



Approche par télédétection de la dynamique de l'occupation du sol de 1979 à 2021 dans les Terres Neuves (Région de Tambacounda-Sénégal) dans un contexte de changement climatique

Mbagnick FAYE¹, Dome TINE², Gallo NIANG³, Mamadou THIOR⁴, Aminata Fall SONKO⁵

1. Université Cheikh Anta DIOP, Département de Géographie,

3. Université Cheikh Anta DIOP, Département de Géographie,

3. Université Cheikh Anta DIOP, Département de Géographie,

4. Université Cheikh Anta DIOP, Département de Géographie,

5. Université Cheikh Anta DIOP, Département de Géographie,

Résumé : La variation du climat, observée en Afrique de l'ouest depuis la fin des années 1960, n'a pas épargné les régions soudanaises du Sénégal. La sécheresse, qui en découle, a bouleversé les conditions environnementales qui se traduisent par la fragilisation des écosystèmes et la dégradation accélérée des ressources naturelles, notamment les terres agricoles. La résilience des systèmes agricoles s'est manifestée par la migration du bassin arachidier vers l'est, particulièrement au Sénégal oriental.

Les Terres Neuves du Sénégal oriental qui, constituant le milieu d'accueil de migrants agricoles du bassin arachidier, étaient, jadis, marquées par leur fertilité et une forte densité de leur couverture végétal. Aujourd'hui, elles font l'objet de fortes pressions foncières et d'une exploitation abusive des ressources naturelles productives engendrant des impacts négatifs sur l'agriculture, l'élevage, ainsi que la biodiversité.

Cette étude propose d'analyser la dynamique environnementale dans les Terres Neuves à travers une approche cartographique des unités d'occupation du sol. L'approche est basée sur une classification par pixel à l'aide de l'algorithme maximum de vraisemblance. Les données pluviométriques utilisées ont été extraites de la plateforme Google Earth Engine (GEE) et les images satellitaires du capteur Landsat acquises en 1979, 1990, 2003 et 2021. La méthode de comparaison post-classification est utilisée pour détecter les changements intervenus entre les différentes dates retenues. Les précisions globales des classifications donnent des résultats satisfaisants avec 80% pour 1979, 90 % pour 1990, 89 % pour 2003 et 91 % pour 2021 et un coefficient Kappa respectif de 87%, 89 %, 85 % et 90 %. Les résultats montrent une légère augmentation de la végétation au détriment des sols nus qui sont passés de 174 969 ha en 1979 soit 88 % de la superficie des Terres Neuves à 138 197 ha en 2021 soit 70 %.

Mots clés : Changement climatique, mutation environnementale, Terres Neuves, occupation du sol, Landsat.

Abstract : The climate change observed in West Africa since the late 1960s has not spared the Sudanian regions of Senegal. The resulting drought has disrupted environmental conditions, leading to the weakening of ecosystems and accelerated degradation of natural resources, particularly agricultural land. The resilience of agricultural systems has been demonstrated by the eastward migration of the groundnut basin, particularly in eastern Senegal.

The Terres Neuves of eastern Senegal were once fertile and densely vegetated, being the host environment for agricultural migrants from the groundnut basin. Today, they are subject to strong land pressure and over-exploitation of productive natural resources, with negative impacts on agriculture, livestock breeding and biodiversity.

This study proposes to analyze the environmental dynamics in Terres Neuves through a cartographic approach to land-use units. The approach is based on pixel classification using the maximum likelihood algorithm. The rainfall data used were extracted from the Google Earth Engine (GEE) platform and Landsat satellite images acquired in 1979, 1990, 2003 and 2021. The post-classification comparison method is used to detect changes between the different dates selected. Overall classification accuracies were satisfactory, with 80% for 1979, 90% for 1990, 89% for 2003 and 91% for 2021, and Kappa coefficients of 87%, 89%, 85% and 90% respectively. The results show a slight increase in vegetation to the detriment of bare soil, which are increased from 174,969 ha in 1979, or 88% of the Terres Neuves area, to 138 197 ha in 2021, or 70%.

Key words : Climate change, environmental change, Terres Neuves, land use, Landsat

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.17813450>

1. Introduction

Le changement climatique est, aujourd'hui, l'un des principaux facteurs physiques naturels participant le plus à la fragilisation de l'environnement (Faye et al., 2022). La baisse des pluies des années 1970-80 (Faye et al., 2019 ; Descroix et al., 2015) et les actions anthropiques néfastes ont favorisé la dynamique des unités d'occupation du sol et un déséquilibre des écosystèmes (Tine et al., 2020). La baisse des rendements notée dans le bassin arachidier suite à cette péjoration climatique est à l'origine de la colonisation des Terres Neuves du Sénégal oriental. L'occupation de ces nouvelles terres s'est effectuée en deux phases. La première phase de 1972 à 1974 consistait à installer 300 familles dans 6 nouveaux villages créés. La deuxième phase s'est déroulée dans l'intervalle 1976 - 1979 avec la création de 10 autres villages et l'installation de 500 familles. Dans la même période 200 familles sont installées dans les villages autochtones (Garenne et Lombard, 1988 ; Dubois, 1999). Cette politique de redéploiement de population vers ces nouvelles terres visait à décongestionner le bassin arachidier et à limiter l'exode rural (Faye et al., 2018).

Cependant, l'arrivée des colons (la population déplacée) n'est pas sans conséquence sur l'environnement du milieu d'accueil. Les sérères dont le projet STN (Société des Terres Neuves) a installé dans les Terres Neuves depuis 1972 ont profondément marqué leur empreinte dans ce milieu. Depuis la dissolution de la STN (1985) qui avait en charge la gestion, la population s'est adonnée à des coupes abusives de bois. A l'exception de quelques espèces végétales comme *Bombax costatum*, *Adansonia digitata*, *Gardenia erubescens*, *Hexalobus monopetalus*, *Khaya Senegalensis*, *Oxytenanthera abyssinica* ..., aucune espèce végétale, ni aucune forêt n'est épargnée de la hache des exploitants (Faye, 2019). En plus de l'exploitation du bois, des défrichements anarchiques et incontrôlés sont effectués par la population dans le but d'accroître les rendements agricoles (Faye, 2019 ; Faye., 2012).

En dehors des familles déplacées par le projet, nous notons, depuis les années 1990, un flux important de personnes vers cette partie à la recherche de nouvelles terres favorisant une forte anthropisation du milieu.

