

Journal Homepage: - www.journalijar.com

INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI: 10.21474/IJAR01/22170

DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/22170>

RESEARCH ARTICLE

DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE DE L'OCCUPATION DU SOL DE LA FORET CLASSEE DE KOUROUNGOUSSAOU AU NIGER

Ada Dan Tani Abdourahamane¹, Laminou Manzo Ousmane¹, Maman Moussa Abdoul Aziz² and Djibo
Moussa Ibrahim³

1. Faculte d'Agronomie et des Sciences de l'Environnement, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Niger.

Manuscript Info

Manuscript History

Received: 12 September 2025

Final Accepted: 14 October 2025

Published: November 2025

Key words:-

Dynamics, classified area, human
impact, management, Niger

Abstract

In Niger, classified forests are experiencing land use changes due to climate change and anthropogenic pressure effects. The study was conducted in the commune of Chadakori with the aim of assessing the evolving trends in land use/occupation of the Kouroungoussaou classified forest. To do this, a cartographic approach based on the processing of a time series of multi-sensor Landsat images (TM, ETM+, OLI) from the years 1975, 1988, 2000, 2012 and 2022, and GIS operations was adopted. The supervised classification method applied with significant accuracy made it possible to identify the forest land use/occupation classes. Socio-economic surveys were carried out to collect the perception of the populations on the forest changes and their causes. The sample is composed of 389 households belonging to ten (10) villages bordering the forest. Results show that, from 1975 to 2022, four (4) land use units were identified in the forest, namely Crops under wooded parkland, Pastures, Continuous rainfed crops and Bare soil. Change detection revealed 12 transitions in land use classes between 1975 and 2022, the most significant of which are those of Crops under wooded parkland and Pastures with losses of 85.44 and 61.85% of their respective areas in favor of Continuous rainfed crops and Bare soil with respective area gains of 81.79 and 375.81%. The positive rate of change in the Continuous rainfed crops (16.11 ha/year) and Bare soil (3.11 ha/year) classes illustrates the accelerated degradation of the forest. Contract farming, excessive logging, drought, and overgrazing are believed to be the main factors in this forest degradation. These results could contribute to create a database in the elaboration a management plan for this natural forest.

"© 2025 by the Author(s). Published by IJAR under CC BY 4.0. Unrestricted use allowed with credit to the author."

Introduction:-

Les écosystèmes forestiers constituent l'une des sources privilégiées de la population dans la satisfaction des besoins en produits tels que les aliments, le bois d'œuvre et de service, et surtout en terres agricoles (Oswald et al., 2012 cité par Orékanet al., 2014). Le changement d'occupation/utilisation des terres, exacerbé par le changement climatique et

Corresponding Author:- Ada Dan Tani Abdourahamane

Address:- Faculte d'Agronomie et des Sciences de l'Environnement, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Niger.

une mauvaise gestion des terres agricoles, menace les fonctions écologiques vitales de toutes les économies de l'Afrique subsaharienne. Chaque année, près de 3 millions d'hectares de forêts sont perdus en Afrique. En effet, 65% des terres sont affectées par la dégradation et 3% du PIB est perdu chaque année du fait de l'épuisement des nutriments du sol des terres agricoles (FRA, 2015). Sala et al. (2000) soutiennent que ces changements paysagersont un impact plus grand sur la biodiversité que les changements climatiques, les émissions atmosphériques des gaz à effet de serre et les invasions biologiques. Le défrichement des forêts par l'Homme pour l'exploitation de leurs ressources forestières est à l'origine de la perte de vastes surfaces forestières sur la planète. La FAO (2012) a estimé une perte moyenne de 5,2 millions d'hectares depuis ces dix dernières années.

La Conférence des Nations-Unies sur l'Environnement et le Développement de Rio de Janeiro de 1992 a promu la recherche scientifique afin de mieux informer les décideurs sur l'état des forêts et leur fonctionnement (Barthod, 1993). Ainsi, une meilleure compréhension des facteurs liés à une perte ou à un gain du couvert forestier en favoriserait une gestion optimale. Des régions du monde telles que l'Europe et l'Asie connaissent une augmentation de leur superficie forestière grâce à une réorganisation de la gestion de leurs forêts après de longues périodes marquées par la déforestation (FAO, 2010). Alors que la FAO a estimé que le continent africain a perdu 52 millions d'hectares de forêt entre 1900 et 2000, représentant 56 % de la réduction du couvert forestier mondial. Les ressources naturelles de l'Afrique au sud du Sahara évoluent dans un environnement qui subit, à un rythme effréné et inquiétant, des transformations rapides. L'exploitation sans contrôle des écosystèmes forestiers de cette région imprime une forte dynamique d'occupation/utilisation des terres. Celle-ci, qui se traduit en général par la dégradation du couvert végétal due principalement à l'intensification des activités anthropiques (Koffi et al., 2016), s'est largement amplifiée au cours de ces dernières décennies.

Au Sahel, cette dégradation fait craindre que lesquelques forêts restantes disparaissent et/ou soient converties en terres agricoles à long terme si les pratiques culturelles actuelles se maintiennent (Orékanet al., 2006 ; Oloukoiet al., 2006). Au Niger, sur un potentiel de ressources forestières ligneuses nationales estimées en 1989 à 16 millions d'ha comprenant 600000 ha de forêts classées, environ 200000 ha sont perdus chaque année du fait des facteurs anthropiques et des variations climatiques (Abdourahamane et al., 2012). Dans la région de Maradi, la réponse à la démographie galopante est une extension des superficies de cultures qui se réalise le plus souvent au détriment des aires pastorales et forestières (Lawandi, 2006). Cependant, les sécheresses récurrentes des dernières décennies et la surexploitation des ressources naturelles ont conduit à des perturbations agro-écologiques très importantes et à la destruction des potentiels productifs des terres (DRE, 2020). Pour inverser cette tendance, plusieurs actions sont menées dans le cadre de la gestion des forêtsnotammentla plantation d'arbres dans les champs sous contrat de cultures, les pratiques de la RNA, la sensibilisation des communautés riveraines sur les mesures de protection de l'environnement, l'interdiction des cultures de souchet et d'utilisation des tracteurs dans le labour (SCEChadakori, 2024). Afin d'établir l'état des lieux actuel et une projection future et d'estimer la nature de l'incidence des processus naturels et anthropiques sur les forêts naturelles, la présente étude a été menée dans la forêt classée de Kouroungoussaou avec l'objectif d'analyser les tendances évolutives de l'occupation/utilisation du sol.

Matériel Et Methods:-

Zone d'étude:-

La forêt classée de Kouroungoussaou (Figure 1), située entre 6,98° et 7,03° de longitudes Est et 13,74° et 13,79° de latitudes Nord, est localisée dans la commune rurale de Chadakoride la région de Maradi (Niger). Elle a été classée en 1956 selon l'arrêté N° 2386/SE/F du 8 Avril 1956 et couvrait à l'époque une superficie de 2300 ha. L'objectif du classement de cette forêt est de la protéger légalement afin d'assurer le rétablissement de l'équilibre écologique et de gérer durablement les ressources forestières et fauniques, en vue de restaurer les potentiels naturels et d'assurer la régénération des espèces végétales importantes pour l'environnement et les communautés locales. Actuellement, cette superficie est estimée à moins de 500 ha et le reste est exploité par les communautés riveraines (SCEChadakori, 2024).

