

Télédétection et SIG pour l'évaluation de l'état de dégradation et des opportunités de restauration des terres au Niger

BACHIR Mourtala^{1*}, EL ABOUDI Ahmed², GARBA Amadou¹, ASSOUMANE Garba³, MAIZAMA Abdoulaye⁴,

¹Centre National de Surveillance Écologique et Environnementale. Email : bachir_mourtala@yahoo.fr , garbaamadou10@yahoo.fr

²Faculté des sciences (Université Mohamed V) et Centre Régional Africain des Sciences et Technologies de l'Espace (CRASTE-LF). Email : a.elaboudi@um5r.ac.ma

³Direction de Gestion Durable des Terres et des Forêts (DGDT/F). Email: assoumanegarba@yahoo.fr ;

⁴Initiative 3N. Email: maizama@yahoo.fr

Submission 3rd April 2023. Published online at <https://www.m.elewa.org/Journals/> on 31st July 2023. <https://doi.org/10.35759/JABs.187.1>

RÉSUMÉ

Objectif : La présente étude vise à estimer l'état actuel de dégradation et évaluer les opportunités de restauration des terres sur l'ensemble du territoire nigérien.

Méthodologie et résultats : La télédétection satellitaire et le SIG ont été utilisés comme outils pour mener cette étude. La différence annuelle (2020-2003) de l'occupation des sols ; du carbone organique du sol et de la productivité, ont servi de base pour apprécier l'état de dégradation des terres. Les résultats ont permis d'estimer en 2020, la superficie totale des terres dégradées à 8 277 945 ha, dont 4 193 644 ha, seulement offrent des opportunités de restauration des terres. La répartition des terres récupérables en fonction des étages bioclimatiques a permis de montrer que l'Hyper aride, l'Arde, le Semi-aride et le Semi-humide renferment respectivement 0%, 7%, 20% 6% des terres dégradées, favorables à la restauration des terres. En effet la Neutralité en matière de Dégradation des Terres (NDT) pourrait être atteinte dans les 20 ans à venir, si toutes les mesures adéquates en matière de restauration des terres dégradées sont respectées.

Conclusion et application des résultats : Les résultats obtenus dans cette étude permettent d'orienter les décideurs sur la lutte contre la dégradation des terres ainsi que les projets et programmes qui interviennent dans le domaine de la restauration des terres dégradées au Niger.

Mots clefs : Dégradation des terres, Niger, Opportunité de restauration, SIG, Télédétection.

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study is to estimate the current state of degradation and to assess opportunities for land restoration throughout Niger.

Methodology and Results: Satellite remote sensing and GIS were used as tools to conduct this study. The annual difference (2020-2003) in land cover, soil organic carbon and productivity, served as the basis for assessing the state of land degradation. The results estimated the total area of degraded land in 2020 at 8,277,945 ha, of which only 4,193,644 ha provide opportunities for

land restoration. The distribution of recoverable land according to the bioclimatic stages showed that the Hyper aride, the Aride, the Semi-Arid and the Semi-humid contain respectively 0%, 7%, 20% 6% of the degraded land, favourable to the restoration of the land. Indeed, Neutral Land Degradation (LDD) could be achieved in the next 20 years, if all the appropriate measures for the restoration of degraded land are respected.

Conclusion and Application of results: The results obtained in this study help to guide decision-makers in the fight against land degradation as well as the projects and programmes involved in the restoration of degraded land in Niger.

Keywords: Land degradation, Niger, Restoration opportunity, GIS, Remote sensing.

INTRODUCTION

Le Niger est un pays enclavé qui s'étend sur 1 267 000 km², les trois quarts de son territoire sont occupés par le désert, dans la zone septentrionale (ALG, 2017). Le climat est de type sahélien (CNEDD, 2006), caractérisé par une longue saison sèche (d'octobre à mai), une courte saison de pluies (juin à septembre) et une importante variation du nombre de jours de pluie, du nord au sud (Benoit et Mandéla, 2015). La pression démographique, combinés aux effets néfastes du changement climatique sur les ressources naturelles, exposent le Niger au phénomène de la dégradation des terres. Cette dégradation se caractérise par une détérioration de la couverture végétale, une diminution de la diversité floristique et un appauvrissement des sols (Adama *et al.*, 2020). Cela a eu pour conséquence, un déséquilibre écologique, une baisse de la production agricole et une insécurité alimentaire chronique dans le pays. Face à une telle situation, le Niger s'est doté de plusieurs instruments, de politique et des stratégies en matière de gestion environnementale. C'est le cas de la loi 98-56 du 29 décembre 1998 portant loi cadre relative à la gestion de l'environnement, qui en son article 30, fait obligation au Ministère chargé de l'Environnement et des forêts, d'établir, de

publier et de diffuser tous les deux (2) ans, un rapport sur l'état de l'environnement au Niger. Cependant, on constate que la dégradation des terres a depuis l'adoption de cette loi, tentée d'être évaluée, mais un problème d'appréciation de ce phénomène se pose. En effet, on constate d'une part que ce n'est pas toutes les terres dégradées qui offrent des opportunités de restauration et d'autre part les terres dégradées, favorables à la restauration des terres, ayant subi des traitements mécaniques et biologiques et qu'on qualifie, après leur période de productivité, de terres « restaurées » ne le sont pas, et continuent très souvent à faire l'objet de traitement. Ainsi, il est important qu'on développe des outils fiables d'évaluation de la dégradation des terres. Ce qui permettra, d'orienter, objectivement les efforts du décideur en matière de lutte contre la dégradation des terres. Toutefois, pour un souci de mener cette étude sur l'ensemble du territoire national, la télédétection satellitaire et les SIG s'avèrent des outils indispensables pour atteindre les objectifs fixés. C'est dans cette optique que s'inscrit notre étude dont l'intitulé est « Télédétection et SIG pour l'évaluation de l'état de dégradation et des opportunités de restauration des terres au Niger »

OBJECTIFS

Objectif global : L'étude vise à estimer l'état de dégradation et évaluer la restauration des terres au Niger.

Objectifs spécifiques : Spécifiquement il s'agit de :

- déterminer l'état de dégradation des terres en 2020 sur la base des données spatiales validées grâce aux données observées au sol au Niger ;

- déduire les zones dégradées, favorables à la restauration des terres au Niger ;
 - établir la situation bioclimatique du Niger, grâce aux données spatiales, CHIRPS et MODIS Température ;
 - déterminer les pourcentages des zones dégradées, favorables à la restauration des terres en fonction des étages bioclimatiques ;
- Zone d'étude :** Situé entre les longitudes 0°17'00'' et 16°35'00'' Est et les latitudes 12°54'00'' et 22°57'35'' Nord, le Niger est un

pays enclavé d'Afrique de l'ouest qui couvre une superficie de 1 267 000 km². Le ¾ du pays est situé en zone désertique au nord, et le reste, en zone sahélo-soudanienne. Le relief est peu contrasté, les sols sont sablonneux ou argilo-sablonneux, pauvres en éléments nutritifs et en matière organique. Les sols cultivables sont à 80% dunaires et 15 à 20 % sont hydromorphes. La pluviométrie moyenne annuelle varie de 800 mm au sud-ouest à moins de 100 mm au nord du pays (figure1).

