Evaluation qualitative de l'érosion hydrique dans le bassin versant de Niaoulé : application du modelé PAP/CAR.

Qualitative assessment of water erosion in the Niaoulé watershed: application of the PAP/CAR model.

[1]CISSE Aliou, [2]SOW Seydou Alassane, [3]SECK Ndeye Fatim, [4]SY Amadou Abou et [5]SY Boubou Aldiouma

Résumé :
Le bassin versant de Niaoulé appartient à la région naturelle du Sénégal oriental. Cette région est assez affectée par les effets du changement climatique et de la pression anthropique qui se caractérisent par une dégradation des terres arables et des formations végétales. L'érosion hydrique occupe la première place de cette dégradation. L'article vise à spatialiser cette érosion par une estimation qualitative de son ampleur, fondée sur l'application du modèle PAP/CAR. Les résultats obtenus montrent que 3 % de l'étendue du Niaoulé présente une érodibilité très forte à forte, contre 11 % pour une érodibilité moyenne, 33 % faible et 53 % très faible. La protection des sols, assez éparse, est marquée au nord-est, au sud-est et au sud par une couverture élevée, voire très élevée, avec un taux de 78 % du bassin. Le centre et le long des affluents sont caractérisés par une protection relativement moyenne, faible à très faible, estimée à 22 %. La combinaison de ces résultats dégage quatre tendances érosives dans le Niaoulé. Les zones où l'érosion est stable couvrent 71 % du bassin. Les zones où l'érosion est intensive, très intensive et extrême couvrent respectivement 15 % ; 3 % et 11 % du Niaoulé.
Mots clés : Bassin versant de Niaoulé, Sénégal Oriental, Érosion hydrique, PAP/CAR

Abstract
The Niaoulé watershed belongs to the natural region of eastern Senegal. This region is significantly affected by the effects of climate change and human activity, characterized by the degradation of arable land and vegetation. Water erosion is the primary form of this degradation. This article aims to map this erosion through a qualitative assessment of its extent, based on the application of the PAP/CAR model. The results show that 3% of the Niaoulé area exhibits very high to high erodibility, compared to 11% with medium erodibility, 33% with low erodibility, and 53% with very low erodibility. Soil protection, which is rather sparse, is marked in the northeast, southeast, and south by high to very high cover, reaching 78% of the watershed. The central area and along the tributaries are characterized by relatively medium, low, to very low protection, estimated at 22%. The combination of these results reveals four erosive trends in the Niaoulé. Areas with stable erosion cover 71% of the basin. Areas with intensive, very intensive, and extreme erosion cover 15%, 3%, and 11% of the Niaoulé basin, respectively.
Keywords: Niaoulé watershed, Eastern Senegal, Water erosion, PAP/CAR

Introduction

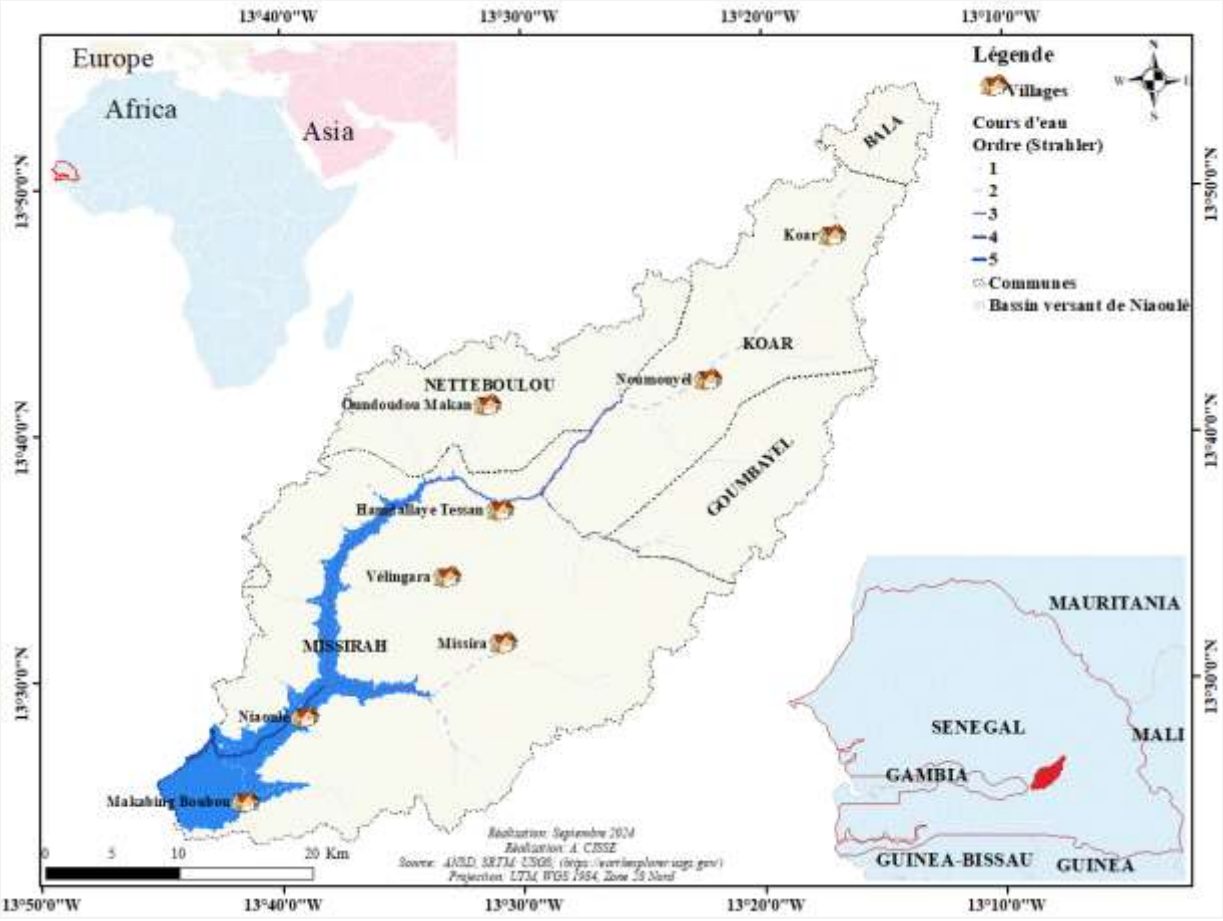
Le Sénégal fait face à de multiples problèmes de dégradation des terres par érosion. Près de 63% des terres arables du pays, soit 2,5 millions d'hectares, sont dégradées (ANAT, 20117, p. 56). L'érosion hydrique affecte 1,51 million d'hectares, soit 60,4% (CSE, 2015, p. 83). Le Sénégal oriental est l'une des régions naturelles sénégalaises les plus touchées par ce fléau. Sur 265 000 ha