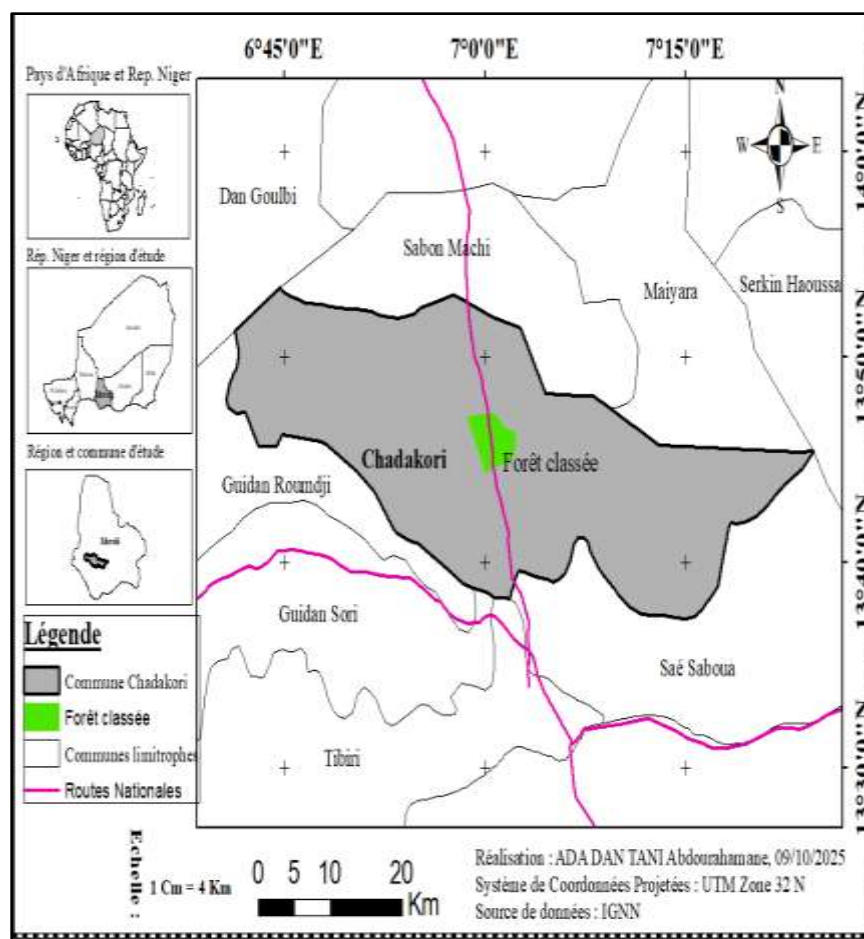


Figure 1 : Localisation de la forêt classée de Kourougoussaou

Le relief de la commune est caractérisé par une vaste plaine dunaire légèrement vallonnée par endroits qui s'étend d'Est en Ouest et du Sud au Nord. On y trouve ainsi des plaines sablonneuses, des dunes de sable et quelques formations rocheuses isolées. Deux (2) types de sols sont rencontrés dans la commune rurale de Chadakori : il s'agit de sols hydromorphes (ou argileux) dans les vallées et dépressions, plus riches en éléments minéraux et aptes surtout aux cultures irriguées et de sols ferrugineux tropicaux, sableux et très faiblement argileux. Ces derniers sont de loin plus importants et constituent les sols dunaires propres à la culture fluviale au niveau des plaines. Le climat est de type sahélo soudanien avec une moyenne pluviométrique annuelle de 500 mm (CRC, 2024). La commune est soumise aux vents del'harmatan et de la mousson. La végétation de la commune est structurée en trois types de strates avec des espèces d'arbres principalement composées des espèces *Balanites egyptiaca*(L.) Del., *Acacia nilotica* (L.) Willd. ex Del., *Ziziphus mauritiana* Lam. et *Acacia senegal*(L.) Willd., des arbustes essentiellement des espèces *Combretum micranthum* G. Don, *Guiera senegalensis* J.F. Gmel. etc.) et des herbacées dominées par *Cenchrus piriuri* (Kunth) Maire., *Pennisetum pedicellatum* Trin., etc.

Méthodologie:-

Collecte des données:-

- Collecte des données cartographiques:-

Les images satellitaires Landsat de 30 mètres de résolution de la zone de la forêt classée de Kourougoussaou ont été téléchargées via la plateforme USGS Earth Explorer. Ces images sont particulièrement adaptées pour l'analyse environnementale à long terme grâce à leur continuité temporelle depuis les années 1970. Elles sont des prises des mois de Novembre et Décembre, période où la différenciation des unités d'occupation des terres est maximale (Wafo et Huynh, 2009) et une meilleure perception de la végétation (Jensen, 1983). Elles couvrent les années 1975, 1988, 2000, 2012 et 2022 (Tableau 1).

Tableau 1 :Images satellitaires utilisées et leurs caractéristiques

Localité	Dates de prise de vue	Type s d'im ages	Scène (Path/ Row)	Résol ution spatia le	Compos ition (RVB) fausse couleur
Forêt classée de Kouroungou ussaou	07/12/ 1975	Land sat 2 MSS	204/05		432 (PIR-R-V)
	06/12/ 1988	Land sat 4- 5 TM	190/05	60	432 (PIR-R-V)
	13/11/ 2000	Land sat 7 ETM	190/05	30	432 (PIR-R-V)
	16/12/ 2012	Land sat 7 ETM	190/05	30	432 (PIR-R-V)
	28/12/ 2022	Land sat 7 ETM	190/05	30	432 (PIR-R-V)
		Land sat 8 OLI			543 (PIR-R-V)
		-			

Légende :PIR= ProcheInfrarouge, R= Rouge, V= Vert, TM = Thematic Mapper, OLI = Operational Land Imager, ETM+ = Enhanced Thematic Mapper Plus, MSS = Multi Spectral Scanner, RBV = Return Beam Vidicon

Le choix de ces années repose principalement sur le respect d'intervalles suffisamment espacés pour permettre une évaluation pertinente des changements de la couverture forestière. Le critère de la saison sèche, propice à une observation plus claire de la végétation a été aussi pris en compte.

- Collecte des données socioéconomiques:

La mémoire collective des populations riveraines des forêts constitue généralement une source des données sur des événements pouvant affecter la dynamique de ces dernières. C'est dans ce sens qu'il a été mené des enquêtes ethnobotaniques dans le but de déceler éventuellement de telles informations. L'échantillonnage des enquêtes était constitué de 10 villages choisis en fonction de leur niveau d'exploitation des ressources forestières et leur proximité avec la forêt classée de Kouroungoussaou.

Au niveau de chaque village, 50% des chefs de ménage âgés d'au moins 50 ans, volontaires, ont constitué l'échantillon d'enquête, soit au total 389 ménages. L'interview individuel était le mode d'administration des questionnaires à l'aide du logiciel de collecte des données KoboCollect. Ces enquêtes ont été renforcées par des focus groups au niveau de chaque village. Un guide d'entretien a été également adressé au responsable du service communal de l'environnement de Chadakori. L'enquête a porté principalement sur l'interaction Homme - forêt classée, les activités agricoles et pastorales puis la gestion des terres.

Traitement et analyse des données:-

- Traitement et analyse des données cartographiques:-

Le traitement des données s'est effectué autour des étapes suivantes (figure 2) :

❖ Prétraitement radiométrique et atmosphérique:-

Après l'acquisition des images, afin d'assurer la fiabilité des analyses, ces dernières ont été soumises à des corrections radiométriques et atmosphériques. Ces opérations permettent de normaliser les valeurs spectrales et de réduire les distorsions liées aux conditions d'acquisition (Song et al., 2001; Chavez, 1996).

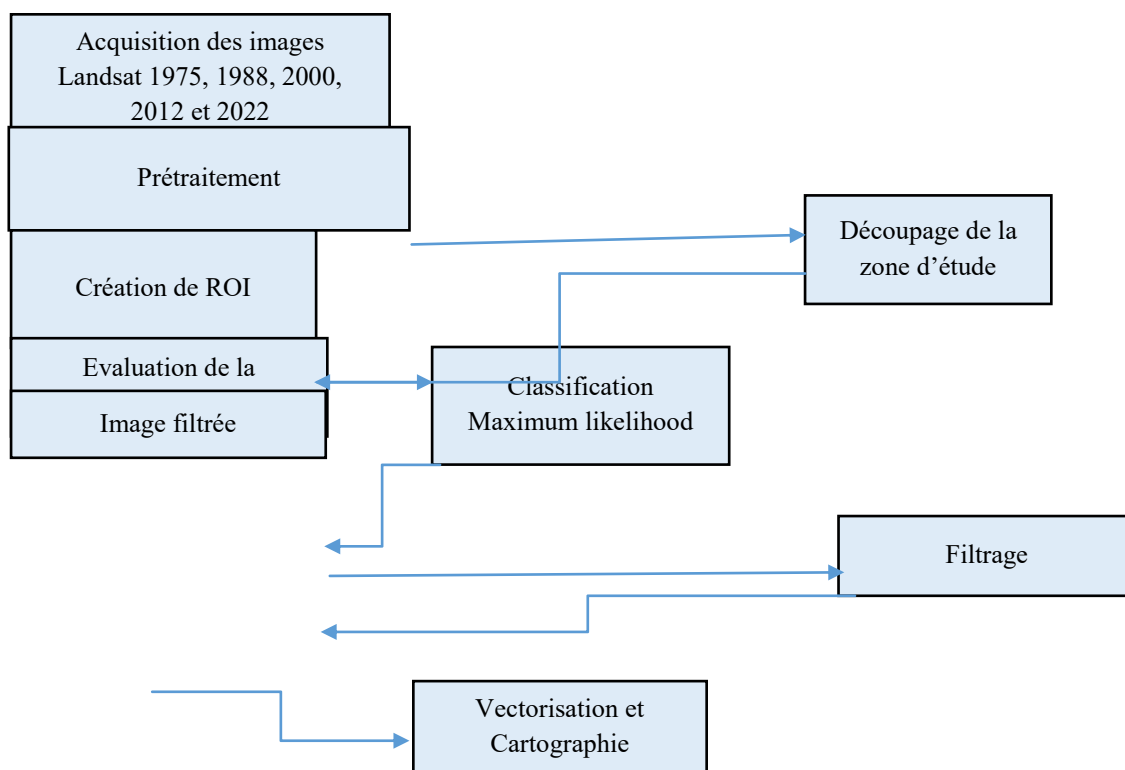


Figure 2 : Méthodologie de la cartographie d'occupation du sol

Des compositions colorées ont été générées, par la suite, à partir des bandes spectrales des capteurs Landsat, notamment en fausses couleurs (proche infrarouge, rouge, vert), afin de mettre en évidence les différentes occupations du sol. Ces compositions permettent de mieux distinguer les zones de végétation dense, les sols nus, les surfaces urbanisées ou encore les plans d'eau, facilitant ainsi l'interprétation visuelle et la définition des régions d'intérêt (ROI) (Lillesand et al., 2015; Jensen, 2016). La forêt classée de Kouroungoussaou a été extraite à partir des couches vectorielles des limites administratives officielles fournies par l'IGN. Cette étape permet de circonscrire l'analyse à l'espace pertinent afin de délimiter la zone d'étude (Congalton & Green, 2008).