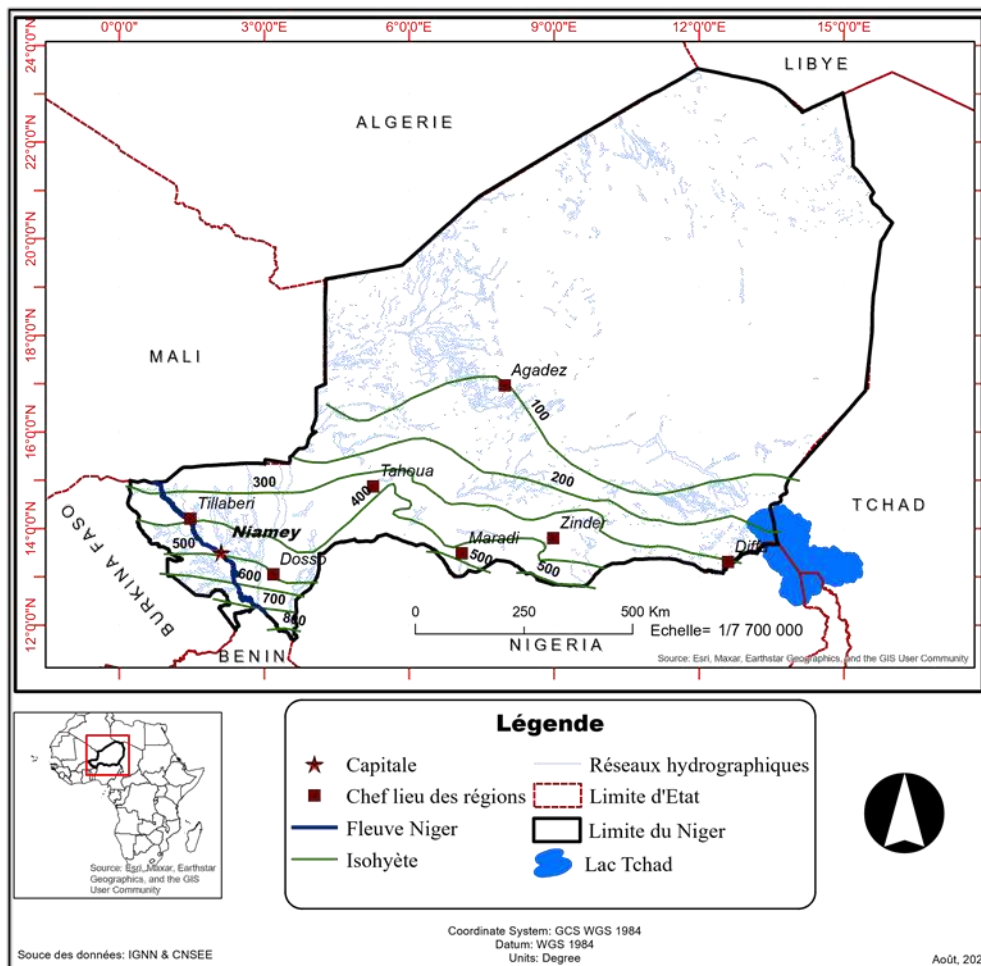
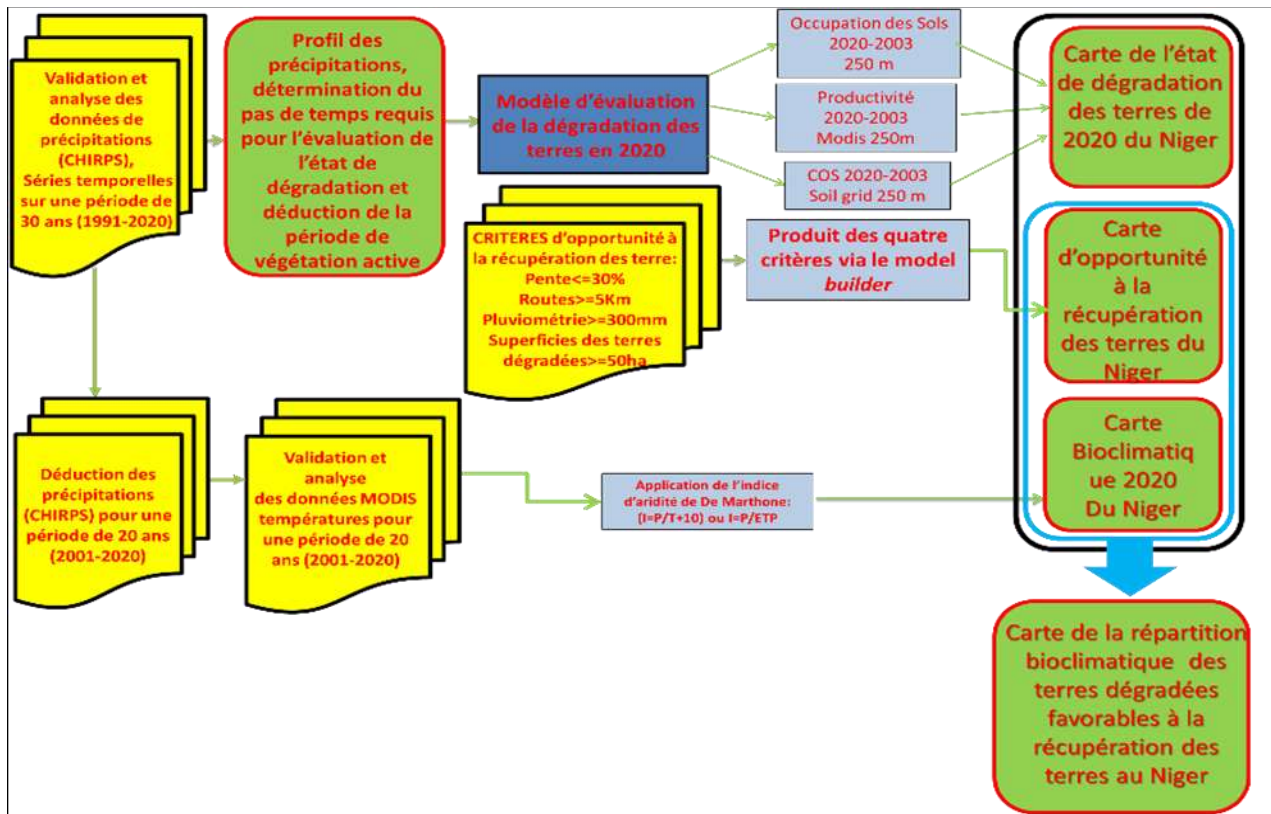


Figure 1: Localisation de la zone d'étude

MÉTHODES

La méthodologie globale utilisée dans le cadre de ce travail est résumée dans l'organigramme ci-dessous (figure 2).

Traitement et analyse des données : Pour le géo-traitement et l'analyse des données spatiales, le tableur Excel, les logiciels Arc Map 10.8, Envi 5.3 ont été utilisés.



Source : Représentation schématique de la méthodologie suivie dans cet article

Figure 2 : Organigramme de la méthodologie générale (en vert les résultats attendus)

Indices statistiques d'estimation de précipitations et des températures

Coefficient de corrélation de Pearson (r) :

Le coefficient de corrélation mesure le degré d'association linéaire entre les distributions estimées et observées. Il est utilisé pour évaluer dans quelle mesure les estimations correspondent aux valeurs observées.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (G_i - \bar{G})(S_i - \bar{S})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (G_i - \bar{G})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}}$$

(Sunilkumar *et al.*, 2015)

Coefficient de détermination (r²) : Le coefficient de détermination r² est un indicateur qui permet de juger la qualité d'une régression linéaire simple. Il mesure l'adéquation entre les données estimées et les données observées ou encore à quel point l'équation de régression est adaptée pour décrire la distribution des points.

$$r^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (G_i - S_i)^2}{\sum_{i=1}^n (G_i - \bar{G})^2} \text{ (Pierre et Christine, 2015)}$$

Erreur moyenne (EM) : Elle permet de savoir si les précipitations utilisées surestimées ou sous-estimées. Elle est comprise entre $-\infty$ et $+\infty$. La formule est :

$$EM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (S_i - G_i)$$

(Shrestha *et al.*, 2013).

Avec G_i : mesure de la pluviométrie ou températures, G : mesure de la pluviométrie ou température moyenne ; S_i : estimation de la pluviométrie ou température par satellite ; S : estimation de la pluviométrie ou température moyenne par satellite ; et n le nombre de paires de données.

