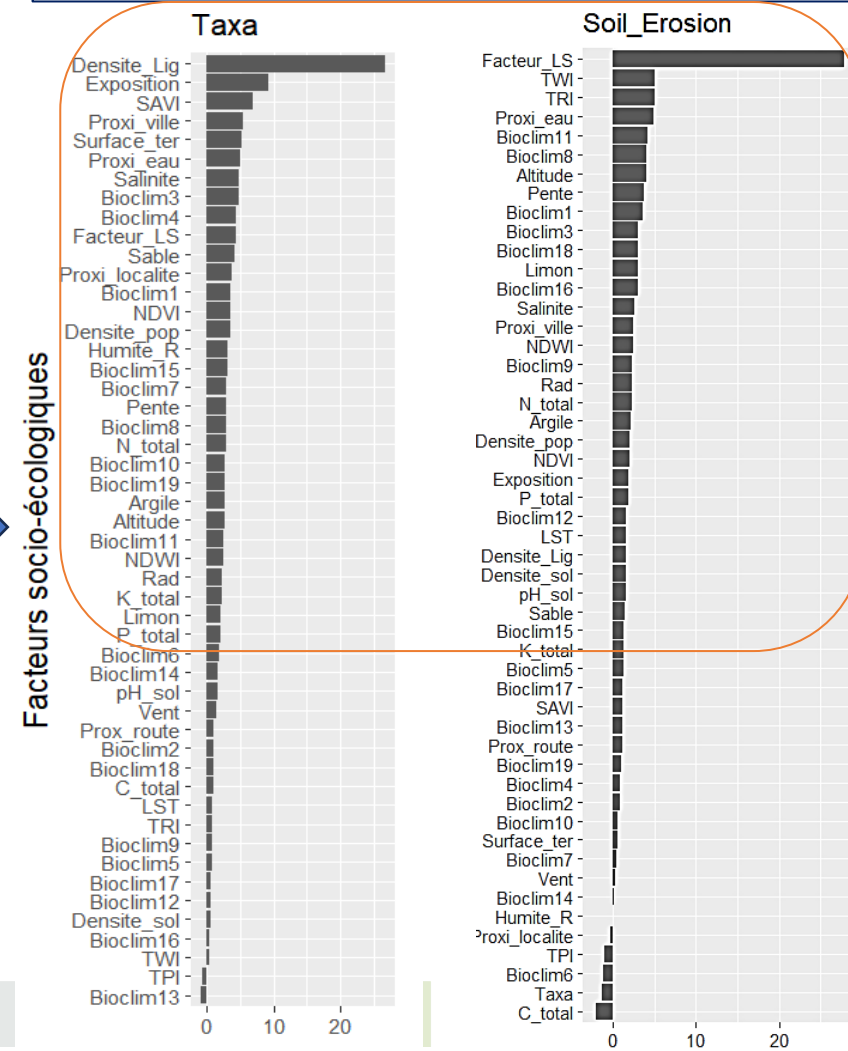


- WordClim
- Landsat
- NBDT
- INSD

Biotiques (Végétation)	Taxa Surface ter Densite_Lig NDVI SAVI	LST Humite_R Rad Vent Bioclim1 Bioclim2 Bioclim3 Bioclim4 Bioclim5 Bioclim6 Bioclim7 Bioclim8 Bioclim9 Bioclim10 Bioclim11 Bioclim12 Bioclim13 Bioclim14 Bioclim15 Bioclim16 Bioclim17 Bioclim18 Bioclim19
Edaphiques hydrographiques	Densite_sol Argile Limon Sable pH_sol N_total P_total K_total C_total Salinite Proxi_eau NDWI	Climatiques et Bioclimatiques
Géomorphologiques	Altitude Pente Facteur_LS Exposition TWI TPI TRI	Anthropiques Proxi_local Proxi_ville Prox_route Densite_po

Random forest

RF classe les facteurs en fonction de leur importance



32 facteurs

Multi-colinéarité

15+ facteurs

MODELE





Résultats clés et discussion (7)

7- Modélisation et Prédiction : Les modèles et leurs performances

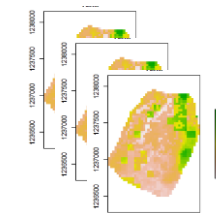
- La précision des modèles obtenues varie en **fonction de l'échelle d'analyse** (Régionale ou locale)

0,86
0,99

0,42
0,98

- Régionale** : plus de données - - plus précis
- Locale** : moins de données - - moins précis mais bonne performant

Indicateurs SE	R ² Données Régionales (les 3 Aires protégées)		R ² Données local		
	Facteurs	Training	FKC	FCD	RBB
Taxa		0,93	0,84	0,89	0,93
Plant_Aliment		0,94	0,42	0,57	0,44
Fourrage_herb		0,86	0,84	0,82	0,82
StockC_Lig		0,87	0,81	0,91	0,86
Sp_Sacree		0,92	0,87	0,89	0,90
Stock_N		0,97	0,95	0,94	0,95
Stock_P		0,99	0,97	0,98	0,92
Stock_K		0,98	0,98	0,93	0,95
StockC_sol		0,97	0,94	0,94	0,96
Soil_Erosion		0,95	0,90	0,96	SE



Prédire : cartes mono-service





Résultats clés et discussion (8)