Face à cette situation, il est nécessaire d'effectuer une étude diachronique en se basant sur les techniques de la télédétection afin de déterminer la dynamique des unités d'occupations du sol. L'étude de la dynamique de l'occupation du sol à travers l'analyse diachronique multi-dates est importante dans l'aménagement de l'espace et la gestion des ressources naturelles.

C'est dans ce sens que la télédétection spatiale est devenue de nos jours, un outil incontournable dans la gestion de l'environnement (Tine et al., 2020). L'utilisation conjointe de la télédétection et des systèmes d'information géographique (SIG) permet à mieux appréhender la dynamique de l'occupation des sols dans les Terres Neuves.

L'objectif de ce travail est d'analyser l'évolution de l'occupation des sols dans les Terres Neuves dans un contexte de fluctuations climatiques. Il s'agit de manière spécifique d'appréhender, dans le temps et dans l'espace, l'évolution des unités paysagères à partir des images Landsat de 1979, 1990, 2003 et de 2021.

2. Présentation du milieu

Les Terres Neuves sont situées à l'Ouest de la région de Tambacounda dans la partie est du Sénégal. Cette zone est comprise entre 13°30' et 13°57' de latitude Nord et 14°50' et 14°10' de longitude Ouest; plus précisément entre les départements de Koumpentoum et de Tambacounda. Elles sont limitées au nord par la route nationale 1 et le chemin de fer, à l'ouest par la région de Kaffrine, au sud par la République de la Gambie et à l'est par le département de Tambacounda. Les Terres Neuves couvrent les communes de Niani Toucouleur (département de Tambacounda), Méréto, Bamba Thialène, Kahène, Koumpentoum, Malème Niani et les parties sud des communes de Pass Koto et de Ndame (département de Koumpentoum) (figure 1). La zone est couverte par les isohyètes 800 mm au Nord et 900 mm au Sud avec un climat de type soudanien caractérisé par une saison sèche allant de Novembre à Mai, soit 7 mois et une saison pluvieuse qui dure 4 voire 5 mois, c'est-à-dire de Juin à Octobre.

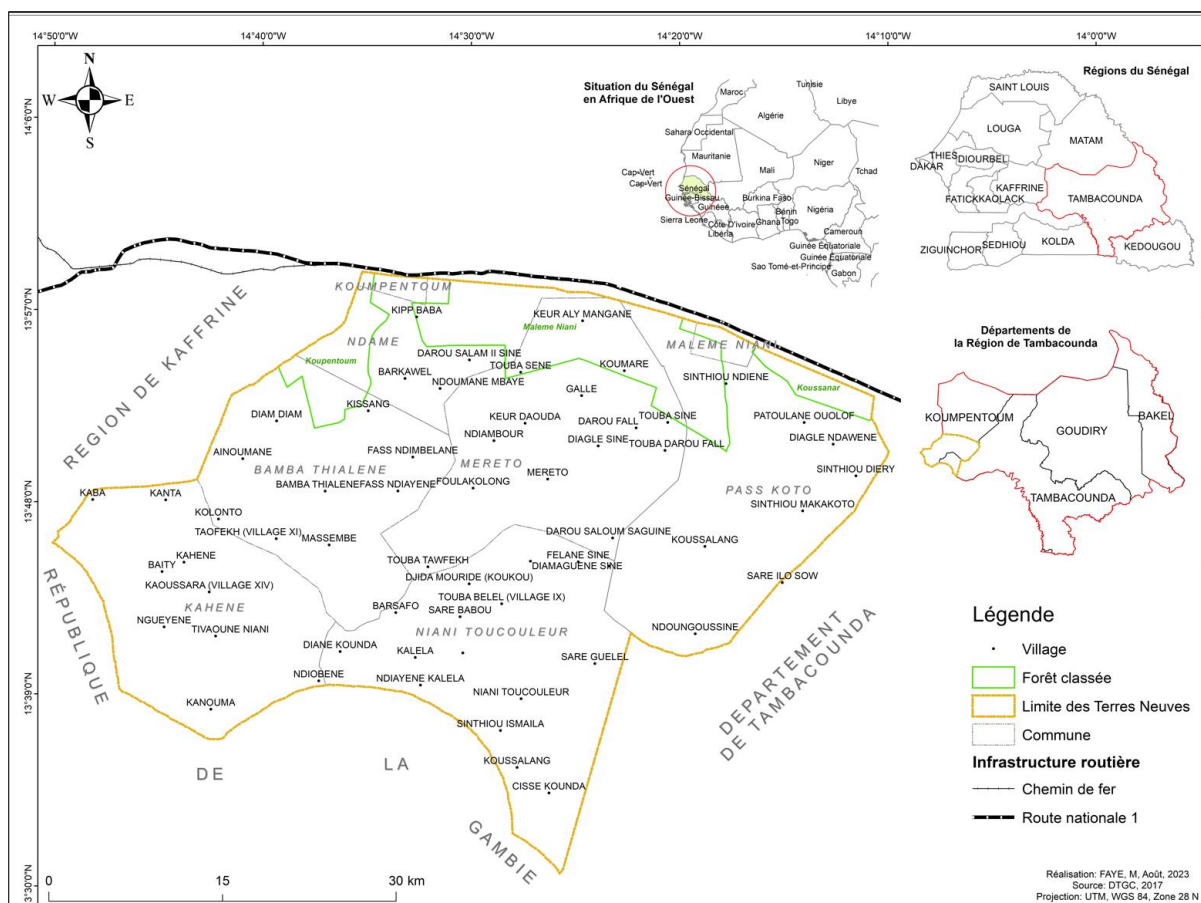


Figure 1. Situation géographique des Terres Neuves dans le Sénégal.

3. Données et méthodes

3.1 Données

Les données climatiques utilisées sont extraites de la plateforme Google Earth Engine (GEE). C'est une Plateforme en cloud pour l'analyse des données géospatiales en donnant à l'utilisateur la possibilité de travailler dans une infrastructure du géospatial Big Data : données d'observation de la terre et cloud computing. Google Earth Engine stocke un ensemble de données géospatiales comme Landsat, Sentinel, occupation du sol, couverture végétale, MODIS etc., des données climatiques comme CHIRPS, les réanalyses ERA-5, ERA-15, ERA-40, TRMM etc.

Les images Landsat sont retenues pour cette étude. Ce choix est basé sur la disponibilité et la gratuité des données. Les dates retenues sont 1979, 1990, 2003 et de 2021. Les images sont acquises en saison sèche notamment entre Février et Mars (Tableau 1). Le choix des images de la saison sèche permet d'éviter toute confusion entre le couvert végétal et le couvert herbacé.

Tableau 1. Caractéristiques des images Landsat utilisées.