de terres dégradées, près de 150 000 hectares sont affectés par l'érosion hydrique, soit plus de 57% (DAPSA, 2018, p.1).

L'intensification des interactions entre les paramètres environnementaux et la pression démographique est très favorable à l'accentuation de cette forme de dégradation des terres agricoles. Le compactage et le décapage des parcelles agricoles mais également la mobilisation des particules fines sur des espaces dénudés à pentes douces sont les indicateurs directs d'accentuation de l'érosion hydrique dans le bassin versant du Niaoulé. Ces observations fondent l'objectif de cette étude, fixé autour de la spatialisation qualitative des tendances de l'érosion hydrique des sols dans le Niaoulé.

Le bassin versant du Niaoulé est un petit affluent de la rive droite du fleuve Gambie. Il couvre une superficie de plus de 1414 km² et parcours 281 km de ligne de crête pour délimiter son périmètre. Localisable entre la latitude 13°25'30'' et 13°52' 30'' Nord et la longitude 13°10' et 13°43' Ouest (figure 1).

Figure 1: Carte de situation du bassin versant de Niaoulé



ISSN 2707-5028

Il est limité à l'ouest par ce même fleuve et ceinturé par les bassins versant de Sandougou et de Niériko, deux affluents du fleuve Gambie. Le Niaoulé s'étend sur plusieurs communes dont celle de Missirah qui occupe sa partie aval à 30 km au Sud-ouest de Tambacounda dans la province du Sénégal Oriental. Une cuirasse ferrugineuse plus ou moins épaisse présentant une structure gravillonnaire ou conglomératique à grès continental caractérise son héritage géologique. Les faciès de grès, colluvions et de dépôts fluviaux témoignent la dynamique paléoclimatique qui, sous la complicité de la pédogenèse, confère au bassin cinq grands types de sols (sols ferrugineux tropicaux lessivés, régosols, sols peu évolués, lithosols et sols hydromorphes). Malgré sa nature généralement plate, ces sols s'identifient avec les trois unités géomorphologiques du terrain (plateaux, plaines et vallées). Le passage de 651.018 hbts en 2010 à 872.156 hbts en 2020 traduit à la fois une dynamique démographique et économique mais aussi une surexploitation des ressources naturelles.

1 Méthodologie

La spatialisation qualitative des tendances de l'érosion hydrique des sols dans le Niaoulé respecte les directives du modèle PAP/CAR. Ce dernier est un plan d'action initié par la FAO à travers ses PAM. Les directives élaborées à travers ce plan, dans la méditerrané, offrent la possibilité de distinguer les unités de vulnérabilité à l'érosion hydrique des sols et de prédire les tendances au niveau des bassins versants. Cette évaluation qualitative repose sur l'exploitation de variables comme les types de sols, le gradient des pentes, les unités d'occupation du sol et le degré de couverture végétale. Leur exploitation s'effectue sous trois phases : prédictive, descriptive et intégrative. Ces phases combinent plusieurs opérations cartographiques respectant les directives du programme.

1.1 Phase prédictive

La phase prédictive nécessite l'exploitation des paramètres lithologiques, topographiques, des types d'occupations des sols et des couvertures végétales. Le traitement de ces données a permis de cartographier les états érosifs par combinaison des cartes d'érodibilité et de protection des sols. Cette phase suit sept opérations cartographiques, associées à des tableaux à double entrés (matrice) qui résultent du croisement de ces classes dont les codes sont prédéterminés par les experts du programme et adaptable selon la réalité des régions ou pays (PNUE/PAM/PAP, 2000, p 105).