8- Modélisation et prédictions : Cartes des services écosystémiques de la FCK

- **Résultat =**
Cartes de SE
résolution
30x30m

Carte SE =
Répartition
spatiale
temporelle d'
indicateurs de
SE prédits par
le Modèle de
RF (validé)

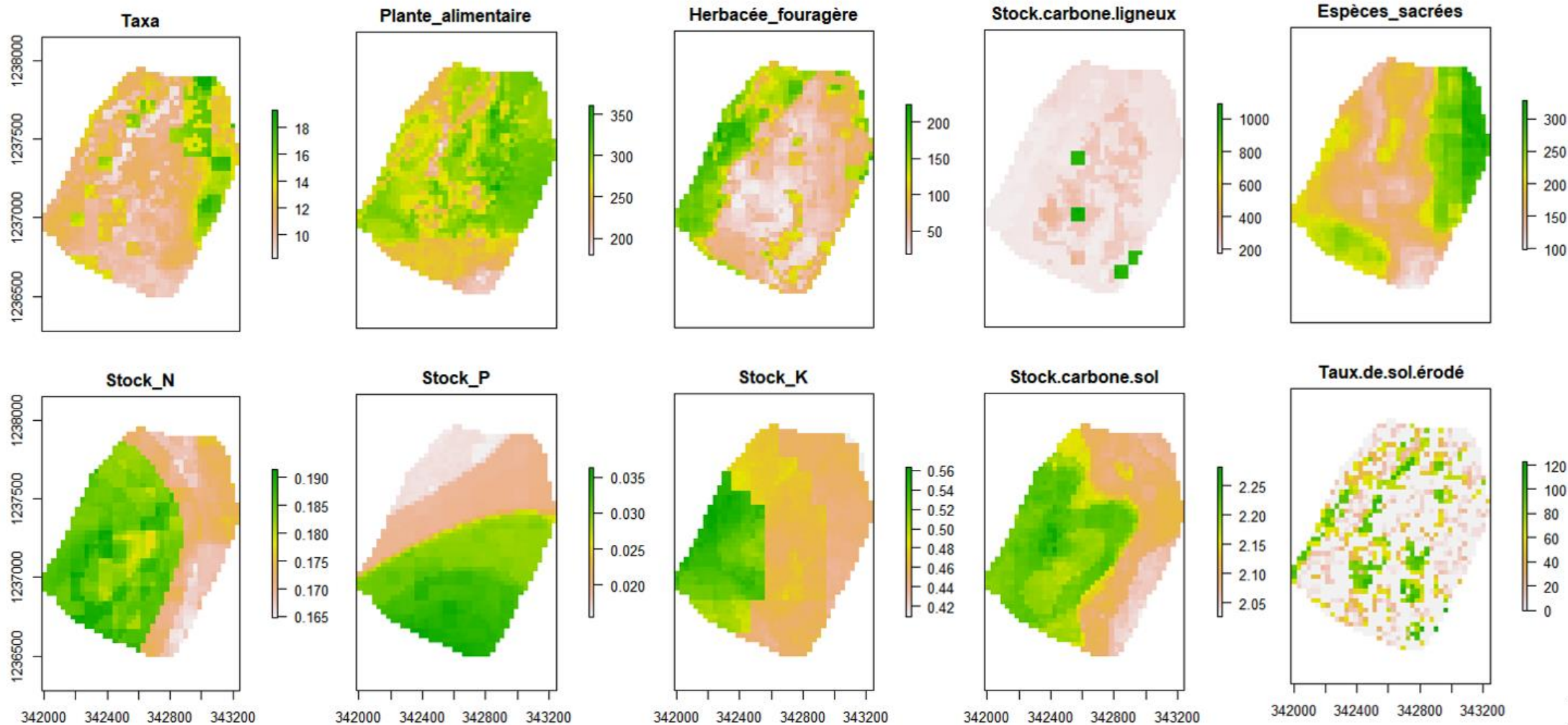


Figure 10 : Cartes des services écosystémiques du sol et de la végétation de FCK

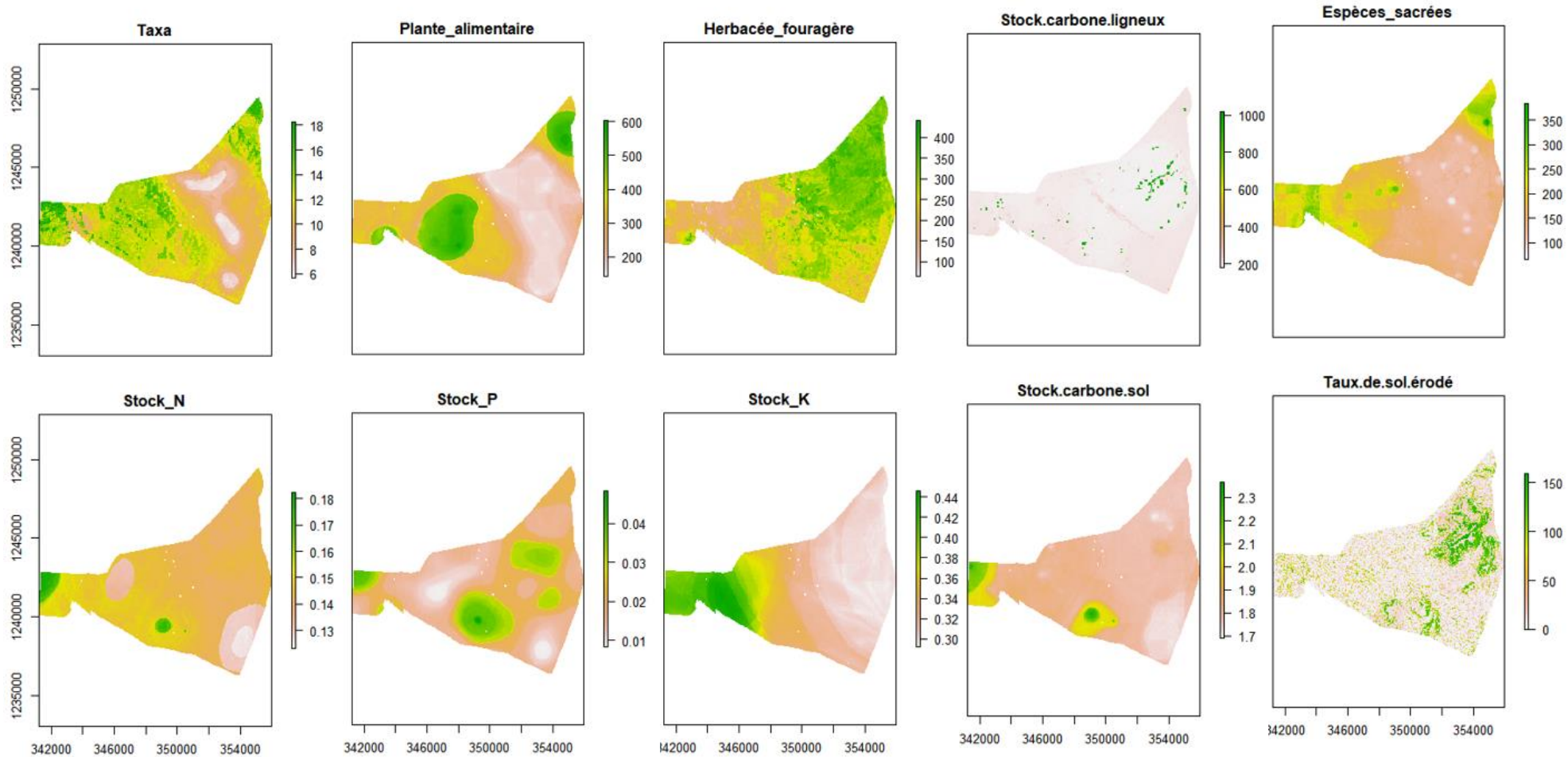




Résultats clés et discussion (9)

9- Modélisation et prédictions : Cartes des services écosystémiques FCD

Cartes de :
la phytodiversité
Et des SE de la
végétation



Carte de :

- La disponibilité du sol en NPK
- Stock de carbone
- Risque de l'érosion du sol

Figure 11 : Cartes des services écosystémiques du sol et de la végétation de la FCD





Résultats clés et discussion (10)

10- Modélisation et prédictions : Cartes des services écosystémiques de la RBB

Carte de SE de RBB sur 19.200 ha

Carte des SE de bonne qualité quelque soit la taille de la zone (petite et grande échelle)