Indicateurs d'évaluation de l'état de dégradation des terres

L'occupation des terres : Elle donne une première indication de l'évolution du couvert végétal, qui dans une certaine mesure peut être

considérée comme une donnée reconstituée permettant de mettre en évidence l'usage sous-jacent qui est fait des terres et leurs conversions ainsi que de la fragmentation de l'habitat qui en résulte.

La productivité des terres (NDVI) : En ce qui concerne la productivité, elle permet d'apprécier le fonctionnement et la santé des écosystèmes. Elle renforce aussi l'accent mis sur les services écosystémiques. La relation entre le NDVI et la productivité de la biomasse a été bien établie dans des nombreuses publications, ainsi, le NDVI peut servir à estimer la productivité des terres et en faire le suivi dans le temps (Genesis, 2018).

Les stocks de carbone organique du sol (T/ha) : Les stocks de carbone organique du sol, renseignent sur la qualité générale des sols. C'est l'un des composants les plus importants du sol en raison de sa capacité à favoriser la croissance des plantes, à recycler les nutriments pour maintenir la fertilité du sol et à nettoyer et stocker l'eau douce tout en limitant les inondations en aval et en augmentant le débit des cours d'eau durant la saison sèche. Toutes les formes de dégradation des terres ont en commun la diminution de la teneur en carbone organique du sol et les apports réduits de matière organique (PDCNDT, 2016). Leurs caractéristiques spatiales sont présentées dans le tableau 2.

Tableau1 : Caractéristiques des données spatiales utilisées

Paramètres	Format	Source des données	Site de téléchargement	Résolution spatiale (m)
Occupation des sols	Raster	FAO CCI-LC	http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/index.php	270
Productivité	Raster	ESA	https://land.copernicus.vgt.vito.be/PDF/portal/Application.html#Home	250
Carbone organique du sol (COS)	Raster	Soil grid	https://soilgrids.org/	250

Opportunité de restauration des terres dégradées : L'objectif principal est de déterminer au niveau des terres dégradées détectées sur l'ensemble du pays en 2020 celles qui offrent les meilleures opportunités de restauration. Pour ce faire, un certain nombre de critères, définis au niveau national de façon consensuelle par la Direction de Gestion Durable des Terres (DGD) a été définis :

- Les superficies des zones dégradées ≥ 50 ha (carte de dégradation des terres 2020) ;
- Les pentes $\leq 30\%$ (MNT de 30m) ;
- La pluviométrie ≥ 300 mm (CHIRPS 2001 à 2020) ;
- Les routes principales ≥ 5 km (Numérisation visuelles via google earth)

- Le traitement de ces données est fait suivant une analyse spatiale raster. Ensuite, une reclassification binaire, en zones favorables (1) et défavorables (0) à la restauration a été réalisée sur l'ensemble des données. Enfin, le produit de ces quatre indicateurs effectués par la model *builder* a permis la détermination des zones d'opportunité à la restauration, représentées par le code 1 et les zones défavorables à la restauration représentées par le code 0.

Détermination des étages bioclimatiques : Les données spatiales CHIRPS et MODIS Température, sur une période de 20 ans, 2001 à 2020 ont été utilisées. Et c'est l'indice d'aridité de De Martonne qui a été choisi parmi plusieurs indices du fait non seulement de sa

simplicité mais surtout de la disponibilité des données qui, en plus sont de la même résolution spatiale (5km).

$$I = \frac{P}{T+10} \text{ (De Martonne, 1926)}$$

Avec :

P : Précipitation moyenne annuelle (mm) ;

T : Température moyenne annuelle (°C)

IV. Résultats et discussion

4.1. Processus d'évaluation de l'état de la dégradation des terres

A la différence de l'approche proposée par la Convention des Nations Unies sur la Lutte Contre la Désertification qui recommande de procéder directement à l'analyse diachronique des trois indicateurs (Occupation des sols, Productivité et carbone organique du sol), ce travail, inclut les paramètres climatiques, en occurrence la pluviométrie pour déterminer l'année, semblable à l'année cible (2020). Le

fait de baser le modèle sur deux années différentes, par leur pluviométrie annuelle au niveau des trois indicateurs biaiserait considérablement les estimations de l'année cible. C'est dans cette logique qu'une analyse climatique a été effectuée au niveau des monts Tessala en Algérie avant d'entamer l'étude diachronique sur la période allant de 1986 à 2006 (Salah, 2011). Ensuite, il est préférable de choisir des dates similaires pour une comparaison objective des images satellitaires (Tinno, 2009).

Validation des données CHIRPS et MODIS

Température : La régression linéaire entre les précipitations estimées (CHIRPS) et observées au sol montre que 92% des précipitations estimées sont expliquées par celles observées sur le terrain (figure3). Ce qui démontre la fiabilité des données CHIRPS (Tufa *et al.*, 2018).

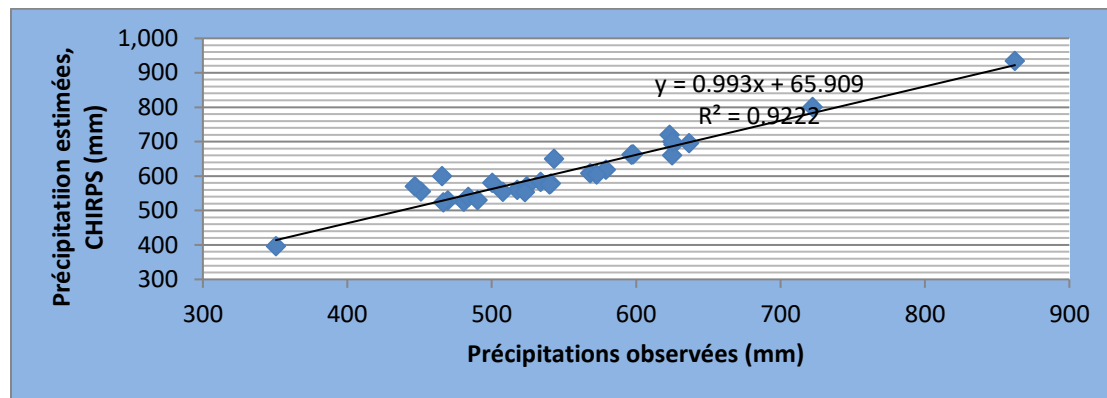


Figure 3 : Régression linéaire entre les précipitations observées et estimées (CHIRPS) de 1991 à 2020

La figure 4, montre une allure presque parfaite des deux courbes sur la période de 30 ans, de 1991 à 2020. Ceci s'explique du fait qu'il existe un lien statistique fort, avec un coefficient de corrélation de 96% entre ces deux variables. Aussi, les précipitations estimées (CHIRPS) sont expliquées à 92,22 % par celles observées au sol. Ce qui explique un ajustement de bonne qualité et la fiabilité des

données CHIRPS. Cette performance a été obtenue en Ethiopie, au Kenya et en Tanzanie avec un coefficient de corrélation de 87% (Tufa *et al.*, 2018). L'erreur moyenne entre les données estimées et observées est positive (Rabariarivelo, 2019), ce qui explique que les données CHIRPS sont tout au long de la période d'étude au-dessus des précipitations observées au sol (figure4).