Des polygones représentatifs des principales classes d'occupation du sol ont été définis à partir d'une interprétation visuelle assistée par des connaissances de terrain. Ces ROI ont servi de base à la classification supervisée (Foody, 2002; Campbell & Wynne, 2011). La méthode de classification par vraisemblance maximale (Algorithme de Maximum Likelihood) a été retenue pour sa robustesse statistique. Elle permet d'attribuer à chaque pixel une classe d'occupation du sol en fonction de sa signature spectrale et des ROI préalablement définies (Richards & Jia, 2006; Otukei & Blaschke, 2010). La qualité des classifications a été évaluée à l'aide de matrices de confusion, du coefficient Kappa et du taux de précision globale. Ces indicateurs permettent de juger de la fiabilité du processus de classification (Congalton, 1991; Stehman, 1997). Le coefficient de Kappa a une valeur légèrement inférieure à la précision totale. Dos Santos (2001) ajoute que cette dernière exprime le taux d'erreurs à éviter et qui seraient obtenues lors de l'échantillonnage qui doit être complètement au hasard. La valeur critique du coefficient de Kappa au-delà de laquelle une classification est jugée acceptable est de 75% (Girard et Girard, 1999).

❖ Filtrage post-classification:-

Un filtrage spatial médian a été appliqué afin de réduire les effets de bruit et d'homogénéiser les classes. Des filtres majoritaires et morphologiques ont été utilisés pour améliorer la lisibilité cartographique (Lu & Weng, 2007; Huang et al., 2014).

❖ Production cartographique et vectorisation:-

Les résultats classifiés ont été vectorisés et intégrés dans un système d'information géographique (SIG) pour la production de cartes thématiques. Ces cartes illustrent les mutations de l'occupation du sol sur une période de 47 ans, mettant en évidence les dynamiques des états d'occupation du sol.

- Evaluation de la dynamique d'occupation du sol:-**❖ Réalisation des cartes des changements:-**

Les cartes des changements ont été élaborées à travers le croisement de deux cartes de l'année initiale et de l'année finale. Ainsi, ce croisement a été fait sur la base d'une comparaison entre les classes selon la période afin de ressortir les différents changements. L'appréciation des processus de mutation des écosystèmes s'est effectuée suivant trois possibilités en fonction du taux d'évolution des classes d'occupation du sol et de la qualité d'échange entre ces classes : stabilité, extension et régression.

❖ Matrice de transition:-

Après traitement des images satellitaires, la matrice de transition a été élaborée pour évaluer la dynamique d'évolution des unités d'occupation de la zone d'étude. Elle permet de décrire les changements d'état des classes d'occupation à l'échelle temporelle prise en compte (Schaeffer, 2002 In Kawassé H., 2017). La matrice de transition permet de mettre en évidence les différentes formes de conversion que subissent les classes d'occupation des sols entre deux périodes. Elle est constituée de x lignes et de y colonnes. Le nombre x de lignes de la matrice indique le nombre des classes d'occupation des sols de la période initiale tandis que le nombre y de colonnes de la matrice indique le nombre d'occupation des sols de la période finale. La diagonale contient les aires des classes d'occupation des sols restées inchangées (Kiansiet al., 2021).

Les logiciels ENVI 5.3 et ArcGIS 10.3 ont servi respectivement dans le traitement des images satellitaires et la création des cartes thématiques.

❖ - Taux d'évolution des classes d'occupation du sol:-

Les différents taux d'évolution des classes d'occupation du sol ont été déterminés pour évaluer l'impact de changement d'occupation des sols sur le paysage suivant la formule suivante ci-après : $T = (A2 - A1) / A1$ (Krummeletal., 1987) où A1 et A2 représentent respectivement l'aire de l'année initiale et de l'année finale. Lorsque le taux de changement T est positif, il indique une progression de l'aire de la classe pendant la période analysée et si T négatif signifie une régression de l'aire (A1 vers A2). La valeur nulle de T ou proche, indique une relative stabilité de l'aire entre les deux années.

❖ Vitesse d'évolution des classes d'occupation des sols:-

La vitesse d'évolution des classes d'occupation des sols a été aussi calculée. Elle est le phénomène d'extension ou de régression d'une classe exprimée en ha/an (Agbanouet al., 2019). Elle est calculée selon la formule suivante : $\Delta S = (A2 - A1) / (t2 - t1)$ Où : ΔS : Vitesse d'évolution d'une classe d'occupation des sols ; A1 : aire occupée par la classe à l'année initiale (ha), A2 : aire occupée par la classe à l'année finale, t1 : année initiale et t2 : année finale.

- Traitement et analyse des données socio-économiques:-

Le tableur Excel et le module de traitement de texte Word ont été utilisés dans le dépouillement, le traitement et l'analyse de données des enquêtes socio-économiques. Le logiciel SPSS 11.5 a été utilisé dans les analyses statistiques des données. Les statistiques calculés ont été les proportions, les moyennes, les écart-types.

Résultat:-**Cartographie de l'occupation du sol:-**

Les cartes d'occupation du sol de la forêt de Kouroungoussaou (Figure 3) montrent que toute sa superficie est anthropisée par quatre (4) différentes classes d'occupation/utilisation desolbien distinctes comprenant les Cultures sous parc arboré, les Pâturages, les Cultures pluviales continues et le Sol nu.

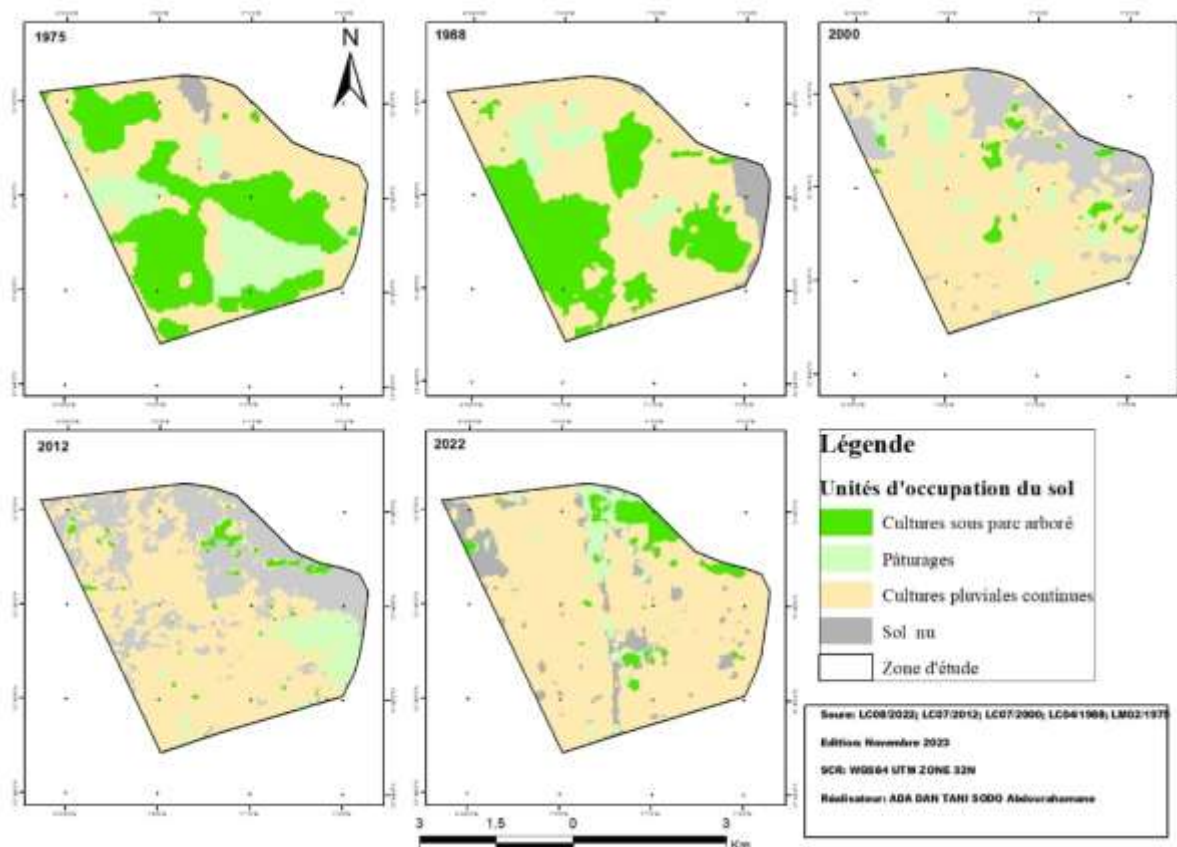


Figure 3 : Cartes d'occupation du sol de la forêt classée de Kouroungoussaou (1975 à 2022)

La carte de référence de 1975 relève que cette forêt a une superficie totale de 2 122,76 ha répartie entre 4 classes d'occupation du sol avec 804,93 ha de Cultures sous parc arboré (soit 37,91%), 352,72 ha des Pâturages (soit 16,61%), 925,42 ha de Cultures pluviales continues (soit 43,59%) et 39,69 ha de Sol nu (soit 1,86%). Il apparaît de manière globale que, de 1975 à 2012, les superficies des Cultures sous parc arboré et des Pâturages sont dégradées au profit des Cultures pluviales continues et du sol nu. De 2012 à 2022, les Cultures pluviales continues et les Cultures sous parc arboré ont augmenté de superficie en occupant une partie des Pâturages et du sol nu. Ainsi, au fil de la période de 1975 à 2022, les superficies de la forêt de Kouroungoussaou, occupées par les Cultures sous parc arboré et les Pâturages, ont régressé au profit des Cultures pluviales continues et de sol nu.