Capteurs	Date d'acquisition	Bandes	Longueurs d'ondes	Résolution
MSS	1979	4-Bleu	0,45-0,52 μm	60 m
		5-Vert	0,52-0,6 μm	
		6-Rouge	0,63-0,69 μm	
		7- PIR	0,76-0,9 μm	
TM	09/02/1990	1-Bleu	0,45 - 0,52 μm	30 m
		2-Vert	0,52 - 0,6 μm	
		3-Rouge	0,63 - 0,69 μm	
		4- PIR	0,76 - 0,9 μm	
		5-SWIR 1	1,55 - 1,75 μm	
		7- SWIR 2	2,08 - 2,35 μm	

Capteurs	Date d'acquisition	Bandes	Longueurs d'ondes	Résolution
ETM+	27/03/2003	1-Bleu	0,45 - 0,52 μm	30 m
		2-Vert	0,53 - 0,61 μm	
		3-Rouge	0,63 - 0,69 μm	
		4-PIR	0,78 - 0,9 μm	
		5-SWIR 1	1,55 - 1,75 μm	
		7- SWIR 2	2,09 - 2,35 μm	
Capteurs	Date d'acquisition	Bandes	Longueurs d'ondes	Résolution
OLI	13/03/2021	2-Bleu	0,450 - 0,515 μm	30 m
		3-Vert	0,525 - 0,600 μm	
		4-Rouge	0,630 - 0,680 μm	
		5-PIR	0,845 - 0,885 μm	
		6-SWIR 1	1,560 - 1,660 μm	
		7-SWIR 2	2,100 - 2,300 μm	

3.2 Méthodes

3.2.1 L'indice Pluviométrique Standardisé (IPS)

Pour le traitement des données climatiques, c'est le test de Pettitt qui a été utilisé. En effet, ce test n'est pas adapté à la recherche de plusieurs ruptures dans une même série. Il examine l'existence d'une rupture à un instant (t) inconnu de la série à partir d'une formule dérivée de Mann-Whitney (Servat et al., 1998). L'absence de rupture dans la série (xi) de taille N constitue l'hypothèse nulle. Pettitt définit la variable $U_{t,N}$:

$$U_{t,N} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^N D_{ij} \quad U_{t,N} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^N D_{ij}$$

où $D_{ij} = \text{sgn}(x_i - x_j)$ avec $\text{sgn}(Z) = 1$ si $Z > 0$, 0 si $Z = 0$ et -1 si $Z < 0$.

Il propose de tester l'hypothèse nulle en utilisant la statistique K_N définie par le maximum en valeur absolue de $U_{t,N}$ pour (t) variant de 1 à N -1. Si l'hypothèse nulle d'homogénéité de la série est rejetée, le test propose une estimation de la date de rupture.

L'IPS ou SPI (acronyme en anglais de Standardized Precipitation Index) (McKee et al., 1993) est calculé de la manière suivante : $\text{IPS} = (\text{Pi} - \text{Pm})/\text{S}$ avec :

Pi = cumul de la pluie pour une année i ;

Pm = moyenne annuelle sur la série considérée ;

S = écart type des cumuls annuels sur la même période

3.2.2 Traitement des images satellitaires

La méthode de classification supervisée est utilisée pour ce travail. Cette technique est utilisée pour identifier les zones similaires sur une image à travers la signature spectrale. Il s'agit d'identifier d'abord les sites d'entraînement c'est-à-dire les échantillons assez homogènes sur l'image et représentatifs de différents types de surfaces. Ces échantillons sont, ensuite, utilisés pour définir les classes spectrales qu'ils représentent (Tine et al., 2020). Il existe au sein de la classification supervisée plusieurs algorithmes de classification. Cependant, nous avons choisi, dans le cadre de cette étude, la classification par « maximum de vraisemblance ». Ce dernier est très utilisé dans les classifications supervisées et est considéré comme le plus performant dans la production des cartes thématiques dans le domaine de l'occupation du sol (Soro et al., 2014). La classification par maximum de vraisemblance est basée sur la règle de Bayes :

$$\text{Pr}\{A_i|B\} = \frac{\text{Pr}\{A_i\} \cdot \text{Pr}\{B|A_i\}}{\sum \text{Pr}\{A_i\} \cdot \text{Pr}\{B|A_i\}}$$

(Source : <http://www.seos-project.eu>)

Où A_i représente la classe i, B représente les valeurs de réponse du pixel.

$\text{Pr}\{A_i|B\}$ est la probabilité conditionnelle que la classe A_i soit la classe où placer le pixel B.

3.2.3 Dynamique de l'occupation du sol

Pour la détection des changements d'occupation du sol, des corrections radiométriques et atmosphériques ont été apportées sur les images. En plus de ces corrections, d'autres techniques d'amélioration comme la normalisation

sont appliquées sur les images. Cette dernière consiste à utiliser une image comme référence sur laquelle on ajuste les propriétés radiométriques de l'image à corriger pour que les effets indésirables puissent être minimisés ou éliminés (Guerinai, 2012). Cette technique permet de comparer, en termes de caractéristiques radiométriques, les images obtenues par différents capteurs et en différentes dates. Le logiciel ENVI 5.3 nous a permis de normaliser les images avec l'image Landsat ETM+ de 2003 comme référence.

La comparaison post-classification est utilisée pour la détection des changements. C'est la méthode la plus évidente qui nécessite la comparaison d'images classifiées produites indépendamment (Singh, 1989). Elle nous a permis d'appréhender les modifications survenues au cours de l'intervalle de temps considéré et de cartographier les changements d'occupation du sol dans les Terres Neuves. La figure 2 illustre les différentes étapes de traitement effectuées dans ce travail.