1.2 Phase descriptive

La phase descriptive concerne le recensement des différents processus d'érosion hydrique dans le terrain d'étude. Elle vise à cartographier les formes d'érosion hydrique qui viennent compléter le résultat de la phase prédictive. Elle est axée sur l'observation direct du terrain ou la photo-interprétation. Ces opérations ont permis d'identifier et de numériser les sites stables ou instables, de définir le degré des processus érosifs des sites instables, leurs intensités afin d'évaluer les formes d'érosion par rapport aux facteurs influents (PNUE/PAM/PAP, 2000, p 106).

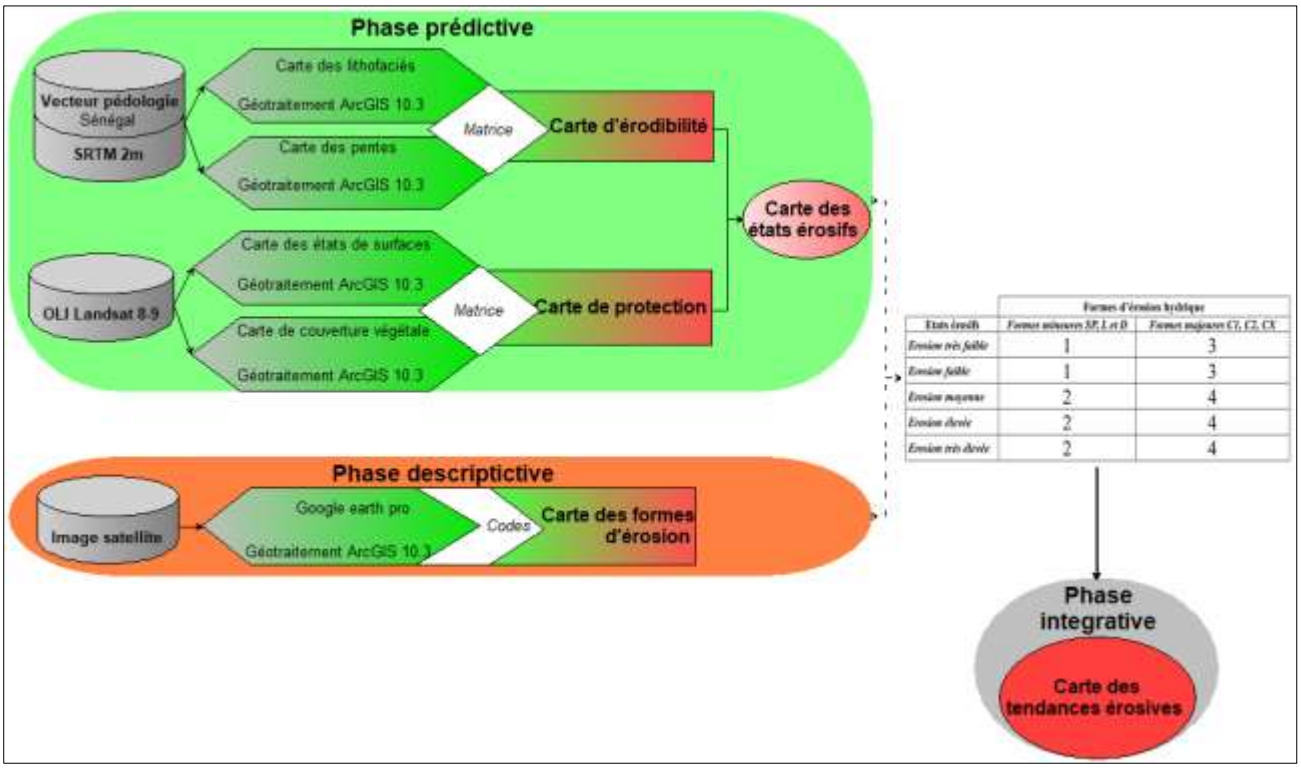
1.3 Phase d'intégration :

La phase d'intégration est une combinaison des données résultantes des phases prédictives et descriptives. Elle constitue l'opérations d'association des cartes des états érosifs et des formes érosives. Cette opération cartographique aboutit au final à la réalisation de la carte des tendances de l'érosion hydrique (PNUE/PAM/PAP, 2000, p 106).

1.4 Données

L'application des approches prédictive, descriptive et d'intégration, nécessite l'acquisition de données portant sur certains facteurs de l'érosion hydrique tels que la nature des sols, la topographiques, l'occupation des sols et la couverture végétale. Cette acquisition est respectivement opérée auprès des bases de données comme la carte géologique du Sénégal et sa notice explicative (J. P. BARUSSEAU *et al*. 2009. p. 56), le vecteur SOTER SN et GM de ISRIC (https://files.isric.org/) (BATJES, 2008, p. 25), les images SRTM 30m et du capteur OLI2 de Landsat 8-9 de USGS (https://earthexplorer.usgs.gov). La plateforme Google earth pro est également exploitée pour la numérisation des formes d'érosion hydrique perceptible dans le bassin versant de Niaoulé en couple avec les phases d'observation et de description du terrain. L'exploitation de ces données, notamment la cartographie des facteurs, la numérisation des formes de l'érosion hydrique et l'analyse statistique, est respectivement effectuée sous les logiciels *ArcGIS 10.3*, *SAS Planet* et *Excel*. La figure 2 ci-dessous résume l'approche méthodologique du modèle PAP/CAR.