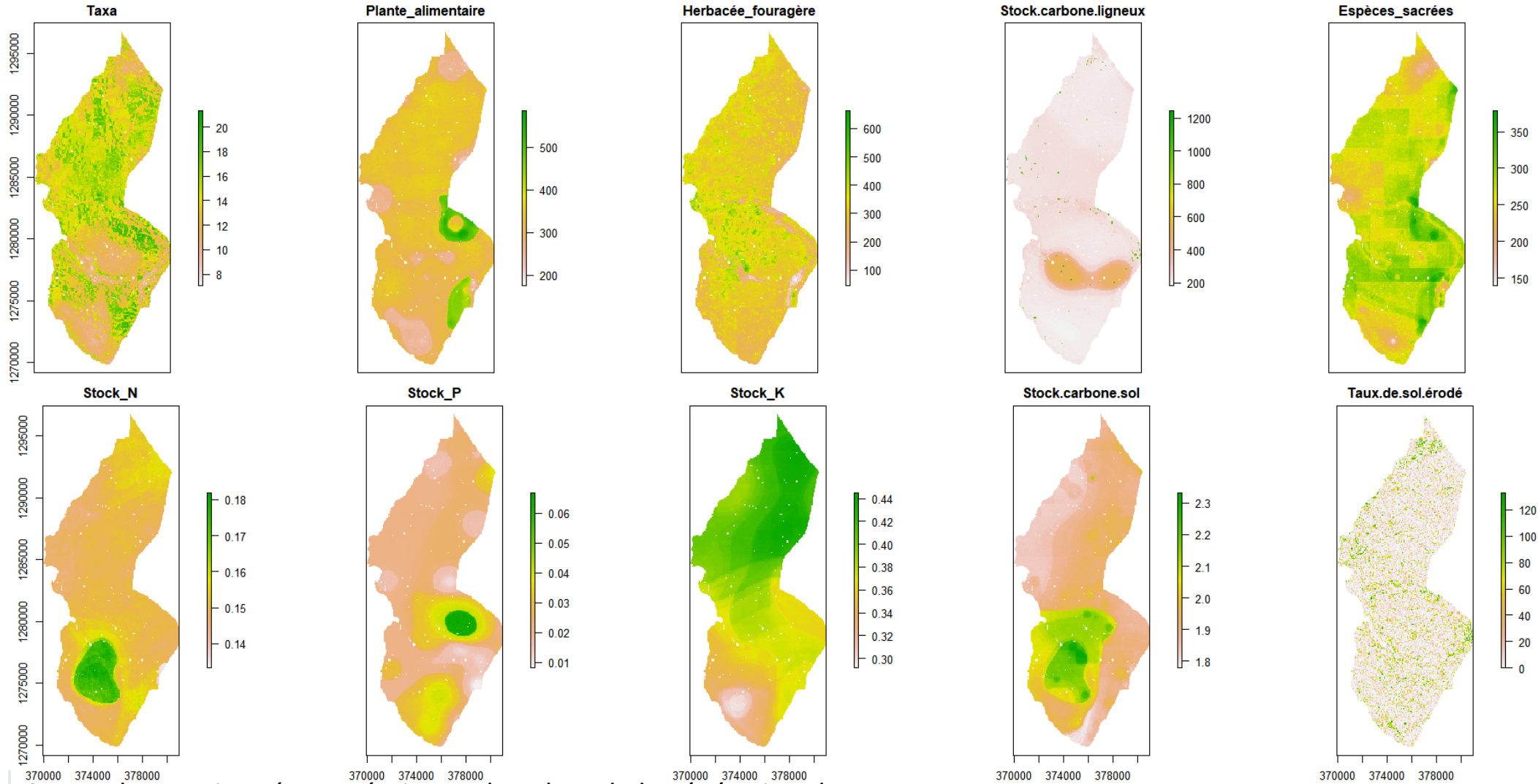


Figure 12 : Cartes des services écosystémiques du sol et de la végétation de RBB





Résultats clés et discussion (11)

11- Impact de la dynamiques du couvert végétale

Figure 13 : Cartes d'occupation et d'utilisation de sol

Précision

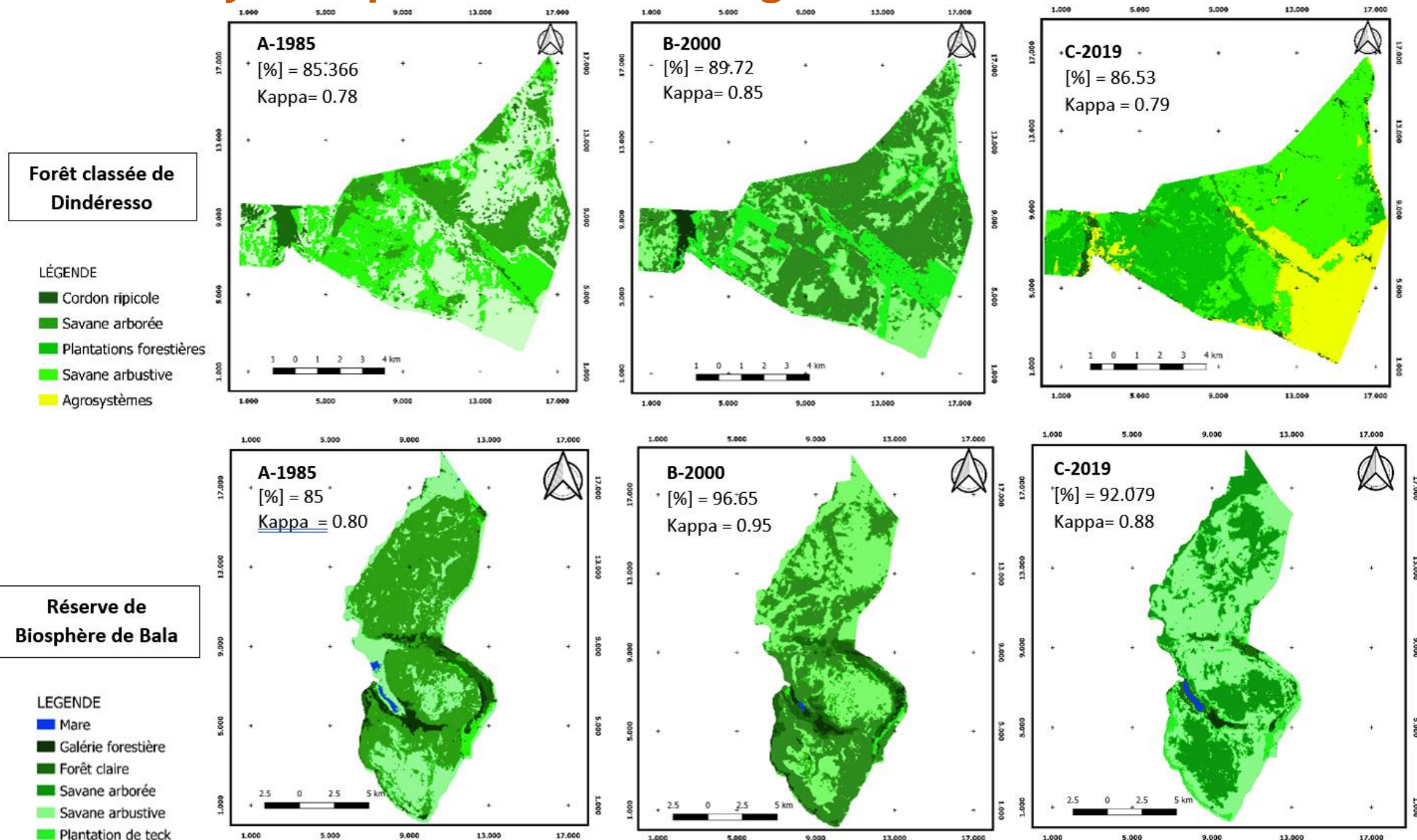
FCD : 85% à 90%

RBB : 85% à 97%

Indice Kappa

FCD: 0,78 à 0,85

RBB : 80% à 0,95





Résultats clés et discussion (12)