Evolution de l'occupation du sol de la forêt entre 1975 et 2022:-

La détection des changements a révélé 12 transitions des classes entre 1975 et 2022 (Tableaux 2 et 4). Les transitions les plus importantes sont celles de la classe des Cultures sous parc arboré qui a perdu 739,47 ha, soit 34,83% de sa superficie initiale, vers les Cultures pluviales continues et les Pâturages (283,79 ha, soit 13,36%) vers les Cultures pluviales continues pluviales. Les plus faibles transitions ont été enregistrées par la classe de Sol nu de celles des Cultures pluviales continues (+ 4,43 ha, soit 0,20% de sa superficie initiale) et des Cultures sous parc arboré (11,05 ha, soit 0,52% de sa superficie initiale).

Tableau 2 : Evolution des classes de l'occupation du sol de la forêt de Kouroungoussaou de 1975 à 2022

Occupation des sols	1975		1988		2000		2012		2022	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Cultures pluviales continues	925,42	43,59	1180,87	55,62	1441,55	67,91	1245,78	58,68	1682,64	79,26
Cultures sous parc arboré	804,93	37,91	711,93	33,53	21,81	01,02	54,84	02,58	117,26	05,52
Pâturages	352,72	16,61	148,60	07,01	172,35	08,21	153,93	07,25	134,79	06,34

Sol nu	39,69	01,87	81,36	03,83	487,05	22,94	668,21	31,47	188,07	8,85
Total	2122,76	100	2122,76	100	2122,76	100	2122,76	100	2122,76	100

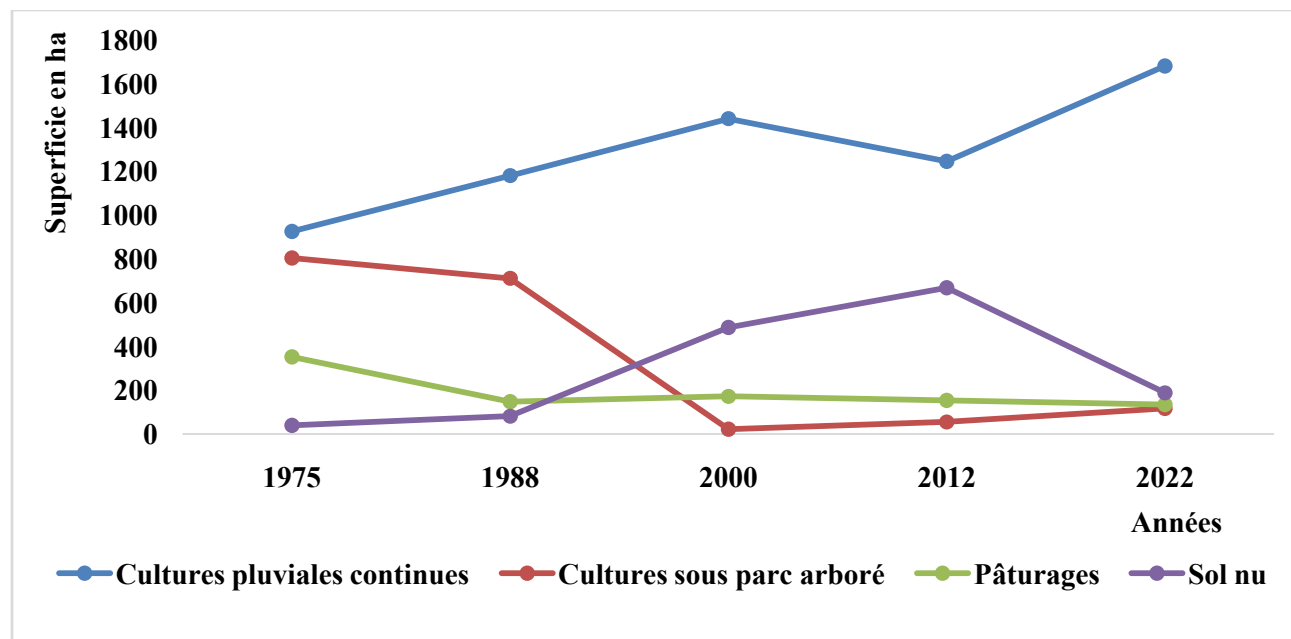


Figure 4 : Evolution des superficies d'occupation des sols de 1975 à 2022

Pendant cette période, de 1975 à 2022, la classe de Cultures pluviales continues s'est largement étendue de 925,42 à 1682,64 ha (soit de 43,59 à 79,26% par rapport à la superficie totale de la forêt) au détriment de celles des Cultures sous parc arboré, des Pâturages et du Sol nu avec respectivement à 34,83% (739,47 ha), 13,36% (283,79 ha) et 0,21% (4,43 ha) de la superficie totale de la forêt. La superficie du Sol nu a aussi évolué de 39,69 à 188,07 ha (soit de 0,87 à 8,87% de la superficie totale de la forêt) au détriment d'une partie de la classe des Cultures pluviales continues (105,65 ha), des Cultures sous parc arboré (44,58 ha) et des Pâturages (39,69 ha) qui perdent respectivement soit 11,42 ; 5,54 et 11,25% de leurs superficies initiales.

Tableau 3 : Coefficient Kappa des matrices de confusion de la Forêt de Kouroungoussaou

Années	Coefficient Kappa
1975	0.8406
1988	0.9160
2000	0.8079
2012	0.7607
2022	0.7978

Tableau 4 : Matrices de transition des classes entre 1975 et 1988 (en ha)

MATRICE DE TRANSITION 1975-1988					
Unités d'occupation des sols	Cultures pluviales continues	Cultures sous parc arboré	Pâturages	Sol nu	Total 1988
Cultures pluviales continues	27,37%	09,26%	03,26%	03,68%	43,59%
Cultures sous parc arboré	17,73%	16,87%	03,27%	0,03	37,91%
Pâturages	08,82%	07,24%	0,46%	0,07%	16,61%
Sol nu	01,68%	0,15%	0,00%	0,03%	01,87%

Total 1975	55,62%	33,53%	07,01%	03,83%	100%
-------------------	---------------	---------------	---------------	---------------	-------------

MATRICE DE TRANSITION 1988-2000					
Unités d'occupation des sols	Cultures pluviales continues	Cultures sous parc arboré	Pâturages	Sol nu	Total 2000
Cultures pluviales continues	34,98%	0,16%	4,28%	16,24%	55,62%
Cultures sous parc arboré	27,24%	0,77%	02,31%	03,22%	33,53%
Pâturages	04,77%	0,08%	01,59%	0,56%	07,02%
Sol nu	0,90%	0,002%	0,02%	12,66%	03,83%
Total 1988	67,91%	01,02%	08,21%	22,94%	100%

MATRICE DE TRANSITION 2000-2012					
Unités d'occupation des sols	Cultures pluviales continues	Cultures sous parc arboré	Pâturages	Sol nu	Total 2012
Cultures pluviales continues	47,77%	01,13%	05,08%	13,90%	67,90%
Cultures sous parc arboré	0,21%	0,74%	0,00%	0,06%	01,02%
Pâturages	5,59%	0,10%	0,61%	01,80%	08,11%
Sol nu	05,08%	0,60%	01,55%	15,69%	22,94%
Total 2000	58,68%	02,58%	07,25%	31,47%	100%

MATRICE DE TRANSITION 2012-2022					
Unités d'occupation des sols	Cultures pluviales continues	Cultures sous parc arboré	Pâturages	Sol nu	Total 2022
Cultures pluviales continues	49,04%	01,39%	02,57%	5,65%	58,68%
Cultures sous parc arboré	01,32%	0,70%	0,25%	0,28%	02,58%
Pâturages	06,59%	0,10%	0,12%	0,43%	07,25%
Sol nu	22,29%	03,31%	3,39%	02,47%	31,47%
Total 2012	79,26%	5,52%	06,34%	8,85%	100%

MATRICE DE TRANSITION 1975-2022					
Unités d'occupation des sols	Cultures pluviales continues	Cultures sous parc arboré	Pâturages	Sol nu	Total 2022
Cultures pluviales continues	30,85%	03,67%	04,08%	04,97%	43,59%
Cultures sous parc arboré	34,83%	0,41%	0,56%	02,09%	37,91%
Pâturages	13,36%	0,91%	0,59%	01,74%	16,61%
Sol nu	0,20%	0,52%	01,09%	0,04%	01,86%
Total 1975	79,26%	05,52%	06,34%	08,85%	100%

Ainsi, les superficies des classes des Cultures sous parc arboré et des Pâturages ont considérablement diminué (Figure 4). Celle des Cultures sous parc arboré a régressé de 37,91 à 5,52% au profit respectivement des classes des Cultures pluviales continues (79,90% de sa superficie), des Pâturages (3,42%) et du Sol nu (112,32%) alors qu'une partie importante de la superficie des Pâturages a évolué en Cultures pluviales continues (30,67%), en Cultures sous parc arboré (2,40%) et en Sol nu (93,17%).