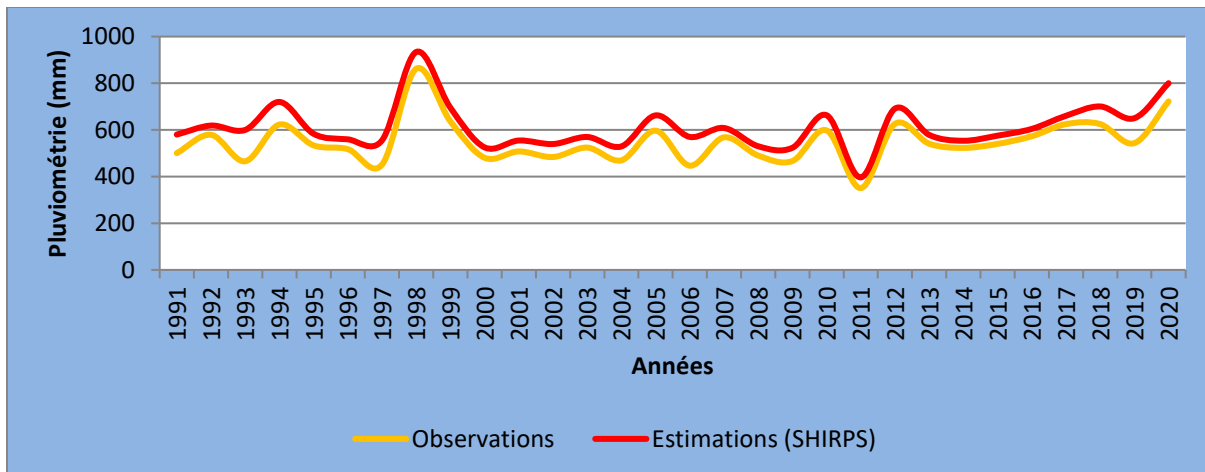


Figure 4 : Comparaison entre les données de précipitation observées et estimées (CHIRPS), de 1991 à 2020

En ce qui concerne la température, c'est 68% des valeurs estimées par MODIS température qui sont expliquées par celles enregistrées au niveau des stations synoptiques au sol (figure5). Ainsi les données spatiales peuvent

être utilisées pour mener des analyses climatiques ou compléter les données issues des observations au sol, lorsque ces dernières manquent, selon des échelles convenables (Si-Bo *et al.*, 2019).

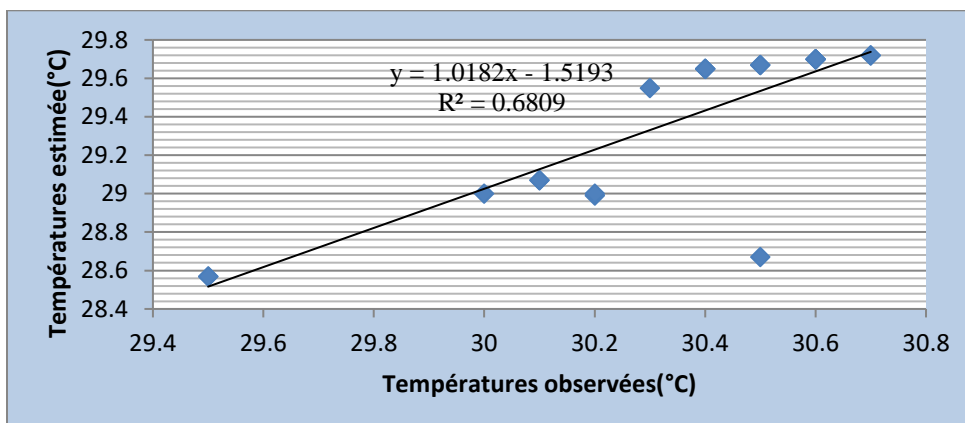


Figure 5 : Régression linéaire entre les températures observées et estimées (MODIS température) sur une période de 20 ans (2001 à 2020).

La similarité tendancielle des deux courbes de température (observée et estimée) s'explique du fait qu'il existe un lien statistique linéaire entre les deux variables, avec un coefficient de corrélation de 82%. En plus, c'est 68% des températures estimées par MODIS qui sont expliquées par les températures observées au

sol. Par conséquent les données MODIS température peuvent aussi être utilisées pour mener des analyses climatiques. Par ailleurs, les températures estimées sont inférieures à celles observées durant les 20 ans d'où une Erreur Moyenne négative, ME = -0,97 (figure6).

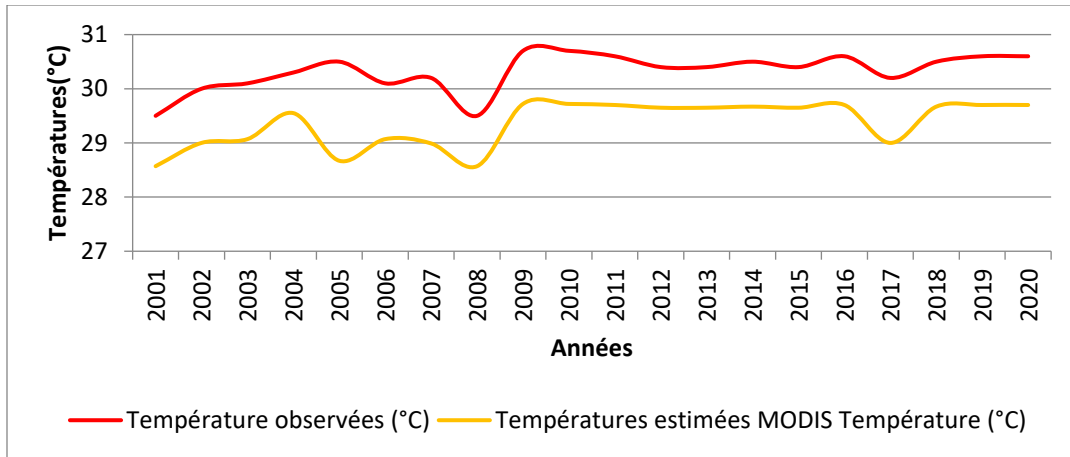
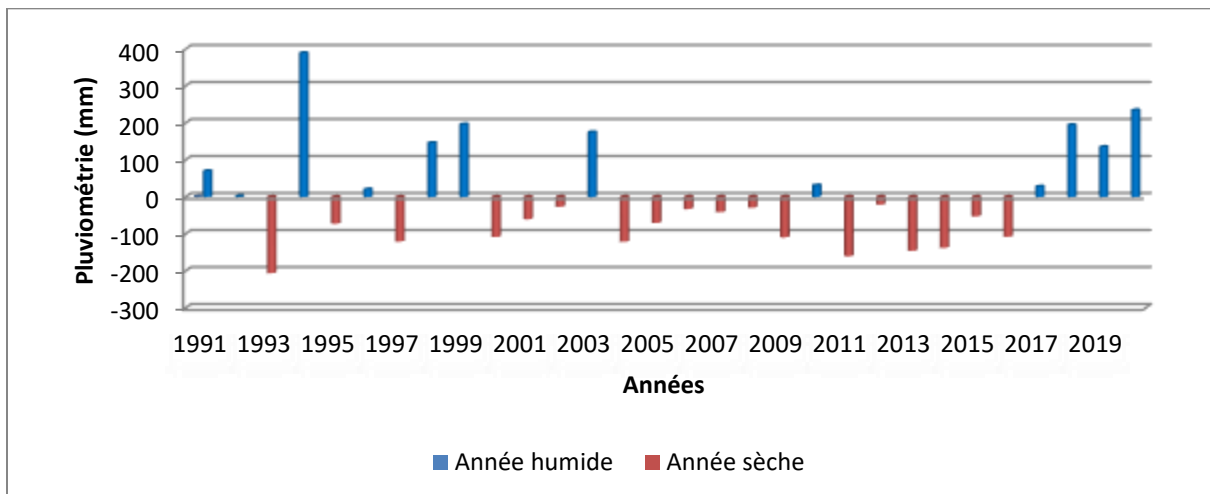


Figure 6 : Comparaison des données de température observée et estimée (MODIS température), sur une période de 20 ans (2001 à 2020)

Analyse du profil pluviométrique : La figure 7 représente l'évolution temporelle de l'écart relatif des cumules annuelles des précipitations par rapport à la normale qui est de 1 100,74 mm sur les 30 ans. Durant cette période, il a été identifié dix-huit (18) années sèches contre 12 années humides, parmi lesquelles fait partie l'année 2020 (+235 mm) dont on veut estimer l'état de dégradation. Les écarts pluviométriques avoisinant ceux de 2020 et qui respecteraient le pas de temps requis (≥ 5 ans) pour mener une telle étude sont ceux relevés en 1999 et 2003 (avec +196 mm et +175 mm,

respectivement). Le choix s'est finalement porté sur l'année 2003 du fait notamment du manque des données spatiales, MODIS terra en 1999. Le profil pluviométrique (1991-2020) est caractérisé par une occurrence d'année sèche, au plus chaque deux ans, néanmoins, à partir de 2017 une variabilité interannuelle homogène, faite d'années humides, jusqu'à 2020 s'observe. Ceci pourrait être imputé aux efforts de restauration des écosystèmes au Niger puisque les écosystèmes ont une influence sur le climat, et réciproquement (Al Hamadou *et al.*, 2008).