12- Impact de la dynamiques du couvert végétales

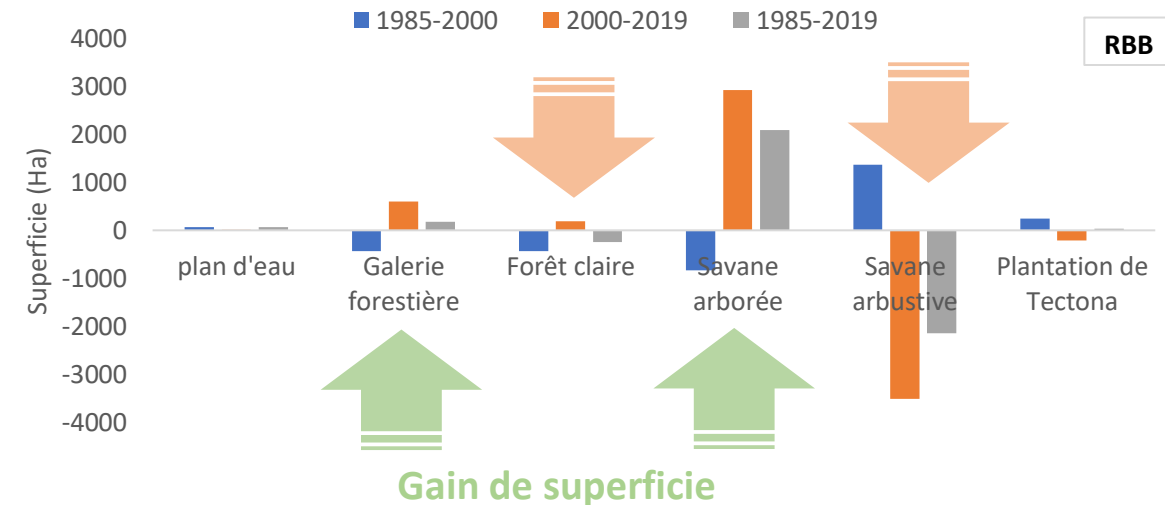
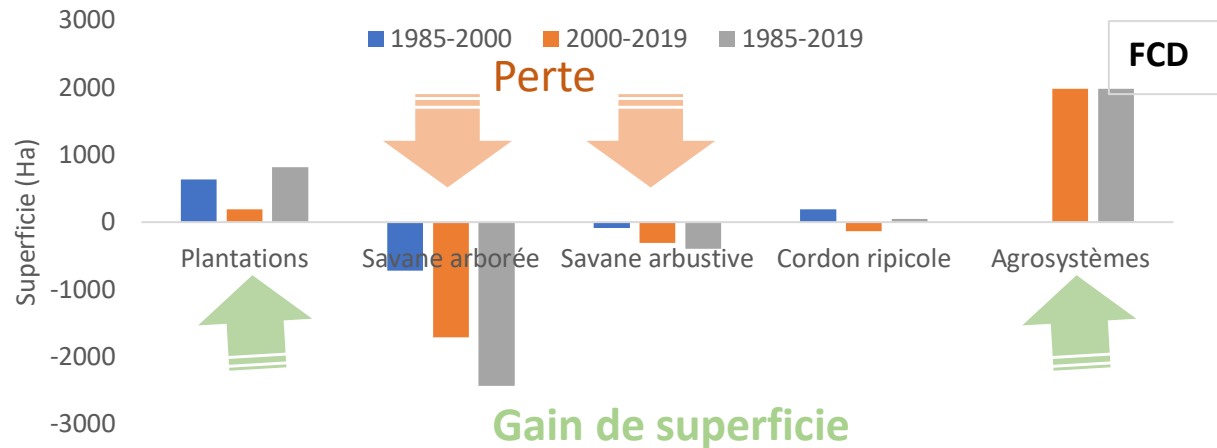
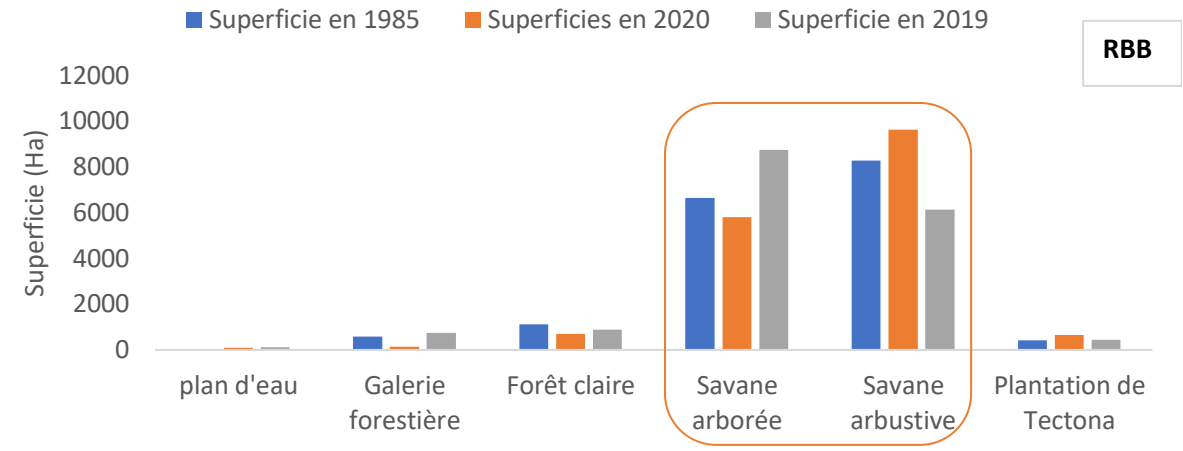
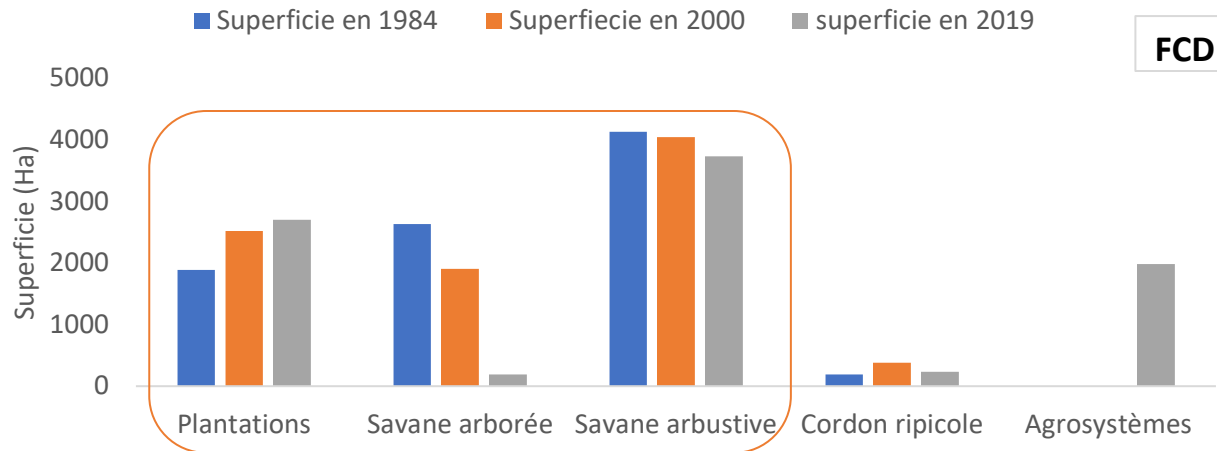