Taux d'évolution des classes d'occupation des sols:-

Entre 1975 à 2022, le taux d'évolution d'occupation des sols est positif pour les classes des Cultures pluviales continues (0,81%) et du sol nu (3,73%) et négatif pour les classes de Cultures sous parc arboré (- 0,85%) et Pâturages (- 0,61%) (Tableau 5).

Tableau 5: Taux d'évolution entre 1975 et 2022

Unités d'occupation des sols	Taux d'évolution (%)				
	1975 à 1988	1988 à 2000	2000 à 2012	2012 à 2022	1975 à 2022
Cultures pluviales continues	0,27	0,22	-0,13	0,35	0,81
Cultures sous parc arboré	-0,11	-0,96	1,51	1,13	- 0,85
Pâturages	-0,57	0,15	-0,10	-0,12	- 0,61
Sol nu	1,04	4,98	0,37	-0,71	3,73

Il est à relever que la classe des Cultures sous parc arboré a amorcé une évolution positive à partir de la période 2000 – 2012 et les Pâturages une tendance négative pour la même période.

Vitesse d'évolution des classes d'occupation des sols:-

La Figure 5 montre la vitesse d'évolution des classes d'occupation des sols. Entre 1975 et 1988, la vitesse d'évolution des classes des Cultures sous parc arboré et des Pâturages a décliné à -7,75 et -17,01 ha/an. Par contre, les classes des Cultures pluviales continues et du Sol nu ont connu une expansion rapide avec une vitesse de respectivement de 19,65 et 4,167 ha/an.

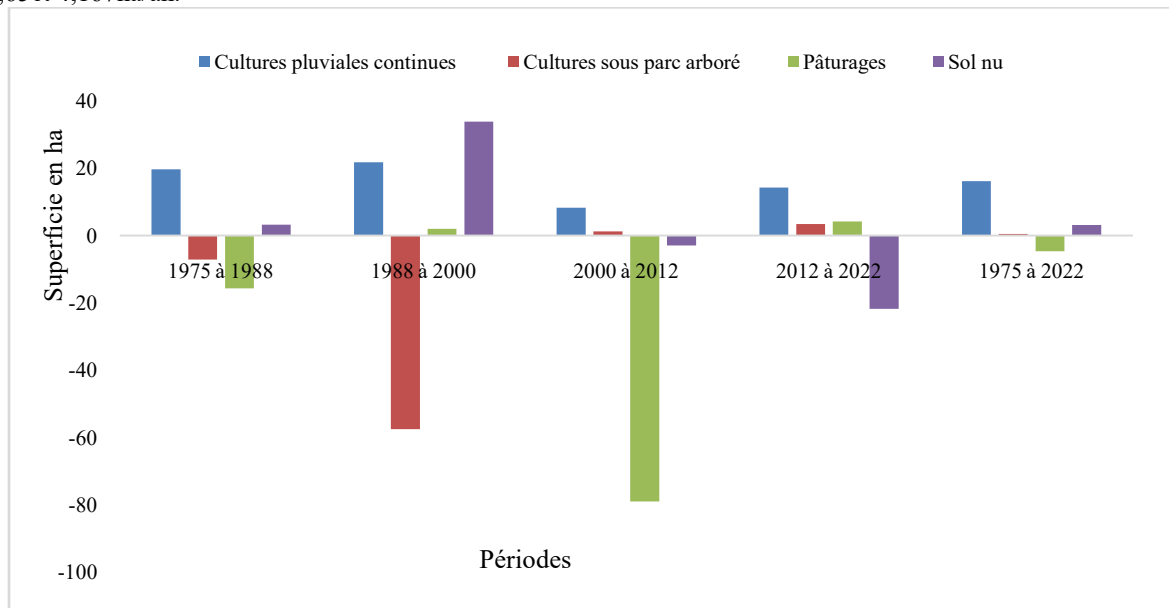


Figure 5 : Vitesse d'évolution spatio-temporelle des classes d'occupation des sols

De 1988 à 2000, seule la classe des Cultures sous parc arboré a continué à régresser avec une vitesse d'évolution négative beaucoup plus importante atteignant -57,51 ha/an alors que celle de Sol nu a évolué avec une vitesse de + 40,36 ha/an. Entre 2000 et 2012, la classe des Cultures pluviales continues a connu un fort rétrécissement alors que celle du Sol nu s'est étendue respectivement avec une vitesse d'évolution de -15,05 et 18,11 ha/an. Entre 2012 et

2022, il est observé une inversion de la tendance précédente avec d'importantes vitesses d'évolution positive de la classe de Cultures pluviales continues (+33,6 ha/an) et négative pour le Sol nu avec - 48,01 ha/an. Ainsi, entre 1975 et 2022, principalement la classe des Cultures pluviales a connu une vitesse d'évolution d'occupation du sol positive très importante de l'ordre de 58,24ha/an et inversement une vitesse négative de -57,3 ha/an des Cultures sous parc arboré.

Perception locale des causes de dégradation des ressources forestières:-

L'enquête ethnobotanique a fait ressortir que les espèces végétales ligneuses sont soumises à de nombreuses formes de menace d'ordres anthropique et naturel (Figure 6). Selon la perception des populations, les principales menaces anthropiques sont la coupe abusive du bois (Fig. 7B et 7D), l'ouverture des pistes d'exploitation dans la forêt (Fig. 7A), le surpâturage, le défrichage des champs (Fig. 7C) et les pratiques culturales. Elles contribuent respectivement à hauteur de 18 ; 11 ; 10 ; 5 et 5% à la dégradation des ressources forestières.