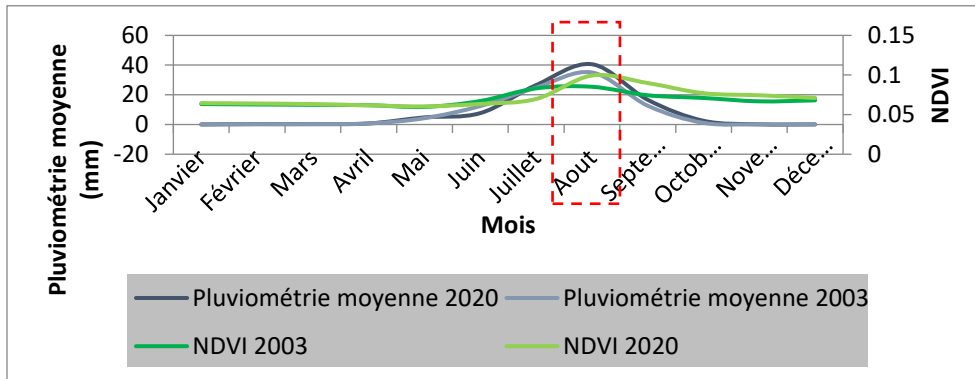


Source : Données mensuelles CHIRPS de 1991 à 2019

Figure 7 : Écart pluviométrique par rapport à la normale, sur une période de 30 ans (1991-2020)

Détermination de la période de végétation active : La figure 8 dresse l'évolution de la pluviométrie et de l'indice de végétation (NDVI) de 2003 et 2020. On constate ainsi, que le mois d'août est le mois d'importante

activité chlorophyllienne au Niger, elle-même tributaire de l'installation au préalable de la pluviométrie (Pierre, 2002). De ce fait, toute portion de terre restée nue durant ce mois, le restera très probablement toute l'année.



Source : Données mensuelles CHIRPS de 2003 et 2020

Figure 8 : Évolution de l'indice de végétation (NDVI) et des précipitations de 2003 et 2020

État de dégradation des terres : Les zones Dégradées, qui couvrent 8 277 945 ha (7%) sont plus concentrées dans la partie sud du pays. Cela s'explique du fait qu'elle abrite plus de 70% de la population nigérienne (INS, 2020) dont les principales activités sont l'agriculture et l'élevage, très souvent à la cause de la baisse de productivité des terres à cause des mauvaises pratiques (Chianu *et al.*, 2008 ; Erick *et al.*, 2020 ; Bahari *et al.*, 2021). Les zones restées Inchangées, avec 69 858 873 ha (55%) sont localisées majoritairement au nord, représentées par le désert du Sahara, qui est un écosystème quasi statique. Cet état de fait est dû, à la très faible densité de la population (un habitant/Km²), donc pas de pression démographique à cause du caractère Hyper-aride de la zone (Rauss, 1983). Une infime partie de cette zone est aussi observée au sud et sud-ouest du pays, qui abrite, respectivement la forêt de Baban rafi et le Parc National de W. Ces écosystèmes forestiers sont aussi stables du fait, non seulement des

conditions climatiques favorables (500 à 800 mm) mais surtout, par la présence très active des agents de la protection de la nature, qui veillent à la gestion durable de ces écosystèmes, rendant ainsi la richesse de leur biodiversité résiliente (Thompson *et al.*, 2009). La zone, Non dégradée, avec 48 563 183 ha (38%), est certes perceptible un peu partout, dans la partie sud mais, elle est plus homogène entre 15°30'00 et 17°00'00'' de latitude Nord. C'est le domaine de la zone pastorale où se pratique un élevage extensif, basé sur la transhumance, une pratique favorable à la régénération des espèces végétales et à la conservation des eaux et du sol. En effet, le bétail modifie à long terme l'évolution des écosystèmes pâturés, mais ces impacts revêtent des avantages, tels que, les transferts de fertilité au sol, la dispersion de semences, le maintien et l'entretien de milieux naturels (Toutain *et al.*, 2012). Toutes ces informations proviennent de l'analyse des superficies des unités de la figure9

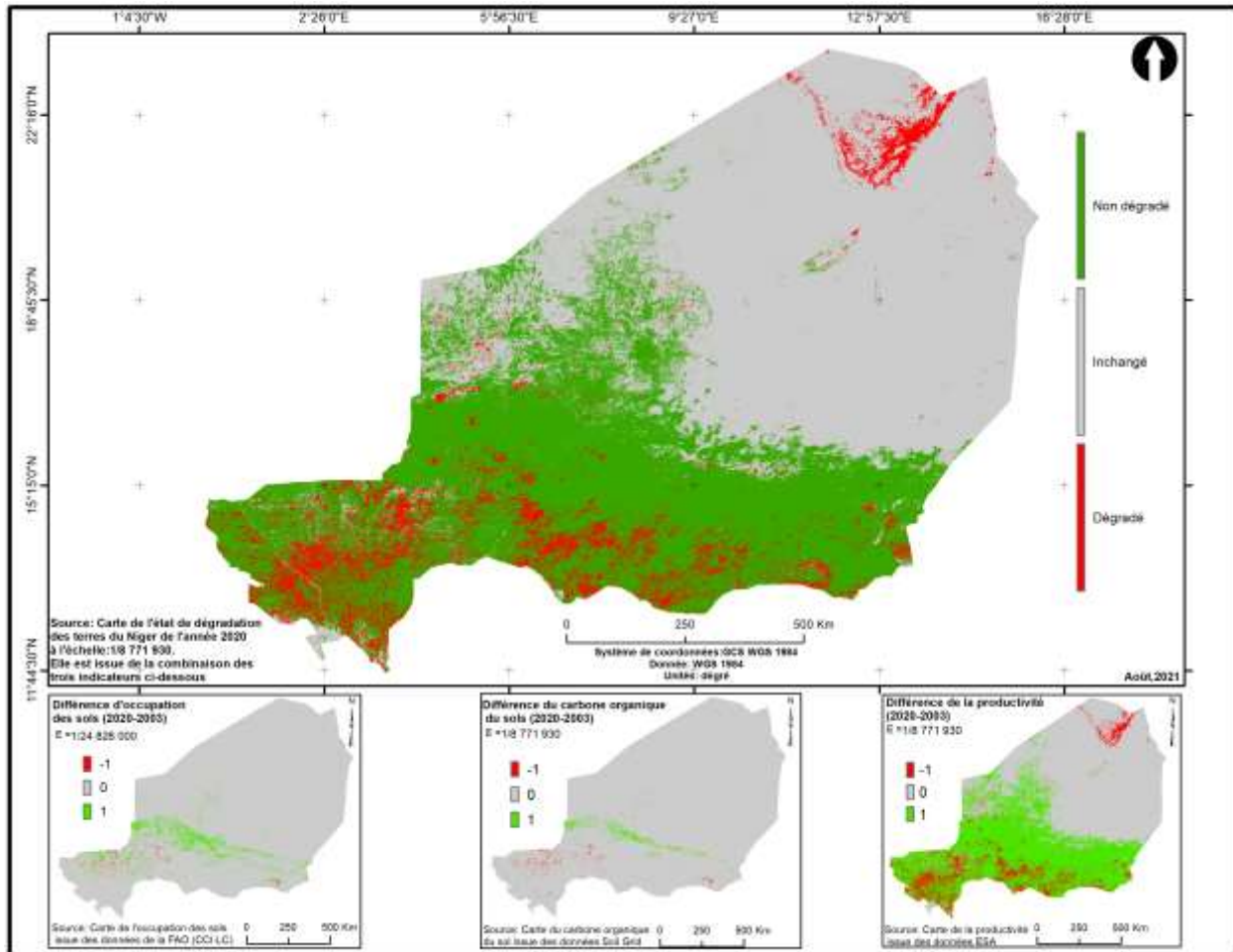


Figure 9 : Estimation de l'état de dégradation des terres au Niger (situation 2020)