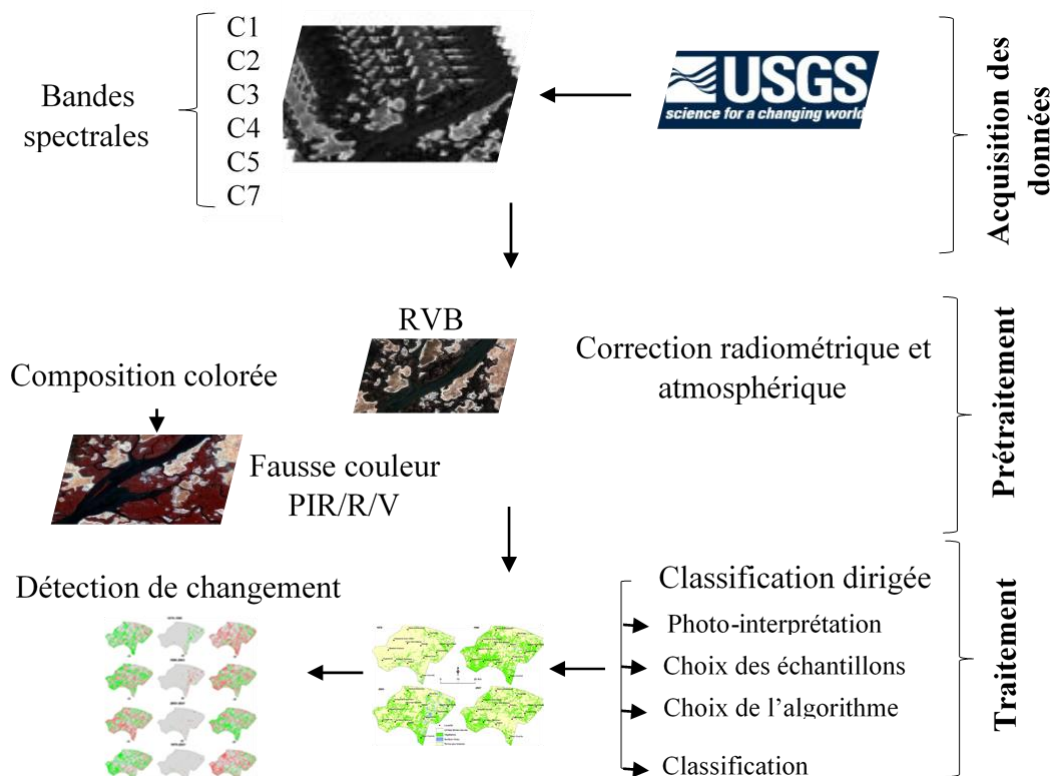


Figure 2. Organigramme méthodologique de traitement des images.

4. Résultats

4.1 Variabilité pluviométrique

Les Terres Neuves, situées à l'ouest de la région de Tambacounda, présentent les mêmes caractéristiques pluviométriques de la station de de Tambacounda (Faye et *al.*, 2018, 2019 ; Faye, 2018 et 2019). Le calcul de l'IPS et la comparaison des résultats par rapport aux valeurs indiciaires ont permis de déterminer les années sèches et celles humides. L'analyse de la figure 3 montre une évolution en dents de scie de l'indice standardisé des précipitations à Méréto de 1958 à 2021. La série peut être scindée en 3 périodes avec deux périodes excédentaires et une période déficitaire qui est d'ailleurs la plus longue.

La première période, considéré comme humide, s'étend de 1958 à 1967. A l'exception de 1962, cette période est marquée par des années excédentaires dont l'excédent le plus important a été enregistré en 1958 avec 2,14.

La deuxième période s'étend de 1968 à 2002. Cette période est la plus longue et est globalement déficitaire avec 24 années déficitaires sur les 35 ans de la période. Elle regroupe les déficits les plus importants de la série. La valeur la plus importante des déficits intervient en 1983 avec -2,11.

La troisième période intervient à la fin de la série. Elle est marquée par 10 années excédentaires et 9 années faiblement ou modérément déficitaires. Les excédents les plus élevés sont enregistrés entre 2003 et 2005 avec respectivement 1,57 et 1,71.

Cette instabilité pluviométrique a des incidences négatives sur le milieu physique et les activités socio-économiques de la population.

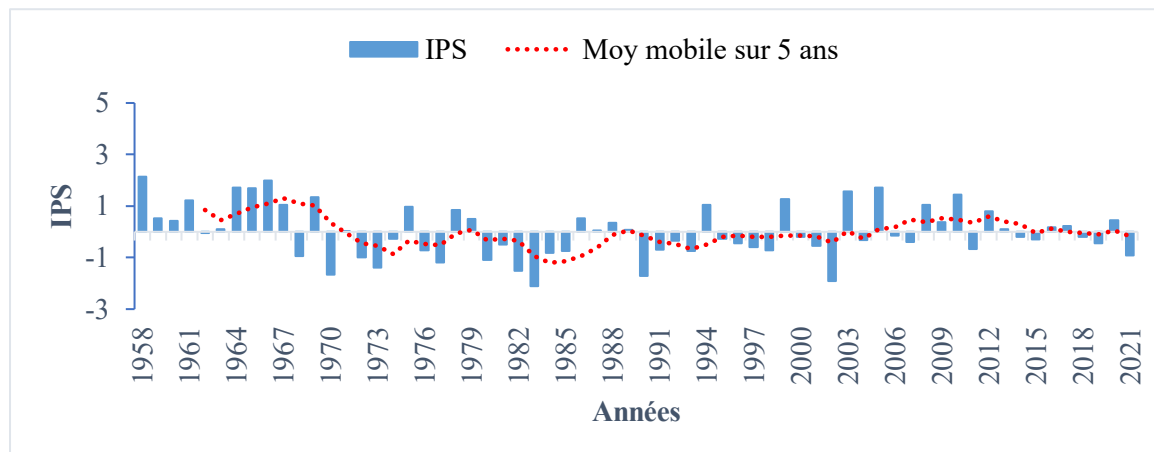


Figure 3. Évolution de l'Indice Pluviométrique Standardisé à Méréto entre 1958 et 2021.

4.2 Dynamique de l'occupation du sol

L'analyse de la carte diachronique de l'occupation du sol des Terres Neuves montre une dynamique spatio-temporelle des différentes unités d'occupation du sol. L'observation des images Landsat de 1979, 1990, 2003 et 2021 après traitement permet de constater à première vue une tendance évolutive des sols nus et de la végétation (figure 4).

En 1979, les sols nus étaient nettement plus importants avec une superficie de 174 969 ha. La couverture végétale et les surfaces d'eau restent faibles avec respectivement 21 535 ha et 1500 ha. Ceci peut s'expliquer par le déficit pluviométrique constaté durant cette période qu'on associe à la grande sécheresse.

En 1990, la végétation est marquée par une forte augmentation. Elle est passée de 21 535 ha en 1979 à 59 188 ha en 1990 soit une hausse de 37 653 ha. Ce qui peut être lié à la reprise des précipitations après la grande sécheresse. L'IPS montre 4 années excédentaires successives avant l'année 1990. Cependant, les sols nus prédominent avec 13 1930 ha.

En 2003, les eaux de surface étaient moins importantes par rapport à 2003 mais plus significatives que les années 1979 et 2021. Les sols nus, certes plus représentatifs, ont connu une régression pendant cette année en faveur de la végétation estimée 82 886 ha.