Figure 2: démarche d'application du modèle PAP/CAR



	1	3
	1	3
	2	4
	2	4
	2	4

Source : A. CISSE

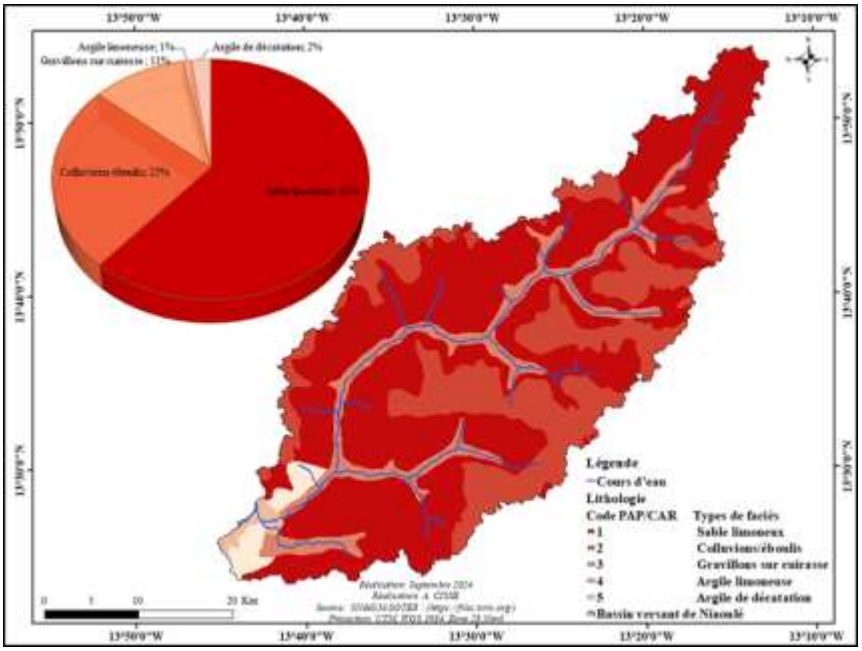
2 Résultats

L'évaluation qualitative de l'érosion hydrique des sols par le modèle PAP/CAR, a nécessité un ensemble de neuf opérations cartographiques. Les résultats issus de ces opérations renseignent sur l'érodibilité des sols, leur protection, leur états érosifs, les formes d'érosion hydrique et ses tendance actuelles.

2.1 Erodibilité des sols

L'érodibilité des sols résulte de l'intersection entre la lithologie (figure 3) et les pentes (figure 4). En prenant compte de la nature des sols, les sols sablo-limoneux plus abondant dans le bassin avec 61% de sa superficie sont moins résistant que les sols argileux estimés à 3% de l'étendue du bassin. Les sols colluviaux et gravillonneux, respectivement évalués à 25% et 11% de la superficie, présentent une résistance intermédiaire comparé au deux types de sols prédéterminés.

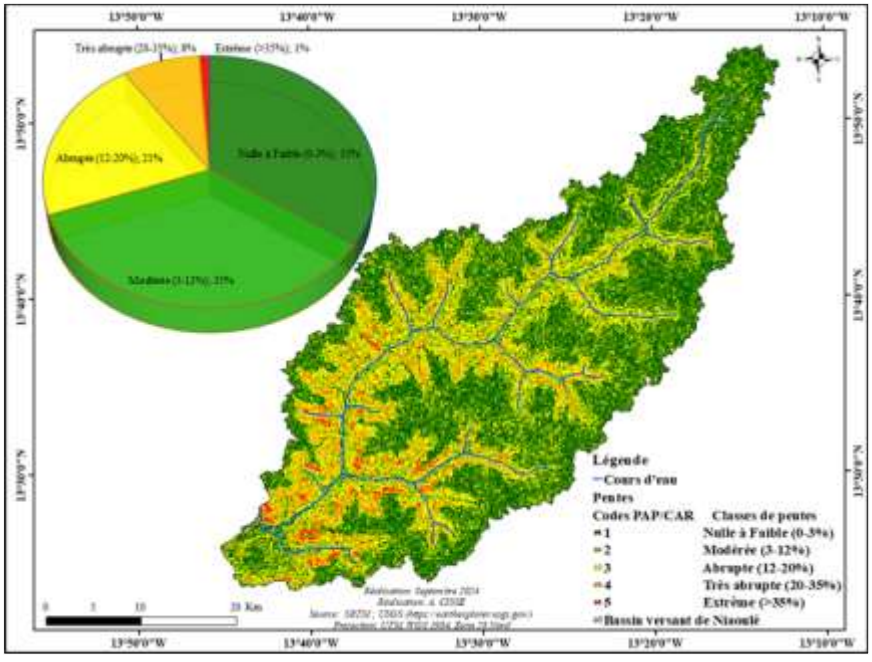
Figure 3 : nature des sols



Quant à la pente, elle réduit la résistance des sols desqu'elle se différencie de zéro.