Opportunité de restauration des terres dégradées au Niger : Sur l'ensemble des terres dégradées estimées au Niger, en 2020, soit 8 277 944,58 ha, c'est à peine la moitié (51%) qui offre des opportunités de restauration. Les terres dégradées, favorables à la restauration sont observées dans la partie sud du pays (figure10 (b)). Cela s'explique du fait, qu'elle abrite la densité humaine la plus importante du pays, donc pourvoyeuse d'une main d'œuvre sûre (Lona, 2019). C'est aussi la zone qui garantit les conditions climatiques les plus favorables à la réussite des activités de Conservation des Eaux et du Sol/Défense et

restauration du Sol (Vlaar, 1992). Cependant, étant donné que la superficie des terres dégradées, favorables à la restauration des terres est estimée à 4 193 644 ha, et que le Ministère de l'Environnement et de la Lutte Contre la Dégradation des terres s'est engagée à récupérer chaque année 213 000 ha, il faut par conséquent 20 ans pour atteindre la Neutralité en matière de Dégradation des Terres (NDT) au Niger. Et ce, à condition de maintenir les terres restaurées en l'état et de respecter le quota annuel des terres à restaurer durant les 20 ans.

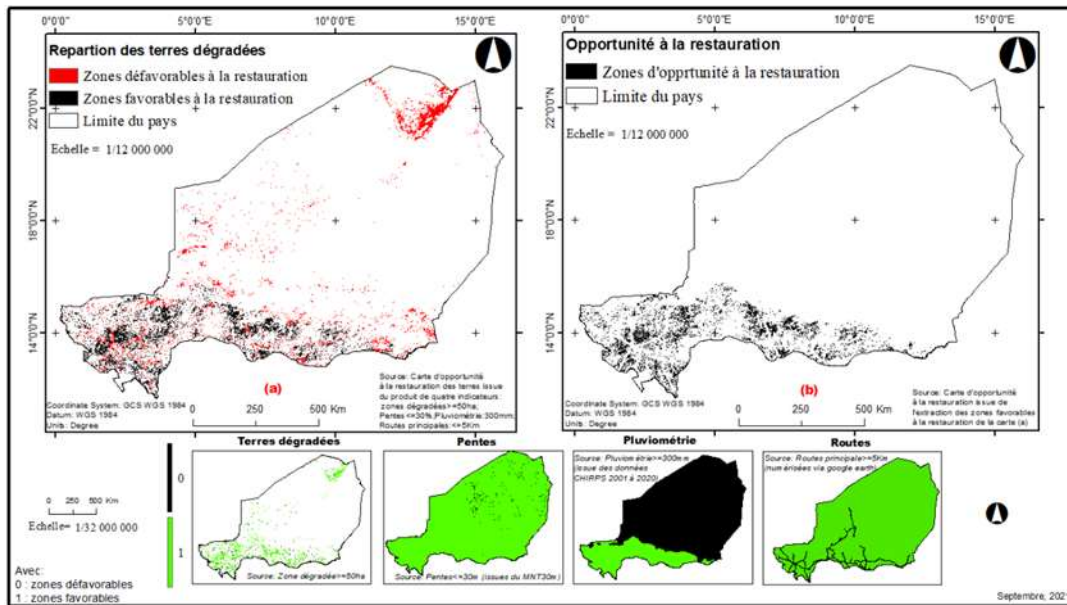


Figure 10 : Répartitions des terres dégradées (a) et opportunité à la restauration (b) au Niger

Étages bioclimatiques du Niger (2001-2020) : Quatre (4) étages bioclimatiques ont été déterminés dans cette étude, il s'agit de l'Hyper-aride avec 92 093 404 ha (72%). Il est représenté par la zone désertique, caractérisée par une pluviométrie annuelle ne dépassant guère les 50 mm ; l'Aride, avec 20 538 589 ha (16% du territoire national), est caractérisé par les steppes arbustives et une pluviométrie moyenne annuelle ≤ 300 mm ; du Semi-aride, avec 13 973 243 ha (11% du territoire national) qui abrite les steppes arbustives et arborés et une pluviométrie comprise entre 300 et 500

mm et enfin du Semi-humide, avec 94 764,42ha (0,1% du territoire national) qui est le domaine de la savane arbustive et arborée, caractérisé par une pluviométrie comprise entre 500 et 1000 mm (figure11). Cette classification, a été aussi obtenue dans une étude d'analyse comparée dans trois pays d'Afrique de l'Ouest (Frédéric *et al.*, 2015). Tandis que lors de la détermination du degré d'aridité bioclimatique de sept localités du département de Tillabéri (sud-ouest du Niger) ce sont les trois premiers étages bioclimatiques qui ont été déterminés (Larwanou *et al.*, 2005).