Figure 13 : Histogramme de transition entre les type d'occupation de sol





Résultats clés et discussion (13)

13- Impact de la dynamiques du couvert végétales la valeur des SE

FCD	1984		2000		2019		Impact sur la valeur des services		
	Superficie (ha)	ESV /an	Superficies	ESV /an	Superficies (ha)	ESV /an	1984 2000	2000 2019	1984 2019
Classes OSUS									
Plantations	1883	5373169	2511,9	7166451	2699	7701046			
Savane arborée	2627	10262673	1900,8	7426426	188	734203			
Savane arbustive	4125	11743790	4036,4	11491659	3726	10607922			
Forêts galerie	188	962370	373,5	1916429	232	1188647			
Agrosystèmes	0	0	0,0	0	1978	5450679			
Total en \$		28342002		28000964		25682498			
Total (en Milliard de CFA)		15,59		15,40		14,13	-0,19	-1,28	-1,46

La FCD a une perte de valeur de :

- 0,19 Milliard cfa (0,34 Million de\$)
- 1,28 Milliard cfa (2,32 Million de\$)

• **Perte Globale**
1,46 Milliard cfa (2,66 Million de\$)
 Valeur de Services Ecosystémiques

Causes: Dégradation continue et très anthropisée

- **Une perte 1 Milliard (1,82 Million \$)**
- **Gain 2,62 Milliard (4,77 Million \$)**
- **GAIN Globale**
1,62 Milliard FCA (2,95 Million de\$)
 Valeur de Services Ecosystémiques
- **Causes -**
- **Effort de protection** par les agents forestiers soutenu par l'écotourisme et
- **Statut de protection :** FC , MAB -Unesco, RAMSAR

RBB	Coefficient VSE (\$/ha/an)	1985		2000		2019		1984 2000	2000 2019	1984 2019
		Superficie (ha)	VSE	Superficie (ha)	VSE	Superficie (ha)	VSE			
Plan d'eau	11594	20	231648	94	1086242	95	1099807			
Forêt galerie	5131	564	2894500	136	697303	745	3824083			
Forêt claire	4237	1120	4747177	688	2914887	876	3711485			
S. arborée	3907	6638	25935174	5803	22671344	8730	34109868			
S. arbustive	2847	8267	23534982	9638	27438390	6125	17437989			
Plantation	2853	398	1136207	650	1853109	436	1243537			
Total en \$			58479688		56661274		61426769	1,82	4,77	2,95
Total en CFA			32,16		31,16		33,78	-1,00	2,62	1,62





Résultats clés et discussion (14)