Et en fin en 2021, les surfaces d'eau étaient très faible (689 ha), environ 0,3% de la superficie de la zone. Une situation qui peut être lié à la variabilité pluviométrique mais aussi à la hausse des températures qui engendre de fortes évaporations. La végétation a également subi des changements par rapport à l'année 2003. Sa superficie est passée de 82 886 ha en 2003 à 59 220 ha en 2021. Cela peut être assimilé à l'exploitation forestière qui constitue une activité en pleine expansion dans la zone.

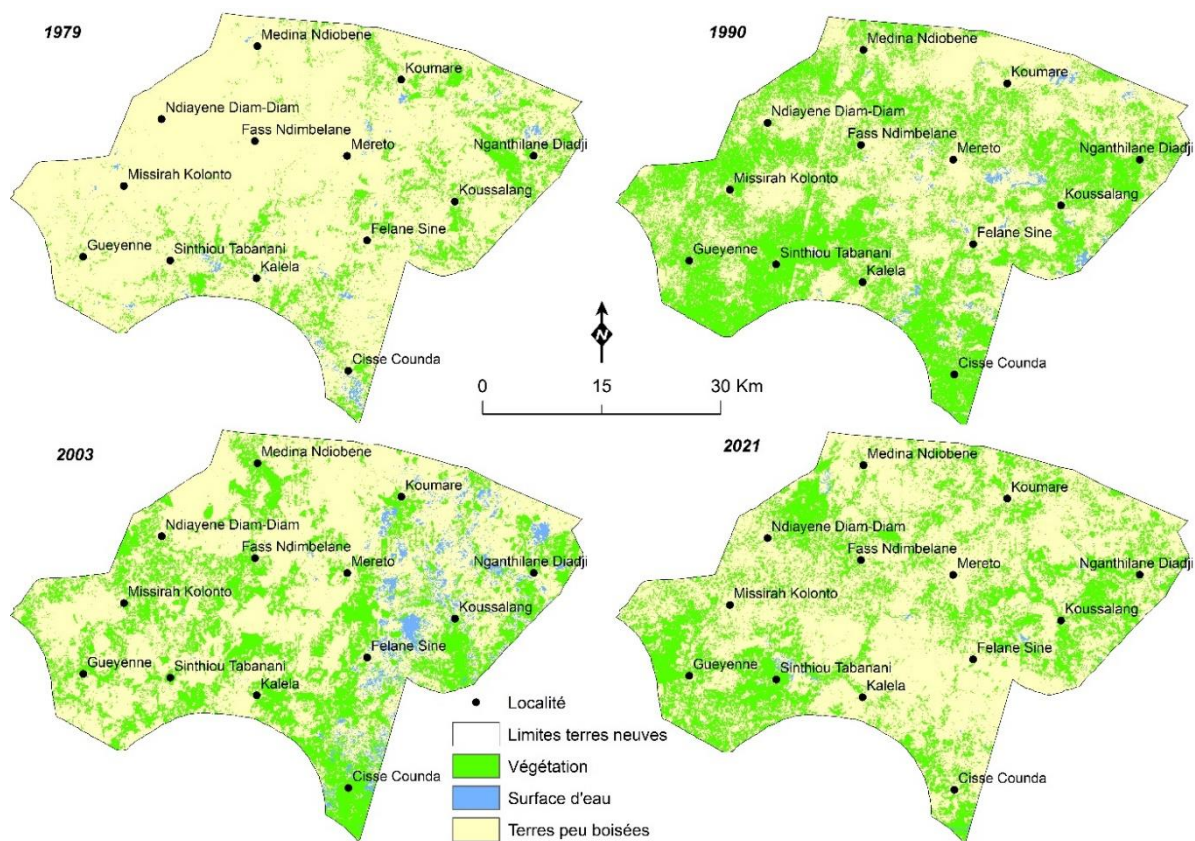


Figure 4. Occupation du sol dans les terres Neuves en 1979, 1990, 2003 et 2021.

Des changements ont été notés sur les trois unités constitutives de nos 4 images. La superficie de sols nus (terres peu boisées) est beaucoup plus importante sur l'ensemble des 4 images. Cette superficie était de 174 969,34 ha en 1979 et 138 197,53 ha en 2021.

En 1979, la superficie des sols nus représentait 88 % de la superficie des Terres Neuves. La végétation représentait 11 % et l'eau 1 % (figure 5). L'importance de la superficie des sols nus durant cette période peut être liée à la grande sécheresse qui a sévit dans cette zone. La diminution de la pluviométrie limite l'augmentation des eaux de surfaces et le développement de l'activité chlorophyllienne.

La superficie des sols nus représente 67 % en 1990 de la superficie de la zone avec une hausse de la superficie de la végétation qui éteint 30 %. La superficie des eaux de surfaces a connu une hausse de 3 %. Cette hausse de la surface des eaux de surface et de la végétation s'est faite au détriment des sols nus qui ont connu une régression de 21 % entre 1979 et 1990 de la superficie des sols nus.

En 2003, la superficie des sols nus était de 57 %. Elle continue de baisser au profit de la végétation qui maintient une tendance à la hausse avec 42 % de la superficie. Nous pouvons dire que la végétation maintien sa tendance progressive avec une hausse de 12 % et les sols nus une tendance régressive avec une baisse de 10 % entre 1990 et 2003. Quant aux eaux de surface, elles occupent 1 % de la superficie des Terres Neuves.

Pour l'image de 2021, la végétation a connu une baisse de 12 % au profit des sols nus qui ont atteint 70 %. La superficie de l'eau reste toujours faible avec 0,3 %. La régression de la végétation lors de cette période peut être liée à la diminution de la pluviométrie mais aussi aux activités anthropiques. L'augmentation de la population engendre une hausse des surfaces cultivées avec comme corollaire l'extension des défrichements. À cela s'ajoute les mauvaises pratiques pastorales (élagage des arbres), les feux de brousse et l'exploitation forestière.