La figure 4 reflète, cinq classes de pente : les surfaces à pente nulle, faible et modérées, estimées à 70% du Niaoulé, couvrent en majorité les sols colluviaux et gravillonneux. Les pentes fortes, très fortes et extrêmes, identifié sur des sols argileux et sablo-limoneux, couvrent près de 30% de l'étendue du bassin versant.

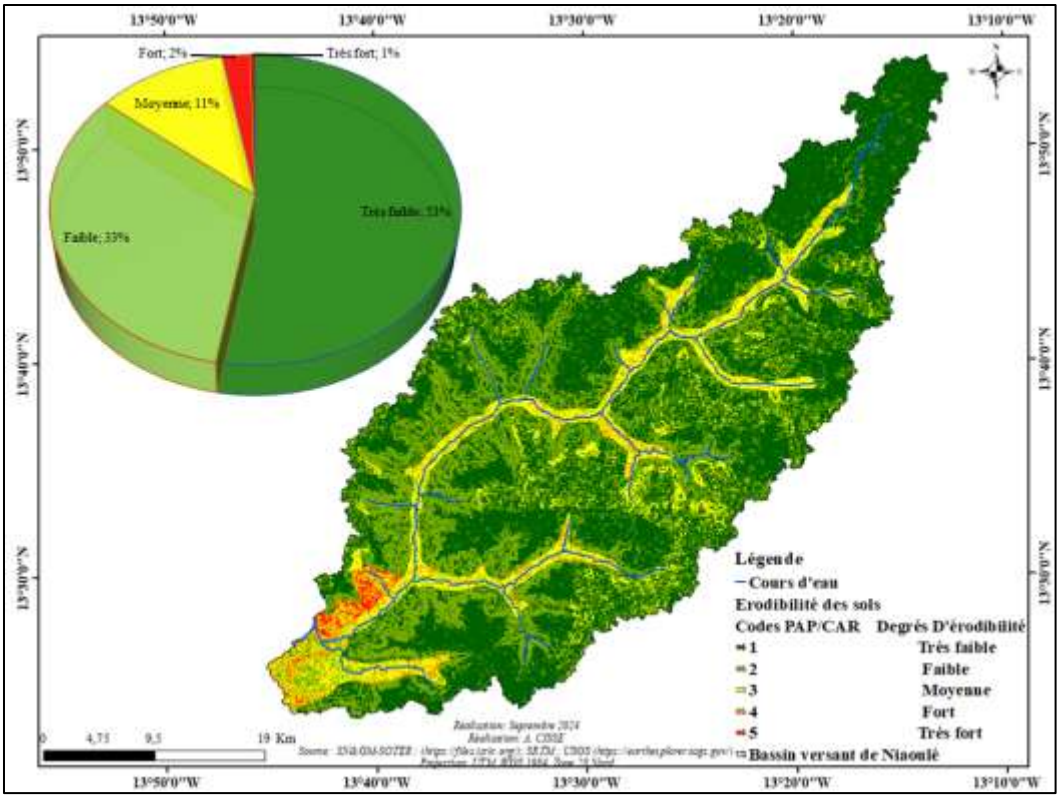
Figure 4: pourcentage des pentes



L'érodibilité des sols (Figure 5) présente trois classes de vunérabilité dans le bassins versant de Niaoulé. En aval, sur la rive droite, l'érodibilité des sols est en majorité extrème. Cela s'explique par la nature assez abrute des pentes et du sol argileux ou argilo-limoneuse (carte des pentes et de la lithologie) favorable au ravinement. Tout le long des afluents où nous avons également des pentes peu abrutes à sol sablo-limoneux et argilo-sableux. A l'extrême Sud-ouest où est le sol argileux ou argilo-limoneux, l'érodibilité des sols est à des degrès moyenne et faible. Sur les sols colluviaux à pentes modérées, faibles ou nulles, le degrès d'érodibilité y est très faible. Globalement, seule 3% de l'étendue du bassin versant de Niaoulé présente une érodibilité très forte à forte, contre 11% pour une érodibilité moyenne, 33% faible et 53% très faible.

La vulnérabilité des sols varie proportionnellement selon le degrès de la pente, pour une même averse. Cela dit lorsque la pente est faible, le sol résiste plus aux effets érosifs des eaux de pluie ou ruiselante, qu'il soit sableux, limoneux ou argileux. Par contre, lorsque la pente est importante l'érosidibilité du sol s'accentue et même les sols argileux résitants deviennent vulnérables face aux ruissellements.