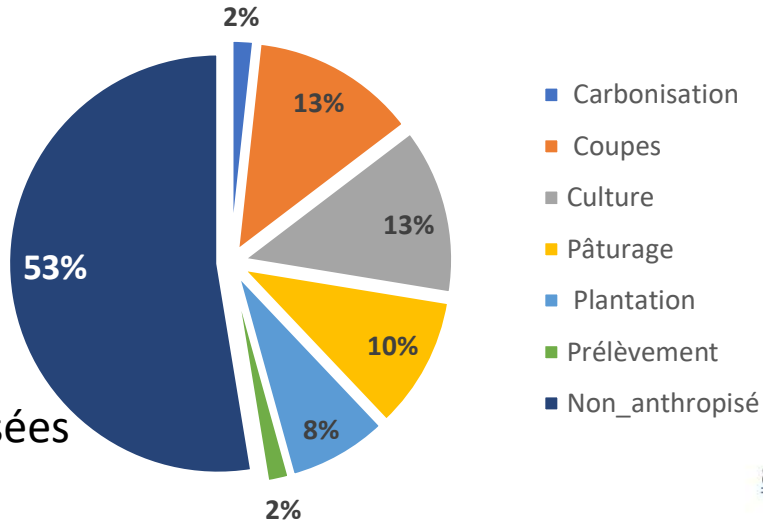
14 - Impact des actions et activité anthropiques sur les SE

9 activités ou actions recensées

Hors placette :

- Baignade sur la FCK
- ramassage de sable FCD
- dépôt de déchets FCD

47%
Placettes anthropisées



Niveau d'anthropisation par AP

FCK : 10,71%

RBB : 19%

FCD : 82,5%

a- Carbonisation, **b-** coupe abusive, **c-** prélèvement de l'écorce, **d-** pâturage, **e-** champ, **f-** plantations



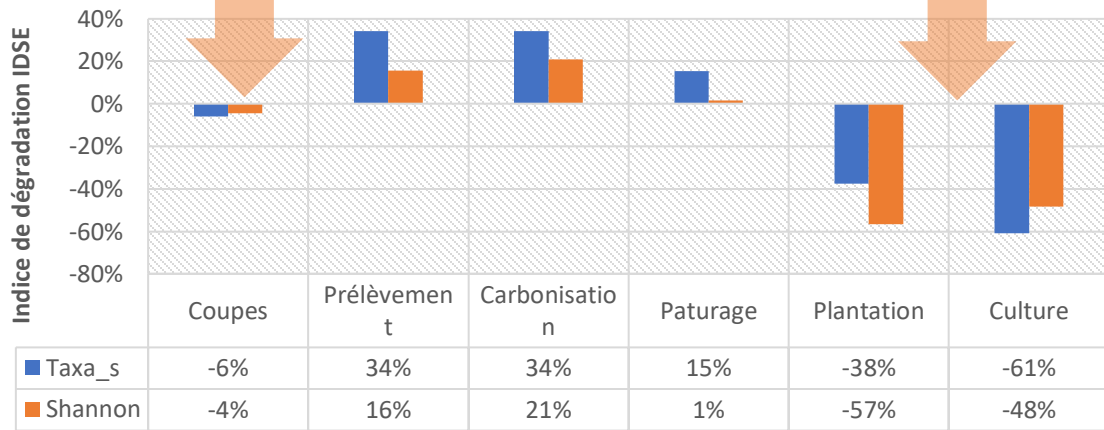


Résultats clés et discussion (15)

15 - Impact des actions anthropiques sur les SE de la Végétation

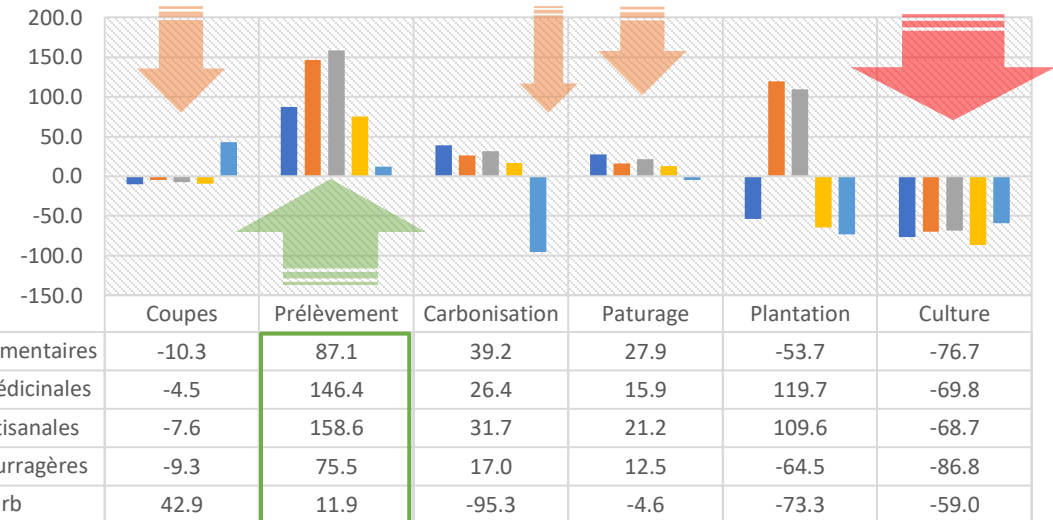
Indice de détérioration des services écosystémiques