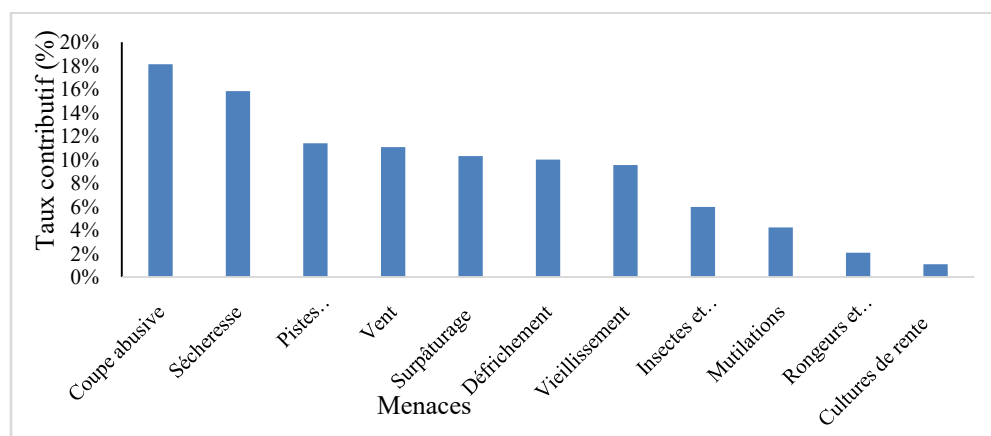


Figure6: Différentes formes des menaces sur les espèces végétales ligneuses

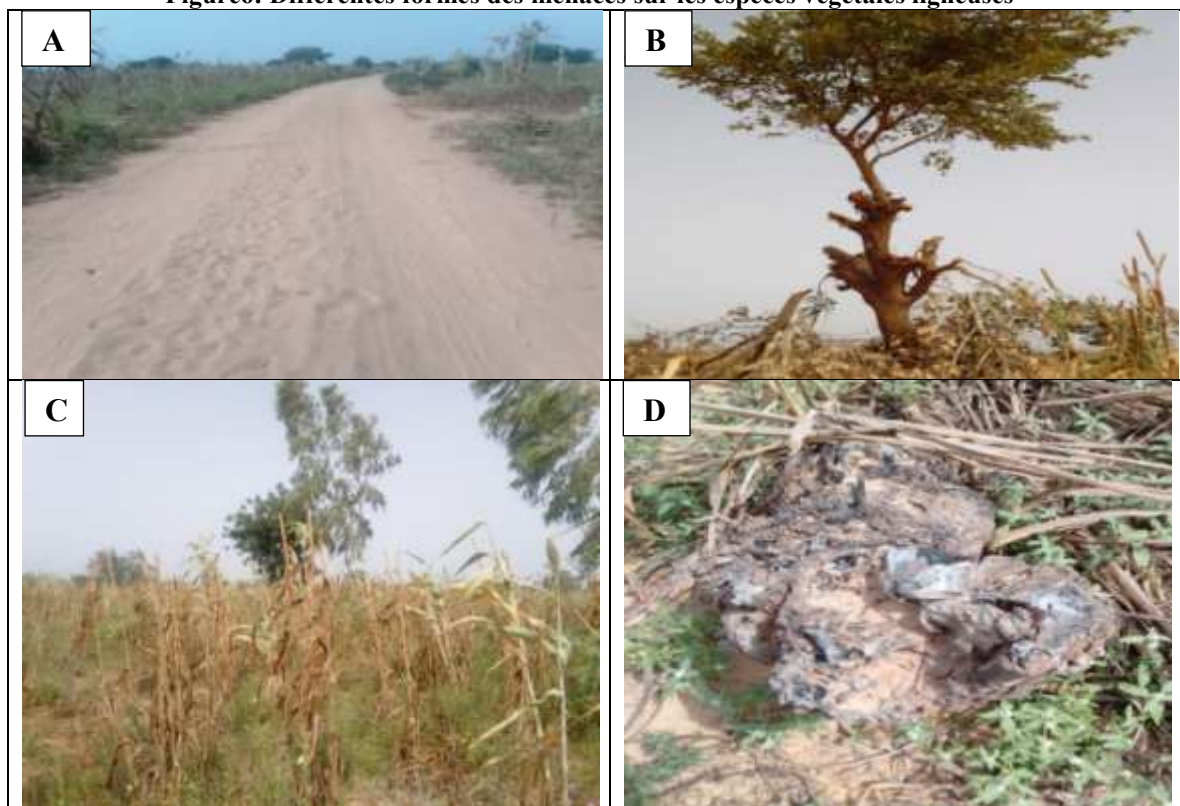


Figure7: Illustration des pressions anthropiques A : Piste d'exploitation B : Surexploitation du bois C : Champs de mil D : Coupe du pied d'arbre.

Les principales menaces naturelles sont la sécheresse, du vent et le vieillissement des arbres avec une contribution respective de 16 ; 11 et 10%.

Mesures de conservation des ressources forestières:-

Pour conserver les ressources ligneuses de la forêt et pérenniser leurs diverses utilisations, plusieurs stratégies cumulatives de gestion sont proposées par les populations. Le respect strict de la loi et de la réglementation en matière de gestion de l'environnement sera la mesure la plus importante qui contribuerait à 32% de la stratégie globale de gestion à mettre en œuvre (Fig. 8).

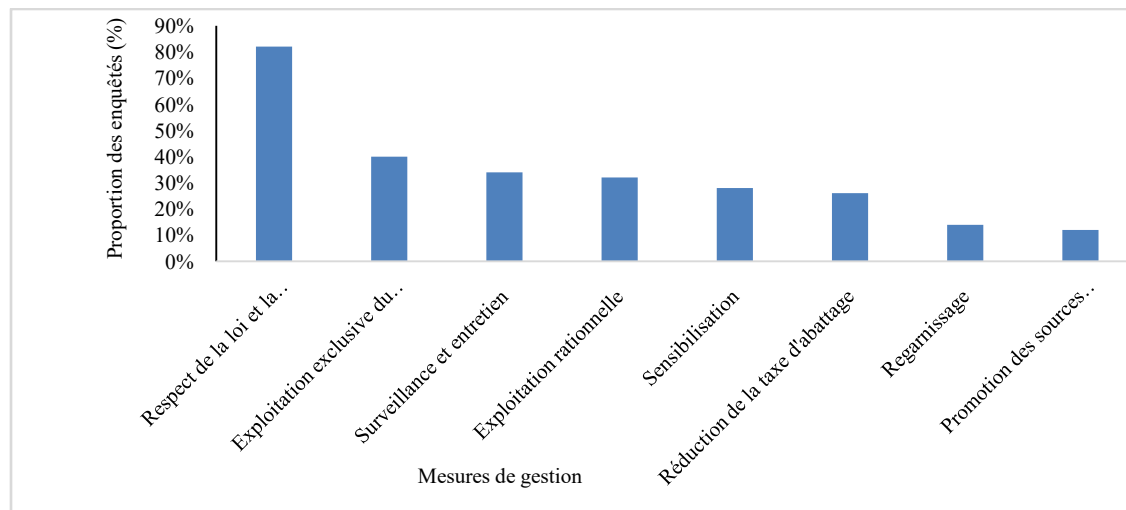


Figure8 : Stratégies de gestion et de conservation des espèces végétales

Les autres mesures importantes préconisées sont l'exploitation exclusivement du bois mort, la surveillance et le suivi et l'exploitation rationnelle des ressources contribuant respectivement à hauteur de 12 ; 10 et 9% de la stratégie globale de gestion.

Discussion:-

La dynamique de la forêt classée de Kouroungoussaou entre 1975 et 2022 montre que toute la forêt est anthropisée. Elle est caractérisée par une dégradation de ses ressources illustrée par la conversion très importante des surfaces des Cultures sous parc arboré en terres agricoles, des Cultures pluviales en Pâturages et toutes ces classes en Sol nu même. En effet, ces surfaces arborées et les pâturages ont perdu respectivement 85,44 et 61,85% de leurs superficies pendant cette période. Ces superficies ont été converties en champs agricoles qui ont connu une augmentation de leur superficie initiale (1975) de 81,79% et de 375,81% pour la classe du sol nu entre 1975 et 2022. Ces mutations des classes d'occupation/utilisation des terres de cette forêt sont en grande partie la conséquence d'intenses activités de déforestation. En effet, selon les populations, cette dernière subit d'importants défrichements des espaces boisés pour les besoins d'espaces agricoles en phase avec la croissance démographique et le lessivage des sols mais aussi le surpâturage, l'ouverture des pistes et la coupe abusive du bois énergie.

En plus de ces causes anthropiques, cette forêt, à l'instar de toute la zone sahélienne, est soumise aussi aux effets du changement climatique notamment les sécheresses répétitives et le vieillissement du peuplement. Selon les populations, la coupe abusive du bois et les sécheresses demeurent les deux facteurs contributifs les plus significatifs de cette dégradation. En effet, selon Mahamane et al. (2007), les facteurs déterminant la dynamique paysagère sont d'ordres anthropiques et climatiques. Djibo (2017) a aussi montré, dans les communes de Tamou et Simiri, que la principale menace partagée entre ces deux zones écologiques est la sécheresse. Elle l'est davantage dans la zone sahélienne où les écosystèmes sont plus fragiles. Dans le même ordre d'idées, Douma (2016) a indiqué que le pâturage constitue une menace supplémentaire importante dans la zone sahélo-soudanienne. Ce qui expliquerait le fort taux d'évolution de 3,73% et la vitesse d'évolution positive de 3,15 ha/an de la classe du Sol nu, entre 1975 et 2022. En effet, selon le Service Communal de l'Environnement de Chadakori, l'extension exponentielle de cette classe, entre 1988 et 2012, résulte principalement de la dégradation des zones de pâturages et des terres agricoles

surexploitées devenues incultes, de la réalisation de la piste reliant Dakoro Tibirià travers la forêt mais aussi l'installation en 1958 et l'expansion du village de Darey situé au cœur même de cette forêt.

L'effet du facteur de la forte croissance démographique que connaît la zone est aussi conforté par les travaux de Lykke et al. (2004) et Ganaba et al. (2005) qui ont rapporté la préférence des espèces ligneuses pour le bois de chauffage dans le Sahel et l'usage de presque toutes les espèces disponibles. Faye et al. (2008) ont relevé qu'au Sénégal, où la situation est similaire, l'arbre de baobab est maintenant utilisé pour bois d'énergie aussi. Les systèmes d'élevage et d'agriculture pratiqués sont essentiellement extensifs avec des pressions plus accentuées sur les formations naturelles. Des travaux menés dans d'autres parties du Niger, notamment dans les communes de Torodi, Gothèye et Tagazar (Diédhiouet al., 2020), dans la Réserve Totale de Faune de Tamou (Mamane et al., 2018), dans la zone de Gouré (Tidjaniet al., 2009), à Gabi (Mahamane et al., 2007) ont aussi montré une tendance progressive des formations naturelles anthropisées.

Dans la dynamique de la forêt de Kouroungoussaou, la vitesse d'évolution de la classe des Cultures sous parc arboré, passée de -7,15 à -57,51 ha/an entre 1975 et 2000, correspondait à un taux d'évolution négative de cette classe de -0,10 à -0,96%. Ce qui illustre une dégradation accélérée de cette classe arborée. Le paroxysme de cette tendance a été atteint entre 1988 et 2000 avec une vitesse d'évolution négative de -0,96% qui fait régresser la proportion de cette classe de 11,93 à 21,81% de la superficie de la forêt. Dans le même temps, la classe des Cultures pluviales continues a connu une extension exponentielle amorcée depuis 1975 jusqu'en 2000 avec un taux d'évolution de 21,72 ha/an qui a fait passer sa superficie de 925,42 à 1 441,55 ha, soit de 43,59 à 67,91% de la superficie totale de la forêt. Cette extension, au détriment principalement de la classe des Cultures sous parc arboré pourrait être expliquée par l'accroissement continu des besoins des populations en terres agricoles du à l'explosion démographique.