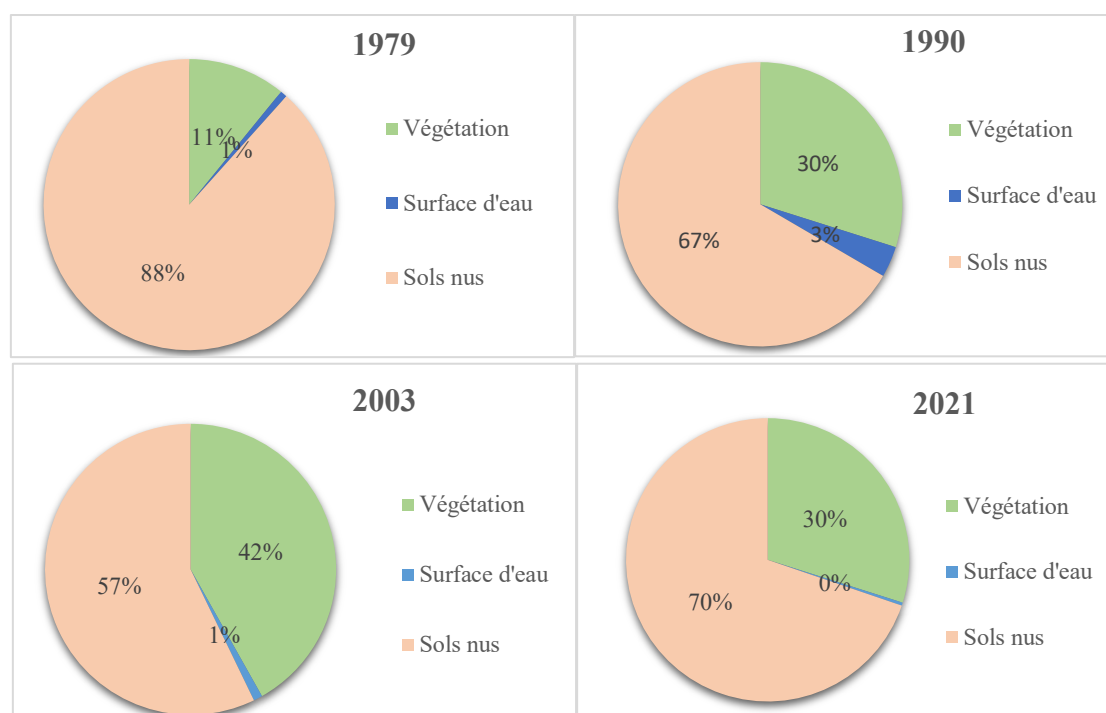


Figure 5. Statistiques en pourcentage des unités d'occupation du sol dans les Terres Neuves en 1979, 1990, 2003 et 2021.

4.3 Détection des changements d'occupation du sol

L'analyse des cartes de détections de changement montre que les différentes unités d'occupation du sol ont évolué entre 1979 et 2021 (figure 6).

La végétation a connu dans l'ensemble une dynamique progressive. De 1979 à 1990, nous avons noté une progression de 49 881,51 ha. Cette progression est plus élevée entre 1990 et 2003 avec 51 578,28 ha (tableau 2). Cette dynamique évolutive de la végétation est plus accentuée entre 1979-1990 et 1990-2003. Contrairement aux deux précédentes périodes, la végétation est marquée par une baisse estimée à 55 426,03 ha entre 2003-2021 (tableau 2). Cette régression peut s'expliquer par la péjoration climatique mais aussi et surtout l'accroissement des activités anthropiques sur la végétation.

Du fait de l'absence de cours d'eau permanent, les surfaces d'eau restent moins importantes dans la zone. Les eaux de surface ont connu une forte régression à travers le temps (figure 6). C'est uniquement lors de la période 1979-1990 que cette unité d'occupation du sol a connu une progression de 7 221,6 ha (tableau 2). Les autres périodes restent marquées par une régression des surfaces d'eau.

Les sols nus occupent les superficies les plus importantes et sont plus stables (figure 6). Les superficies de sol nu stables sont de 119 129,22 ha entre 1979-1990, 81 907,56 ha entre 1990-2003 et 86 558,85 ha entre 2003-2021. Les périodes 1979-1990 et 1990-2003 sont caractérisées par une forte régression de la superficie des sols nus avec respectivement 54 624,78 ha et 49 448,97 ha en faveur de la végétation (tableau 2). Par contre, la période 2003-2021 est marquée par une dynamique progressive des sols nus estimés à 51 028,56 ha. En effet, les progressions et régressions des sols nus sont corollaires à la dynamique de la végétation dans cette zone.