Figure 5: érodibilité des sols dans le bassin versant de Niaoulé

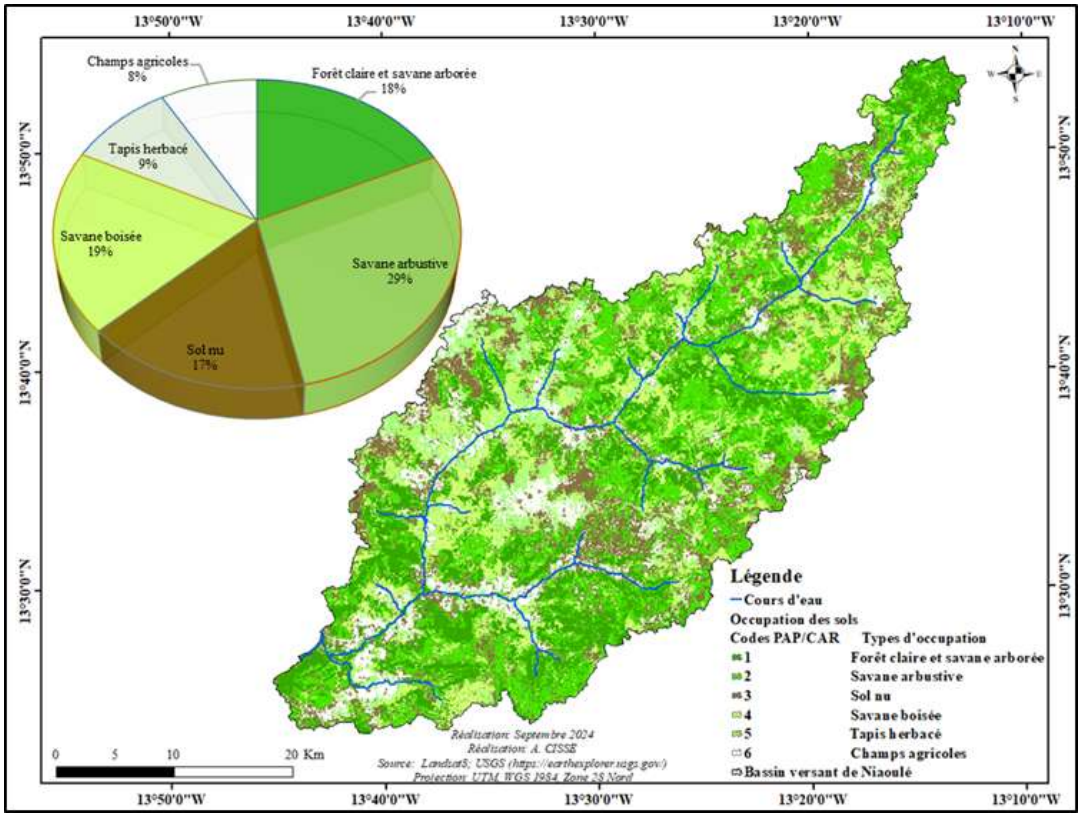


ISSN 2707-5028

2.2 Protection des sols

La protection des sols est déduite de l'intersection de l'occupation (figure 6) et de la couverture (figure 7) des sols, sachant que les types d'occupation des sols, déduite à partir d'une classification supervisée, permettent d'apprécier la couverture végétale présente. En effet, dans le Niaoulé, les champs agricoles (8%), les sols nus (17%) et les tapis herbacés (9%) occupent 34% de la surface, offrant une couverture très faible de 22% du bassin. Les forêts claires ou savanes arborées (18%) et les savanes arbustives (29%) occupent 37% du bassin, offrant une couverture moyennes estimée à 19%. Les savanes boisées occupent 19% du bassin, correspondant à une couverture végétale faible de 59%.