Perte de la phytodiversité



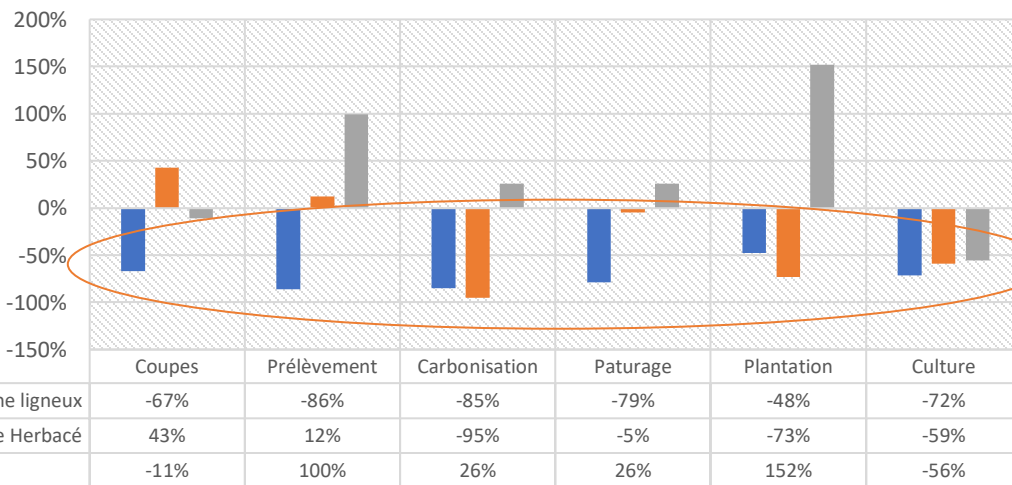
actions et activités anthropiques

Perte de services d'approvisionnement Donc de moyens de subsistance des populations vulnérables



Pas d'impact sur les SE

- Perte de stock de carbone
- Ces actions anthropiques contribuent à l'émission de CO2 donc **des CC**

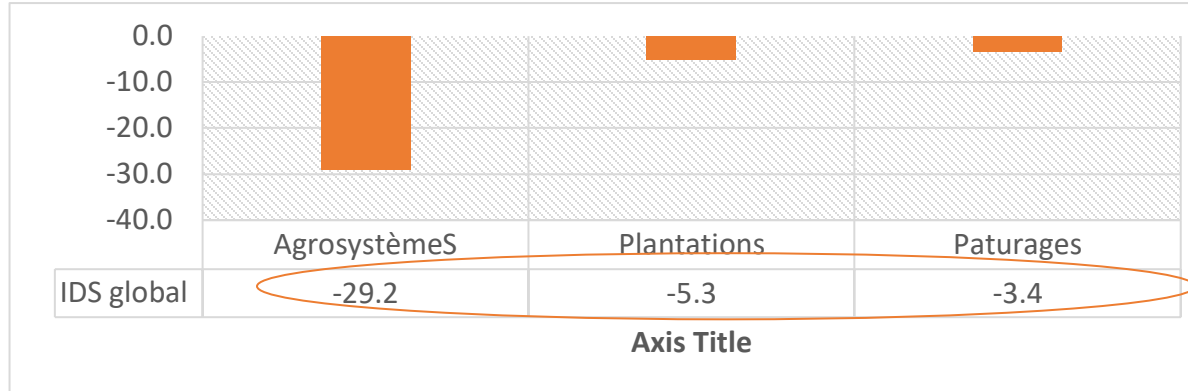




Résultats clés et discussion (16)

16- Impact de l'utilisation des terres sur les SE du sol

L'indice de dégradation des sol (à partir de l'IDSE) des type d'utilisation des terres



IDS négatif : L'utilisation des terres n'est pas sans conséquence sur les SE des Sol. **Principalement l'agriculture**

Tous les SE du sol sont affectés négativement par l'Agriculture

Plantations impactent moins les SE et améliorent : stock de K et de carbone et l'humidité sol

Pâturage améliore quelques SE-sol : MO, stock NP, stock carbone





Résultats clés et discussion (17)

Impact du changement climatiques sur la répartition spatio-temporelle des SE

Analyses toujours
en cours



- Evaluation de la tendance climatique avec RClimDex
- Identification des aléas climatiques (inondations et sécheresses) et leur impact sur répartition spatiale des SE)
- Modélisation prédictive de la répartition des SE sur 30 ans et 50 ans suivant les scénarios GIEC





Messages clés et implications pour les politiques

- Connaissance de la demande et de l'offre des SE (des besoins et surtout de la disponibilité des SE)
- Interaction entre les services écosystémiques (ne doit plus être pris isolément : bouquets)

- Cartes de la biodiversité et des services écosystémiques
- Carte d'occupation de sol périodique
- Impact de la dynamique sur la valeur des SE

Modélisation avec l'utilisation de l'IA et des Open data:

Recommandations

- Former le personnel en modélisation
- S'équiper de moyens adéquats (ordinateurs, drones)
- Sensibiliser les populations, les gestionnaires et les décideurs (avec les cartes et VSE)

- Connaître valeur socio-économique de AP
- Gestion durable du potentiel réel des AP
- Bien définir les politiques de gestion participative,

- Bons **outils de décision** pour la planification et l'aménagement durable des AP (zones écologies, zones à boiser, récupération des terres...)
- pour optimiser les SE (tangibles et intangibles)
- **Outils efficace de communication** et de sensibilisation (avec la population et les décideurs)

Un **outil efficace et peu coûteux** pour la prospection, la planification, le suivi des ressources naturelles dans un contexte de pression climatique, anthropique et **sécuritaire pour les pays** sahéliens en particuliers mais aussi de toute l'Afrique.



MERCI