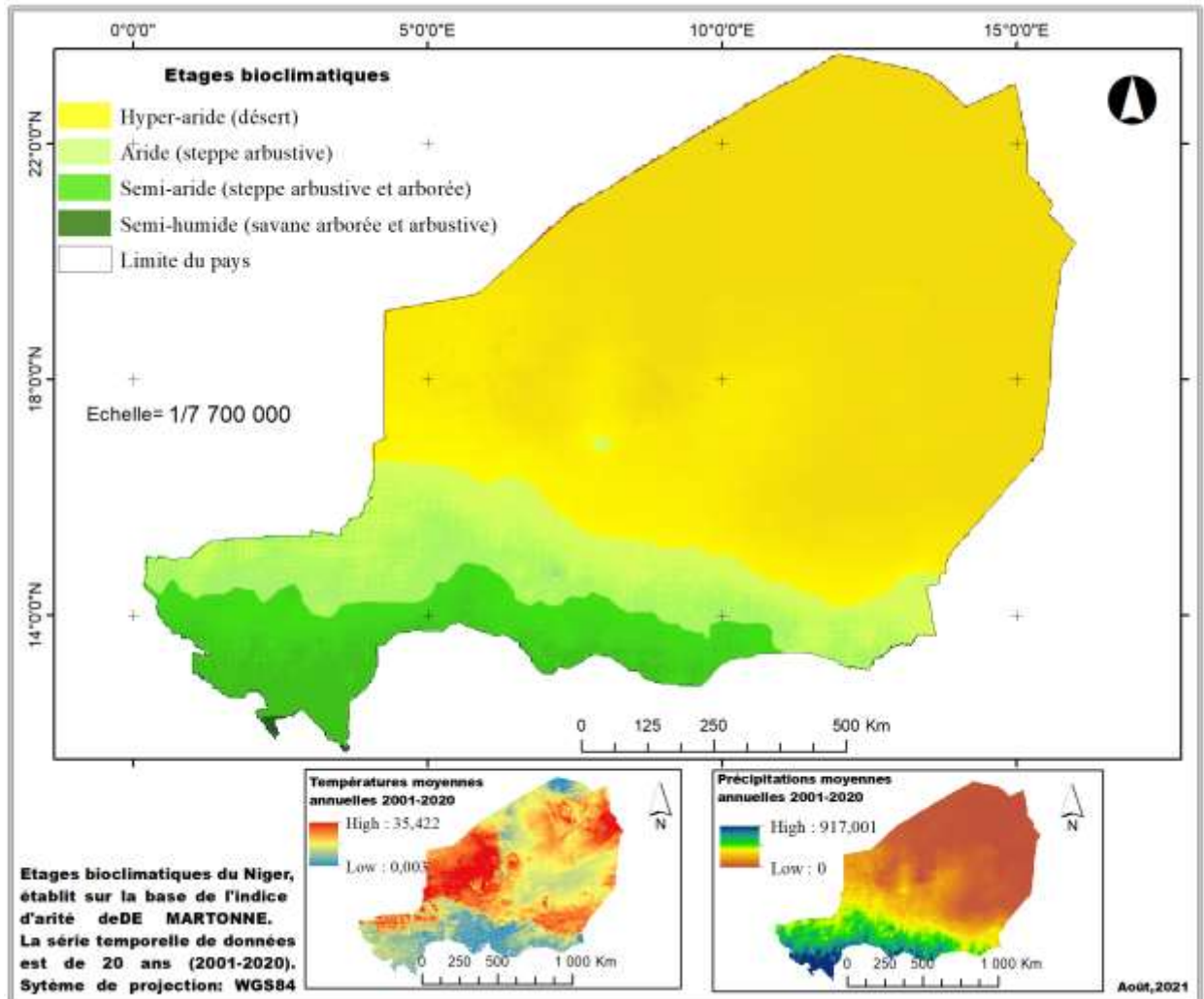


Figure 11 : Étages bioclimatiques du Niger, de 2001-2020

Répartition des terres dégradées favorables à la restauration par étages bioclimatiques :

Cette partie, permet non seulement de mettre en évidence l'impact du climat sur la dégradation des terres, mais aussi de prioriser la lutte contre la dégradation des terres en fonction des étages bioclimatiques. Les zones dégradées, favorables à la restauration des terres sont présentes en zone Semi-aride, Arides et Hyper-humide (figure9), avec respectivement 20% (soit 2 720 950 ha), 7% (soit 1 467 514 ha) et 5% (5 180 ha) car ce sont des milieux où il y'a une forte activité humaine, avec beaucoup d'utilisation des terres (Alain, 2015). Le fait que ces zones soient le domaine des terres dégradées,

favorables à la restauration s'explique aussi du fait qu'elles enregistrent des précipitations annuelles suffisantes au fonctionnement des ouvrages mécaniques et à la reprise des plantations et de l'ensemencement. Au niveau de l'étage bioclimatique Hyper aride, il n'existe pas d'opportunité de restauration, à cause surtout de l'insuffisance des précipitations annuelles (figure12). Ce qui rend inefficace le rôle des ouvrages mécaniques, qui sont censés captés l'eau de pluie nécessaire pour assurer la survie des plantations. De ces faits, les interventions pour la restauration des terres diffèrent et présentent une efficacité relative selon les étages bioclimatiques (Fourati *et al.*, 2015). Par

exemple au niveau de l'Hyper humide, il suffit d'une mise en défend (restauration passive), pendant quelques temps pour que la surface dégradée retrouve ses potentialités, ce qui n'est

pas le cas au niveau de l'Aride et du Semi-aride où l'intervention humaine est généralement impérative (restauration active).

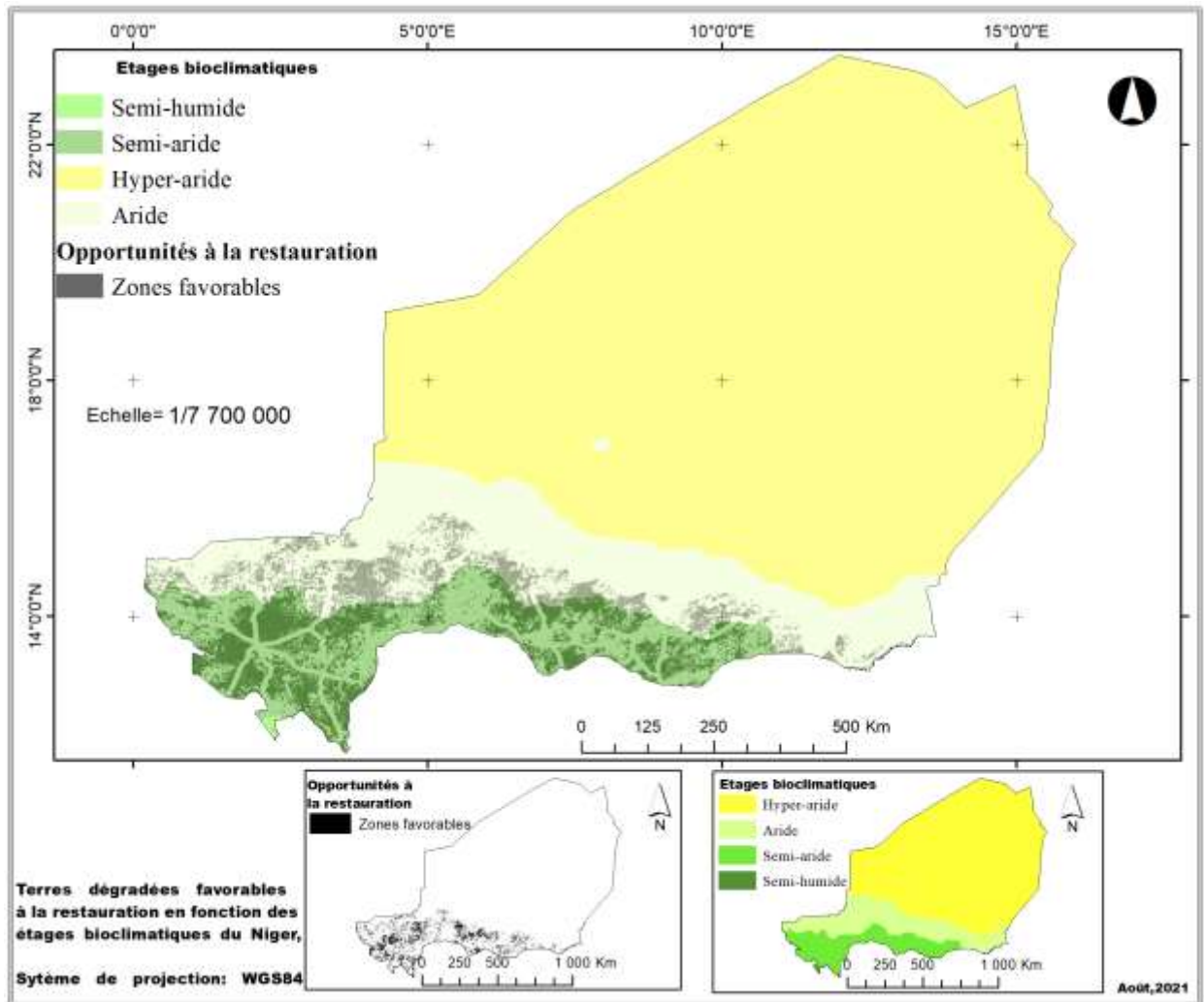


Figure 12 : Répartition des zones dégradées, favorables à la restauration des terres par rapport aux zones bioclimatiques

CONCLUSION ET APPLICATION DES RESULTATS

La présente étude basée sur l'utilisation de la télédétection et des SIG a permis d'évaluer les terres dégradées et les opportunités à la restauration suivant les étages bioclimatiques au Niger. En ce qui concerne l'évaluation de l'état de dégradation des terres en 2020, les zones restées Inchangées sont les plus importantes (soit 69 858 873 ha), suivi des zones Non dégradées (soit 48 563 183 ha) et

enfin des zones Dégradées (soit 8 277 945 ha). Mais, c'est à peine la moitié de ces zones dégradées (soit 51%) qui offrent des opportunités de restauration. L'étage bioclimatique Semi-aride abrite l'essentiel des terres favorables à la restauration, suivi d'Aride et du Semi-humide. Ainsi sur cette base, si le Niger se focalise uniquement sur les terres favorables à la restauration, il attendrait

encore une vingtaine d'année avant d'atteindre la Neutralité en matière de Dégradation des Terres. Les résultats obtenus dans cette étude permettent d'orienter les décideurs en matière

de lutte contre la dégradation des terres ainsi que les projets et programmes qui interviennent dans le domaine de la restauration des terres dégradées au Niger