Figure 6 : types d'occupation des sols

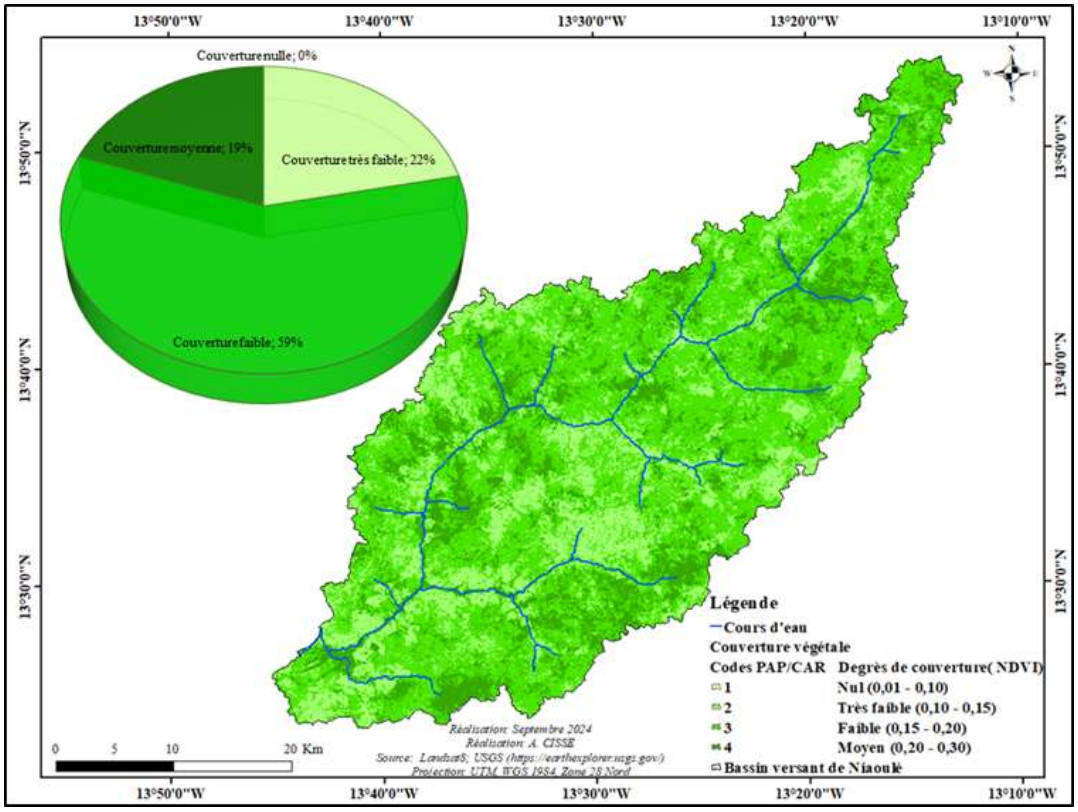


Cette proportionnalité entre le type d'occupation du sol (figure 6) et l'indice de couverture végétale (figure 7) caractérise les effets de la pression anthropique sur la protection des sols.

En effet, la carte des indices de couverture hiérarchisée en quatre classes montre que le bassin est dans sa globalité assez peu couvert de végétation car l'indice de végétation par différence normalisé ou NDVI *(Normalized Difference Vegetation Index)* est loins de la classe 1 correspondante à une très bonne couverture végétale. A la vu de ces indices, la formation végétale la plus efficace, la foêt

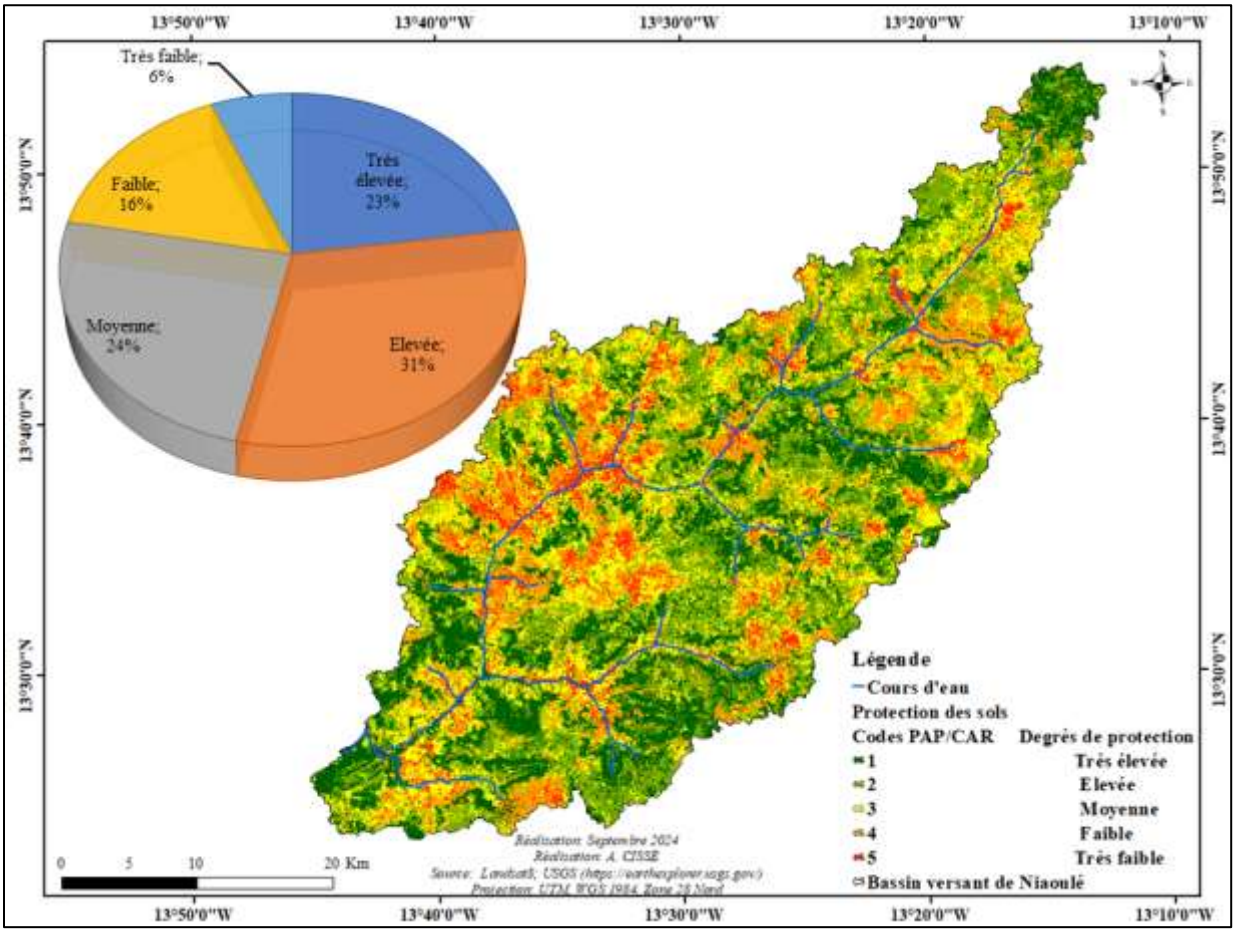
claire ou savane arborée a une couverture moyenne situable dans la classe 0,20-0,30. Les classes d'indices 0,01-0,10 ; 0,10-0,15 et 0,15-0,20 correspondent respectivement à des couvertures nulles, très faible et faible.