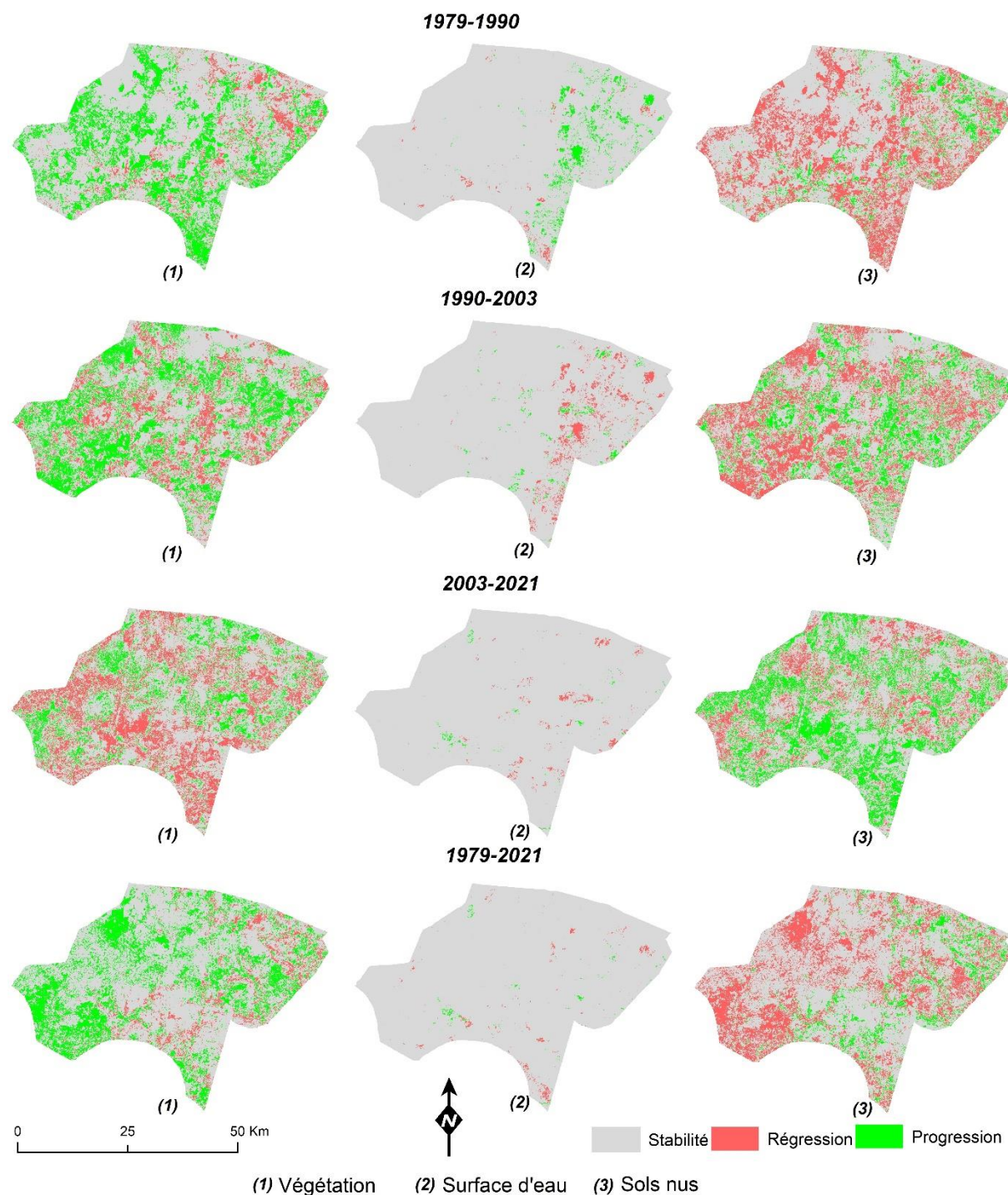


Figure 6. Changements des unités d'occupation du sol entre 1979-1990, 1990-2003, 2003-2021 et 1979-2021.

Le tableau statistique de la détection de changement des unités d'occupation du sol de la zone des Terres Neuves entre 1979 à 2021 révèle une dynamique progressive de la végétation avec 50 461,29 ha de progression, 9 254,07 ha de stabilité et 13 291,29 ha de régression. Par contre les surfaces d'eau connaissent une régression avec 1 586,43 ha régression, 711,09 ha de progression et seulement 17,82 ha de stabilité (tableau 2). Quant aux sols nus nous notons plus de stabilité avec 123 422,31 ha de surface stable, 50 341,05 ha de régression et 14 046,39 ha de progression. Malgré la péjoration climatique de ces dernières années, la végétation a maintenu sa tendance progressive dans cette zone depuis la période 1979-1990 qui coïncide avec la fin de la grande sécheresse et le début de la reprise des précipitations.

Tableau 2. Statistiques de la détection de changement des unités d'occupation du sol en ha.

		1979-1990	1990-2003	2003-2021	1979-2021
Végétation	Régression	13015,8	28014,48	55426,03	13291,29
	Stable	9524,07	31471,38	32818,59	9254,07
	Progression	49881,51	51578,28	26930,34	50461,29
Surface d'eau	Régression	1552,5	7049,7	1996,74	1586,43
	Stable	51,48	227,61	22,23	17,82
	Progression	7221,6	1791,36	707,67	711,09
Sols nus	Régression	54624,78	49448,97	26450,82	50341,05
	Stable	119129,22	81907,56	86558,85	123422,31
	Progression	12089,97	34603,9	51028,56	14046,39

5. Discussion

La cartographie de l'occupation du sol à partir des images satellites donne une appréhension du milieu étudié mais ne représente pas de manière parfaite la réalité du terrain. La qualité des résultats peut être améliorée en travaillant avec des images de haute résolution spatiale et des vérités terrains (Tine et *al.*, 2020).

Cependant, les classifications sont jugées acceptables et permettent d'évaluer les changements d'occupation du sol entre 1979 et 2021. Les précisions globales des classifications donnent des résultats satisfaisants avec 80% pour 1979, 90 % pour 1990, 89 % pour 2003 et 91 % pour 2021 et un coefficient Kappa respectif de 87%, 89 %, 85 % et 90 %. Les grands changements sont opérés entre les sols nus et la végétation. En effet, ces changements sont liés aux actions combinées du climat et de l'homme.

La péjoration climatique notée pendant les années 1970 a affecté les volumes pluviométriques dans les Terres Neuves (Faye et *al.*, 2021). Cette variabilité du climat a eu des influences sur la dynamique des unités d'occupation du sol notamment les eaux de surface et la végétation. La pluie joue un rôle essentiel sur la végétation. Ainsi, sa mauvaise répartition dans le temps et dans l'espace compromet son développement. La sécheresse entraîne la mortalité des arbres, modifie les formations végétales et empêche la régénération de certaines espèces (Faye, 2019 ; Ndong, 1996).

La pluie n'est pas le seul facteur de la dynamique des unités d'occupation du sol. Les facteurs anthropiques doivent aussi être considérés. L'homme par ses activités multiples et diverses (l'agriculture, l'exploitation forestière, le pastoralisme et les feux de brousse...) a contribué à la modification du milieu (Diouf., 2008).

Depuis plus de deux décennies, le couvert végétal est marqué par une forte pression due au déplacement du front agricole du centre du pays vers l'est. L'avancée du front arachidier dans les Terres Neuves a entraîné des pressions sans précédent sur les massifs forestiers.

Ainsi, ce milieu qui était, jadis, densément boisé est de nos jours marqué par une forte anthropisation. La croissance de la population a entraîné une augmentation des besoins en terres de culture et l'abandon des jachères. Cela s'est traduit par une extension des terres de culture au détriment de la forêt. Les paysans estiment que le défrichement est la meilleure manière d'améliorer les rendements et de s'adapter à la péjoration pluviométrique (Faye et *al.*, 2018).

Il convient de rappeler que la population des Terres Neuves est majoritairement rurale. Le bois de feu est la principale énergie utilisée pour la cuisson et le chauffage en saison froide. Le bois collecté provient, en grande partie, du ramassage de bois mort, du bois provenant du défrichement des champs, des jachères ou de la coupe de bois vif. L'importance de la végétation a entraîné une exploitation abusive et incontrôlée des combustibles ligneux. Les ménages ruraux considèrent la forêt comme un réservoir d'énergie inépuisable. En plus de l'exploitation du charbon de bois et du bois de chauffe, les professionnels de la menuiserie contribuent grandement au déboisement du milieu étudié. Pour échapper à la loi du service des eaux et forêts qui interdit la coupe de *Pterocarpus erinaceus*

vert, ils plantent des clous (de dimension 10) sur le tronc de l'arbre ou creusent jusqu'à atteindre les racines dont ils coupent une partie pour ensuite verser du liquide appelé GRESYL sur le reste de la racine encore liée à l'arbre. Ces pratiques visent toutes à entraîner la mort sur pied de l'arbre (Diouf., 2008).