Ce qui a nécessité l'instauration du contrat de culture dans cette forêt en 1980 par l'Etat et qui serait un des facteurs contributifs très significatifs à cette dégradation de cette dernière, notamment la classe des Cultures sous parc arboré. En effet, les populations contractantes n'ont jamais honoré les clauses de plantation et d'entretien d'arbres du contrat. Elles se sont plutôt adonnées à une exploitation systématique de toutes ressources ligneuses de leurs parcelles en plus de la surexploitation des sols. Ainsi, les activités anthropiques sont principalement à la base de cette mutation paysagère. La même tendance est signalée dans plusieurs pays notamment en République Démocratique du Congo dans le Kantaga (Kabulu et al., 2008) ou au Mali dans la préfecture de Kangaba (Mama et al., 2020). Le renversement positif de la tendance évolutive observée de la classe des Cultures sous parc arboré à partir de 2000 avec un taux d'évolution et une vitesse d'évolution atteignant respectivement 0,41% et 3,44 ha/an serait le résultat d'un retour de la végétation ligneuse et d'une série de mesures. Selon le Service Communal de Chadakori, cette tendance positive est justifiée par les actions de plantation d'arbres dans les champs sous contrat de cultures, introduction de la pratique de la RNA et l'interdiction de la culture du souchet et d'utilisation des tracteurs pour le labour dans la forêt. Ces actions ont été intensifiées durant la période 2012-2022 justifiant ainsi les gains importants de superficie enregistrés par cette classe pendant cette période. Cependant, cette tendance risque de s'estomper avec la réintroduction du contrat de culture dans la forêt depuis 2015 et dont les effets commenceraient à s'illustrer avec la reprise de l'expansion de la superficie de la classe des Cultures pluviales continues à partir de 2012.

La dynamique de cette forêt classée est caractérisée par la dégradation des ressources naturelles principalement ligneuses. A cette pression humaine sur les ressources, s'ajoutent les effets du changement climatique qui se traduisent par des sécheresses récurrentes et un ruissellement intense engendrant un ravinement des unités des jupes sableuses et un ensablement des bas-fonds et des mares. Depuis la fin des années 1970, la récession pluviométrique a été observée en Afrique de l'Ouest (Ozeret al., 2010a). Les entretiens avec les populations locales ont confirmé que les espèces végétales ligneuses ont été victimes de la sécheresse, du vent, du vieillissement, des maladies, des agressions des insectes, des rongeurs et autres animaux. Pour les agents forestiers de la zone, la sécheresse et l'érosion sont les principales causes naturelles de dégradation de ces ressources forestières.

Dans cette forêt, en l'espace de 47 ans (1975 -2022), les unités d'occupation du sol ont connu d'importantes transformations notamment la dégradation de la végétation ligneuse avec la mortalité observée de nombreux arbres sur pied. Cette situation a également contribué à la diminution drastique de la classe des Cultures sous parc arboré. En effet, plusieurs études ont montré les impacts de la sécheresse sur la flore (Hulme et al., 2001). Plusieurs ont mis en évidence que les sécheresses répétées dans les années 1970 et 1980 ont eu directement pour effet, notamment en Afrique de l'Ouest, l'augmentation de la mortalité des espèces ligneuses des écosystèmes sensibles

(Inoussaet al., 2011). D'autres ont montré que les sécheresses récurrentes ont rendu plus difficile la capacité de régénération naturelle. Le prolongement des périodes de chaleur et l'assèchement des milieux induisent des stress physiologiques pour les arbres qui pourraient réduire ses systèmes de défense contre les attaques pathologiques (Wardellet al., 2003 cités par Diallo et al., 2011).

Aujourd'hui, dans la forêt de Kourougoussaou, les espèces les plus sensibles à la sécheresse disparaissent progressivement. Elles sont remplacées par d'autres plus résistantes à la sécheresse mais dans une moindre diversité et moins nombreuses. Des résultats similaires sont obtenus par d'autres auteurs qui ont montré que les effets de la sécheresse en milieu de savane sont observés à travers les variations de la couverture ligneuse qui sont très indicatrices des effets du changement climatique à l'échelle locale (Koné et al., 2007 ; Diallo et al., 2011 ; Kouassi et al., 2012). Les enquêtes ont mis en évidence que la population est bien consciente de la dégradation de cette forêt et de l'importance de préserver. En effet, face à cette tendance accélérée à sa dégradation, diverses actions sont à entreprendre. L'Etat, chargé de la conservation de cette forêt classée, doit rendre plus opérationnels les principes de gestion participative et de l'exercice des droits d'usage des populations.

Pour gérer et conserver les ressources forestières ligneuses, plusieurs stratégies sont proposées par la population. Il s'agit notamment du respect strict de la loi et de la réglementation en matière de la gestion forestière au Niger mais aussi l'exploitation du bois mort exclusivement associée à la promotion d'autres sources d'énergie alternatives et la réduction à la baisse de la taxe d'abattage. La surveillance, l'entretien et le suivi des arbres de la forêt par la pratique de la Régénération Naturelle Assistée et la plantation d'arbres de regarnissage sont aussi proposées. En effet, l'adoption de ces mesures permettra de réduire significativement l'exploitation des ligneux vivants pour le bois-énergie et de régénérer et préserver ainsi le peuplement ligneux de cette forêt. D'autres mesures proposées regroupent l'adoption d'une exploitation rationnelle de toutes les ressources notamment les terres, les pâturages et le bois entre autres. Pour réussir l'application de ces mesures et les rendre efficaces, il est préconisé, en sus, une stratégie de sensibilisation des populations pour avoir leur adhésion et enfin atteindre l'objectif de gestion rationnelle des ressources de la forêt de Kourougoussaou.

Conclusion:-

L'étude a mis en évidence la dynamique d'occupation du sol de la forêt classée de Kourougoussaou et les différentes mutations des 4 classes d'utilisation/occupation identifiées. Elle a relevé que cette dernière est totalement anthropisée principalement par des activités agricoles et pastorales. Elle a connu douze (12) transitions des classes entre 1975 et 2022 dont la principale conséquence est la dégradation du peuplement ligneux illustrée par les pertes significatives des superficies ligneuses et agricoles. La superficie des Cultures sous parc arboré et Pâturages est très faible et diminue progressivement au fil des années au profit des Cultures pluviales continues et du Sol nu. Aussi, une grande partie de la classe des Cultures pluviales continues est transformée en Sol nu. Le contrat de culture, la coupe abusive, la sécheresse et le surpâturage constituent des facteurs significatifs de la dynamique du couvert végétal de cette forêt. Néanmoins, certaines mesures prises telles que la plantation d'arbre, la pratique de la RNA et l'interdiction du contrat de culture semblent contribuer à la restauration des ressources ligneuses de la forêt. La forêt classée de Kourougoussaou est ainsi totalement transformée en champs de cultures et les ressources ligneuses disparaissent progressivement alors qu'elles demeurent fondamentales dans la satisfaction des besoins de la population. Il s'avère donc nécessaire de prendre des mesures de préservation et restauration des ressources de cette forêt. Les résultats de cette pourraient constituer une base des données dans l'élaboration d'un plan d'aménagement de cette forêt naturelle en vue de sa préservation.

References Bibliographiques:-

1. Abdourahmane H., Morou B., Mahamane A., Saadou M. et Issaka A., 2012. Caractérisation de la dynamique spatio-temporelle de l'occupation des terres dans le complexe des forêts de classées de Dan kada Dodo - Dan Gado (région de Maradi, Niger). *Journal des Sciences de l'Environnement*, 1 (1) : 16-26
2. Agbanou, B. T., Vincent, O., Djafarou, A., Paegelow, M., & Tente, B. (2019). Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol en zone d'agriculture extensive : cas du secteur Natitingou Boukoumbe au nord-ouest du Bénin. *Mélanges en Hommage au Professeur Thomas M.*, (3), 978-99919-822-8-1.
3. Barima, Y. S. S., Barbier, N., Bamba, I., Traoré, D., Lejoly, J., & Bogaert, J. (2009). Dynamique paysagère en milieu de transition forêts – savane ivoirienne. *Bois et Forêts des Tropiques*, 299 (1) : 15-25.
4. Barthod C., 1993 : La conférence des Nations-Unies sur l'environnement et le développement et la forêt, 3-14 juin 1992, Rio de Janeiro, pp.7-25.