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adama I, Soungalo S, Edmond HIEN, et Prosper Z, 2020. Perceptions paysannes de la dégradation des ressources naturelles des bas-fonds en zone soudano-sahélienne : cas du sous bassin versant du Nakanbé-Dem au Burkina Faso, *International Journal of biological and Chemical Sciences*, ISSN 1997-342X, ISSN 1991-8631, 14(3) : p 883-895 ;
- Al H, Dorsuma et Mélanie., 2008. Variabilité climatique, désertification et biodiversité en Afrique : s'adapter, une approche intégrée, Article *Vertigo*, Vol8 No2, 24p ;
- Autorité du Liptaco-Gourma (2017). Programme régional de gestion durable des terres et de renforcement de la résilience des communautés rurales et des écosystèmes aux changements climatiques dans les états du liptako-gourma, Annexe, Volume III, 75p ;
- Bahari IM, Malam A.M, Mamadou I, Maman I, Abba B, Kadaouré I., Faran M O, Bouzou MI, 2021. Tendances du reverdissement et de la dégradation du sol dans l'Ouest du Niger, *Canadian journal of tropical geography*, Vol. (8) 1, p52-57 ;
- Bénoit S, et Mandéla H ,2015. Atlas agroclimatique sur la variabilité et le changement climatique au Niger, *Global Climate Change Alliance (GCCA)*, 37 p ;
- Chianu J. Adesina A, Sanginga P, Bationo A, Chianu J, Sanginga N, 2008. Structural change in fertilizer procurement method : assessment of impact in sub-Saharan Africa, *African Journal of Business Management*, p 65-71 ;
- Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable (2006). Programme d'action national pour l'adaptation aux changements climatiques, Secrétariat exécutif, FEM, PNUD, Rapport, 90p ;
- De Martonne E, 1926. Aréisme et indice d'aridité. Compte rendu Académie des Sciences, 181 : p1395-1398 ;
- Erick D N, Constantin L A, François LK, Zacharie M LD, 2020. Évaluation des systèmes agroforestiers dans les pratiques agricoles de Nkolo et ses environs, *Afrique SCIENCE* 17(3), p 54 – 61 ;
- Fourati. M, Bouaziz. R, El Amri. A, Majdoub R, 2015. Techniques de conservation des eaux et du sol dans le bassin versant d'oued Sidi Salah (Sfax-Tunisie) : Essai d'évaluation, article, *Algerian Journal of Arid And Environement (AJAE)*, 5, p 26-38 ;
- Frédéric K, Richard L, Benjamin S, Ousmane N, 2015. Observations et perceptions des changements climatiques. Analyse comparée dans trois pays d'Afrique de l'Ouest, article, *ResearchGate*, p 69-90 ;
- Genesis T Y, Lennart O, Anna ET, Mariano G R, Alex Z, Monica N, 2011. Suivi et évaluer la dégradation des terres pour soutenir le développement durable par dégradation des terres pour soutenir le développement durable – trends.earth, GEF-projet de surveillance de la dégradation des terres | orientation, Conservation internationale, betty and gordon moore Center for Science,

- Crystal drive, Suite 500, arlington, va 22202, United States, 83 p.
- Institut National de Statistique (2020). Tableau de bord social, Ministère du plan, Institut National de la Statistique, République du Niger, rapport, 80 p ;
- Larwanou M, Saadou M, André N, 2005. Détermination du degré d'aridité bioclimatique de sept localités du département de Tillabéri (sud-ouest du Niger) : classement en zones bioclimatiques, Article de recherche, *Sécheresse* ; 16 (2) : p 107-114 ;
- Lona I, Alhassane A, Souley YK, Garba I, Hauswirth D., 2019. Evaluation désagrégée de l'impact des changements climatiques au Niger sur les risques de dégradation des terres, les rendements agricoles et la production de biomasse herbacée, *Baastel BRL ONFI, Centre Régional Agrhymet, Ministère de l'Environnement, de la Salubrité Urbaine et du Développement Durable*, Niger, 85 p ;
- Programme de définition des cibles de Neutralité en matière de dégradation des terres ,2016. Note méthodologique pour définir des cibles nationales volontaires de Neutralité en matière de dégradation des terres (NDT) à l'aide du cadre d'indicateurs de la CNULCD, Rapport, 22 p ;
- Pierre D, 2002. Relations entre indices de végétation, pluies et états de surface au Burkina Faso : cas du bassin versant du Nakambé, Mémoire de DEA, Université de Montpellier II, France, 110 p ;
- Pierre B et Christine C, 2015. Statistiques descriptives : Théorie et applications, *PUG, coll, « Libres cours économie »*, p165-167 ;
- Rabariarivelo TR, M, 2019. Contribution à l'évaluation et la validation de produits satellitaires d'estimation de précipitations pour Madagascar, Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme Master 2, Titre : Ingénieur, université d'Antananarivo école supérieure polytechnique d'Antananarivo, 59 p ;
- Rauss R, 1983. Le Sahara, limites géographiques - géographie des limites, *Le Globe : Revue genevoise de géographie*, tome 123, 1983. p 73-92 ;
- Salah EB B, Wael EZ, Khéloufi B, 2011. Étude diachronique des changements du couvert végétal dans un écosystème montagneux par télédétection spatiale : cas des monts du Tessala (Algérie occidentale), Articles, *Physio-Géo, Géographie physique et environnement*, p 211-225 ;
- Si-Bo D, Zhao LL, Hua L, Frank MG, Hua W, Wei Z, Pei L, Xia Z, César C, 2019. Validation of Collection 6 MODIS land surface temperature product using in situ measurements, *Remote Sensing of Environment*, Volume 225, p 16-29,
- Shrestha M S, Rupak R, Bajracharya SR, 2013. Validation of NOAA CPC_RFE : satellite-based rainfall estimates in the Central Himalayas, *ICIMOD Working Paper*, 7 p ;
- Sunilkumar K, Narayana R, Saikranthi K, et Purnachandra R M, 2015. Comprehensive evaluation of multisatellite precipitation estimates over India using gridded rainfall data, *Journal of Geophysical Research : Atmospheres*, 8987-9005, 120 p ;
- Tinno II, 2009. Analyse de l'évolution de la végétation pour l'évaluation du risque de désertification dans la commune rurale de Tanda (sud-ouest-NIGER), Travail de Fin d'Études, Master complémentaire en Gestion des Risques Naturels, Université de Liège, 49 p ;
- Thompson I, Mackey B, McNulty S, Mosseler A, 2009. Forest Resilience, Biodiversity, and Climate Change. A

- synthesis of the biodiversity/resilience/stability relationship, in *forest ecosystems*, Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique, Montréal, Cahier technique no, p 43, 67 ;
- Toutain B, Marty A, Bourgeot A, Ickowicz A, Lhoste P, 2012. Pastoralisme en zone sèche, cas de l'Afrique subsaharienne, dossiers thématiques du CSFD. N°9, *CSFD/Agropolis International*, Montpellier, France, 60 p ;
- Tufa D, Hussein G, Chris F, Pietro C, Pete P, Ross M, Tsegaye T, 2018. Validation of the CHIRPS satellite rainfall estimates over eastern Africa, ResearchGate, 22 p ;
- Vlaar J.CJ, 1992. Les techniques de conservation des eaux et des sols dans les pays du Sahel. Rapport d'une étude effectuée dans le cadre de la collaboration entre le Comité Interafricain d'Études Hydrauliques (CIEH), Ouagadougou Burkina Faso et l'Université Agronomique Wageningen (UAW), Wageningen, les Pays-Bas, 121 p ;
- WEBOGRAPHIE**
- Alain B, 2015. Introduction : stratégies et dynamiques au Niger face aux contraintes environnementales, Cahiers d'Outre-Mer [En ligne], 270 | Avril-Juin, mis en ligne le 01 avril 2015, consulté le 20 octobre 2020. URL : <http://journals.openedition.org/com/7380> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/com.7380> ;