Il faut aussi noter la récurrence des feux de brousse. Ces feux, forts et intenses, constituent un fléau qui gangrène l'équilibre des écosystèmes. Par exemple en 2009 dans le département de Koumpentoum où se trouvent les Terres Neuves, pour 5 cas de feu de brousse enregistrés, 1705 ha ont été ravagés et en 2011 une superficie de 13 550 ha a été incendiée pour 15 feux de brousse enregistrés (IREF., 2011). Ces feux entraînent, après leur passage, la mort des arbustes, la disparition du tapis herbacé obligeant les éleveurs à élaguer des arbres telles que *bombax costatum*, *Cordyla pinnata*, *Pterocarpus erinaceus* pour appâter le bétail ou à transhumer.

6. Conclusion

L'étude diachronique de l'occupation du sol dans les Terres Neuves entre 1979 et 2021 a permis d'appréhender la dynamique spatio-temporelle des unités paysagères sous l'effet conjugué des facteurs climatiques et anthropiques.

L'étude de détection des changements constitue une démarche efficace permettant une évaluation rapide de la dynamique de l'occupation du sol. Les images satellites Landsat combinées aux outils de la télédétection spatiale ont permis d'estimer les superficies des unités d'occupation du sol. Les statistiques générées à partir des images classifiées mettent en évidence une légère augmentation de la végétation qui est passée de 11 % de la superficie du milieu d'étude en 1979 à 30 % en 2021. Les sols nus ont légèrement diminués au profit de la végétation. Ils sont passés de 174 969 ha en 1979 soit 88 % de la superficie des Terres Neuves à 138 197 ha en 2021 soit 70 %. La faible représentativité des eaux de surface (1% en 1979 et 0,3% en 2021) s'explique par l'absence de cours d'eau permanent dans la zone. Les zones humides sont représentées essentiellement par les mares et les cours d'eau temporaires qui tarissent quelques mois après la saison des pluies.

Il faut noter que malgré l'augmentation constatée des surfaces boisées entre 1979 et 2021, l'année 1972, date de la création des Terres Neuves reste la plus boisée. Les travaux effectués dans cette zone (Faye et al., 2018 ; Faye, 2019) révèle une diminution du couvert végétal après 1972 suite aux activités économiques.

Les résultats de cette étude peuvent aider les acteurs ou décideurs dans la mise en place de stratégies de gestion intégrée et participative des ressources naturelles dans les Terres Neuves. L'utilisation de l'image satellitaire de 1970 serait très importante pour mieux appréhender les mutations environnementales survenues dans les Terres Neuves.

REFERENCES

1. **Diouf A. (2008).** Interactions société, nature et climat au Sahel: la rupture socio- économique et écologique au Centre-Est agro-sylvopastoral Sénégalais au XXe siècle. Québec: Univ. Laval, Canada, Thèse de troisième cycle, 351 p.
2. **Dubois, J.-P. (1999).** Les Sereer et la colonisation des Terres neuves : Les migrations. Paysans Sereer, pp. 339–349. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.15963>
3. **Faye M., Tine D., Diouf F., Cissay A., et Faye C. S., (2022).** Climate change and land use dynamics in Djirnda Commune (Fatick Region - Senegal): Remote sensing approach. *European Journal of Biology and Biotechnology*, Vol 3 | Issue 4, 7p. DOI: <http://dx.doi.org/10.24018/ejbio.2022.3.4.375>
4. **Faye M., Faye B., Faye A. A., Niang G., Tine D., Sarr I., et Boissy R., (2021).** Analyse de l'évolution de la pluviométrie au cours des six dernières décennies (1951 à 2010) dans l'Arrondissement de Fimela (Région de Fatick/Sénégal). *Revue Internationale Dónni*, Vol.1, N°2, pp. 228-242.
5. **Faye M., Fall A., Tine D., Faye C.S., Faye B. & Ndiaye A., (2019).** Evolution pluvio-thermique de 1950 à 2013 au Sénégal oriental : cas de la Région de Tambacounda. *Int. J. Adv. Res.* 7(12), 270-287. <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/10152>
6. **Faye M. (2019).** La variabilité climatique des années 1950 aux années 2010 et ses impacts sur les ressources naturelles dans la Région de Tambacounda (Sénégal). *Thèse de doctorat unique*, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 424 p.

- 7. Faye, M., Fall, A., Faye, G., & Van Hecke, E. (2018).** La variabilité pluviométrique et ses incidences sur les rendements agricoles dans la région des Terres Neuves du Sénégal oriental Rainfall variability and its impacts on agricultural yields in the New Land area (Eastern Senegal). *Belgeo*, 1, 16 p.
- 8. Faye, M. (2012).** Impacts de la variabilité pluviométrique dans la production agricole : Cas des terres neuves du Sénégal oriental. 108 p.
- 9. Garenne M., et Lombard J., (1988),** *La migration dirigée des séreer vers les Terres Neuves (Sénégal)*. Centre ORSTOM, Dakar, pp 317-332.
- 10. Guerinaï A. (2012).** Analyse spatio-temporelle par télédétection de la région de Djelfa : évolution de l'occupation du sol. Mémoire de Magistère en sciences agronomiques. ENSA El Harrach-Alger, 109.
- 11. IREF. (2011).** *Rapport annuel 2010*. Tambacounda: IREF, 88 p.
- 12. Ndong J B. (1996).** L'évolution du climat au Sénégal et les conséquences de la sécheresse récente sur l'environnement. Lyon: Thèse de doctorat, Université JeanMoulin Lyon III ; 501 p.
- 13. Singh, A. (1989).** Digital change detection techniques using remotely sensed data. *International Journal of Remote Sensing* ; 10 : 989-1003.
- 14. Soro G., Ahoussi E. K., Kouadio E. K., Soro T. D., Oulare S., Saley, Soro M. B. N & Biemi J. (2014).** Apport de la télédétection à la cartographie de l'évolution spatio-temporelle de la dynamique de l'occupation du sol dans la région des Lacs (Centre de la Côte d'Ivoire). LSTEE. CURAT, 15.
- 15. Tine D., (2022).** L'évolution climatique, dynamiques des espaces littoraux et impacts sur les activités socio-économiques de la Basse Casamance (Sénégal) au Rio Gêba. Thèse de doctorat unique. Université Cheikh Anta Diop, Faculté des lettres et sciences humaines, Département de Géographie, École Doctorale « Eau, Qualité et Usage de l'Eau ». 297 pages.
- 16. Tine D., Faye M., Diouf E M., Fall A. & Faye B., (2020).** Détection de changement d'occupation du sol et analyse de la dynamique des terres salées dans le Département de Foundiougne (Sénégal) : *International organization of Scientific Research*, 14p.