5. Burrough, P.A., & McDonnell, R.A. (1998). Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press.
6. Campbell, J.B., & Wynne, R.H. (2011). Introduction to Remote Sensing (5th ed.). Guilford Press.
7. Chander, G., Markham, B.L., & Helder, D.L. (2009). Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *RemoteSensing of Environment*, 113(5), 893–903.
8. Chavez, P.S. (1996). Image-based atmospheric corrections—Revisited and improved. *Photogrammetric Engineering & RemoteSensing*, 62(9), 1025–1036.
9. Cinquième rapport national du Burkina Faso, 2014. Conférence des parties à la convention sur la diversité biologique ;104p.
10. Clerici N, Bodini A, Eva H, Grégoire J M, Dulieu D, Paolini C. 2007. Increased Isolation of Two Biosphere Reserves and Surrounding Protected Areas (WAP Ecological Complex, West Africa). *Journal for Nature Conservation*, 15: 26-40. DOI:10.1016/j.jnc.2006.08.003
11. Congalton, R.G. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *RemoteSensing of Environment*, 37(1), 35–46.
12. Congalton, R.G., & Green, K. (2008). *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices* (2nd ed.). CRC Press.
13. Diallo H, Bamba I, Barima YSS, Visser M, Ballo A, Mama A, Vranken I, Maiga M, Bogaert J. 2011. Effets combinés du climat et des pressions anthropiques sur la dynamique évolutive de la dégradation d'une aire protégée du Mali (la Réserve de Fina, Boucle du Baoulé). *Sécheresse*, 22(2): 97-107. DOI : <http://www.jle.com/download/sec-288975>.
14. Djibo M.I., 2017. Savoirs locaux et perception des communautés locales sur le potentiel et les rôles des espèces ligneuses alimentaires : cas des communes rurales de Tamou et de Simiri. Mémoire de Master 2 en Biodiversité et Gestion de l'Environnement Soudanien et Sahélo-Saharien, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi ; 85p.
15. Douma S., 2016. Etude ethnobotanique et écologique des plantes ligneuses alimentaires de soudure des systèmes agroforestiers du sud-ouest du Niger : diversité, importance, structure et niveau de menace. Thèse de doctorat en Biologie appliquée. Spécialité : Agroforesterie. Université Abdou Moumouni de Niamey ; 110 P.
16. FAO, 2012. Situation des forêts du monde. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, 52 pages.
17. Faye E., Diatta M., Samba ANS., et Lejoly J., 2008. Usages et dynamique de la flore ligneuse dans le terroir villageois de Latmingué (Sénégal). *J. Des Sci. Technol.* 7:43-58.
18. Foody, G.M. (2002). Status of land cover classification accuracy assessment. *RemoteSensing of Environment*, 80(1), 185–201.
19. Ganaba S., Ouadba J. M., et Ouetian B., 2005. Exploitation traditionnelle des végétaux spontanés en région sahélienne du Burkina Faso. *Vertigo, revue électronique en sciences de l'environnement*. 15p.
20. Huang, H., Chen, Y., Clinton, N., Wang, J., Wang, X., Liu, C., ... & Gong, P. (2014). Mapping major land cover dynamics in Beijing using all Landsat images in Google Earth Engine. *RemoteSensing of Environment*, 166, 322–334.
21. Hulme M. 2001. Climatic perspectives on Sahelian desiccation: 1973-1998. *Global Environmental Change*, 11(1): 19-29. DOI : <https://www.sciencebase.gov>
22. Ibrahima, D., Catherine, M., Oumar, S., & Tidiane, S. (2020). Cartographie par télédétection l'occupation du sol et ses changements. *Open Edition Journals*. <https://doi.org/10.4000/echogeo.20510>
23. Inoussa MM, Ali M, Cheikh M, Mamane S, Bachmann Y. 2011. Dynamique spatio- temporelle des forets claires dans le Parc national du W du Niger (Afrique de l'Ouest) 9 p. *Sécheresse*, 22 :108-116. DOI : 10.1684/sec.2011.0305
24. Jensen, J.R. (2016). *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective* (2nd ed.). Pearson.
25. Kabulu, D. J., Bamba, I., Munyemba, K. F., Defourny, P., Vancutsem, C., Nyembwe, N. S., Luhembwe, M. N., & Bogaert, J. (2008). Analyse de la structure spatiale des forêts au Katanga. In *Ann. Fac. Sc. Agro.*, 1 (2) : 12–18
26. Koffi DK, Tchaa B, Thiou TKT. (2016). Quantification des changements de l'occupation du sol dans la préfecture de Yoto (Sud – est Togo) à l'aide de l'imagerie satellitaire Landsat. *Rev. Sc. Env. Lomé Togo.*, 13. DOI : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01409418>
27. KONÉ M, Aman A, Adou Yao CY, Coulibaly L, N'guessan KE. 2007. Suivi diachronique par télédétection spatiale de la Couverture ligneuse en milieu de savane soudanienne en Côte d'Ivoire. *Revue Télédétection*, 7(1-2-3-4) : 433446. DOI : <http://docplayer.fr/30666741>

28. Kouassi AM, KouaméKF, Ahoussi KE, Oularé S, Biemi J. 2012. Impacts conjugués des changements climatiques et des pressions anthropiques sur les modifications de la couverture végétale dans le bassin versant du N'zi-Bandama (Côte d'Ivoire). *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 20: 124-146. DOI : <http://www.revist.ci>
29. Krummel, J. R., Gardner, R. H., Sugihara, G., O'Neill, R. V., & Coleman, P. R. (1987). *Landscape Patterns in a Disturbed Environment*. *Oikos.*, 48 : 321.
30. Lawali S, Diouf A, Morou B, Abdou Kona K, Saidou L, Guero C, Mahamane A. 2018. Régénération Naturelle Assistée (RNA) : outil d'adaptation et résilience des ménages ruraux d'Aguié au Niger. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 12(1): 75-89. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i1.6>
31. Lillesand, T., Kiefer, R.W., & Chipman, J. (2015). *Remote Sensing and Image Interpretation* (7th ed.). Wiley.
32. Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., & Rhind, D.W. (2015). *Geographic Information Systems and Science* (4th ed.). Wiley.
33. Lu, D., & Weng, Q. (2007). A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International Journal of RemoteSensing*, 28(5), 823–870.
34. Mahamane, A., Saadou, M., Bakasso, Y., Abassa, I., Aboubacar, I., & Karim, S. (2007). Analyse diachronique de l'occupation des terres et caractéristiques de la végétation dans la commune de Gabi (région de Maradi, Niger). *Sécheresse*, 18,(4) : 296–304. <https://doi.org/DOI : 10.1684/sec.2007.0105>.
35. Mama, A., Alassane, A., Traoré, F. M., Sinsin, A. B., & Bogaert, J. (2020). Fragmentation du paysage naturel au Mali : cas des sites d'orpaillage de la préfecture de Kangaba. *Environnement et Dynamique Des Sociétés.*, N° 002.
36. Mamane, B., Amadou, G., Barrage, M., Comby, J., & Ambouta, J. K. (2018). Dynamique spatio-temporelle d'occupation du sol dans la Réserve Totale de Faune de Tamou dans un contexte de la variabilité climatique (Sud-Ouest du Niger). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(4) : 1667-1687.
37. Oloukoi J., Mama V. J. & Agbo F. B., 2006, Modélisation de la dynamique de l'occupation des terres dans le département des collines au Bénin. *Revue Télédétection*, 6 (4) : 305-323.
38. OrékanV, AbdoulayeD, Houndagba C, Sinsin B. 2014. Dynamique prospective des écosystèmes forestiers classés auBénin:quelle perspectivepour uneutilisation durable. <http://www.bj.chmcdb.net> RESSOURCES>Publications > Flore >, 105p.
39. Orékan V, Tente B, Houndagba CJ, Abdoulaye D. 2006. Occupation des terres et dynamique du couvert végétal. *Atlas de IMPETUS*, chapitre utilisation des terres, 153-162.
40. Oswald J., Abdoulaye D., (2012). Dynamique des formations agroforestières en Côte d'Ivoire (des années 1980 aux années 2000): Suivi par télédétection et développement d'une approche cartographique. Thèse de doctorat de Géographie, Université des Sciences et Technologies de Lille, 304p.
41. Otukei, J.R., & Blaschke, T. (2010). Land cover change assessment using decision trees, support vector machines and maximum likelihood classification algorithms. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 12, S27–S31.
42. Ozer P, HountondjiYC, Niang AJ, Karimounes, ManzoOL, Salmon M. 2010. Désertification au Sahel: historique et perspectives. *BSGLg.*, 54: 69-84. DOI: <https://popups.uliege.be:443/0770-7576/index.php?id=942>.
43. PDC, 2020, commune rurale de Chadakori, 89 p.
44. PDC, 2024, commune rurale de Chadakori, 93 p.
45. Richards, J.A., & Jia, X. (2006). *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction* (4th ed.). Springer.
46. Service Communal de l'Environnement de Chadakori, 2024. Rapport annuel, 2024.
47. Song, C., Woodcock, C.E., Seto, K.C., Lenney, M.P., & Macomber, S.A. (2001). Classification and change detection using Landsat TM data: When and how to correct atmospheric effects? *RemoteSensing of Environment*, 75(2), 230–244.
48. Soukaradji B, Abdou A, Lawali S, Aboubacar I, Mahamane A, Saadou M. 2017. Typologie des exploitations agricoles familiales : cas de la périphérie de la forêt protégée de BabanRafi du Niger. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 11(3): 10961112. DOI:<http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i3.14>
49. Stehman, S.V. (1997). Selecting and interpreting measures of thematic classification accuracy. *RemoteSensing of Environment*, 62(1), 77–89.
50. USGS (2022). *Earth Explorer User Guide*. U.S. Geological Survey. [<https://earthexplorer.usgs.gov>]