Figure 7: couverture végétale



Fondée sur le type d'occupation des sols et le degrès de couverture végétale, la protection des sols (fgure 8) du bassin versant de Niaoulé est assez éparce. A l'extrème Nord-est, Sud-est et Sud, sur les zones à forêts claires et savaniennes, de couverture moyenne à faible, la protection des sols est élevée voire très élevée avec un taux de 78% du bassin. Le centre et le long des affluents sont caractérisés par une protection relativement moyenne, faible et très faible estimé à 22% du Niaoulé. Ces étendues abritent les champs agricoles, les sols nus et les tapis herbacés.

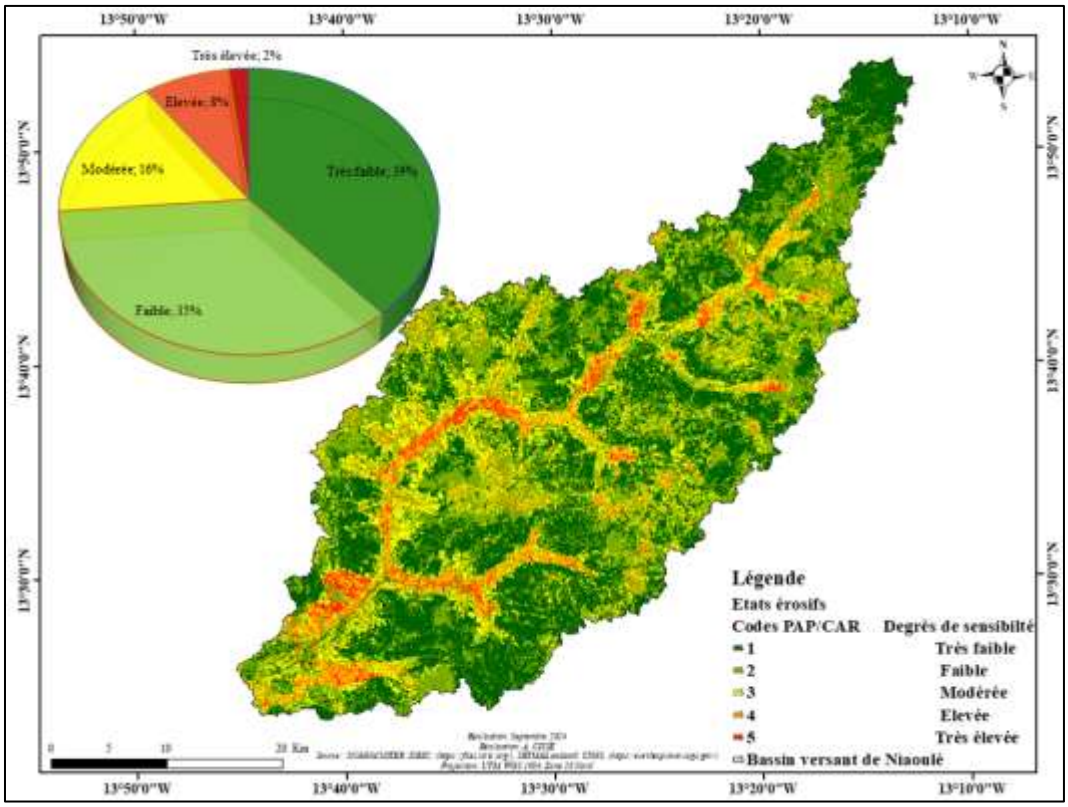
Figure 8: protection des sols dans le bassin versant de Niaoulé



2.3 Etats érosifs

La qualité des états érosifs (figure 9) est déduite de l'intersection du degrés d'érodibilité et de la protection des sols du bassin versant de Niaoulé. Ce travail a abouti à la déduction et à la spatialisation des états érosifs classés en cinq degrés de sensibilité à l'érosion hydrique. Les classes à sensibilité érosive très élevée ou élevée couvrent 2 à 8% du bassin versant. Elles sont plus représentatives à l'aval du bassin versant particulièrement sur les talus. Le paysage immédiat qui surplombe ces talus et correspondant souvent aux terres cultivées, enregistre une sensibilité érosive modérée à faible représentant au total 4% du bassin. Les 39% restantes représentent une sensibilité érosive très faible et correspondent aux milieux à couverture végétale permanente.

Figure 9: états érosifs dans le bassin versant de Niaoulé

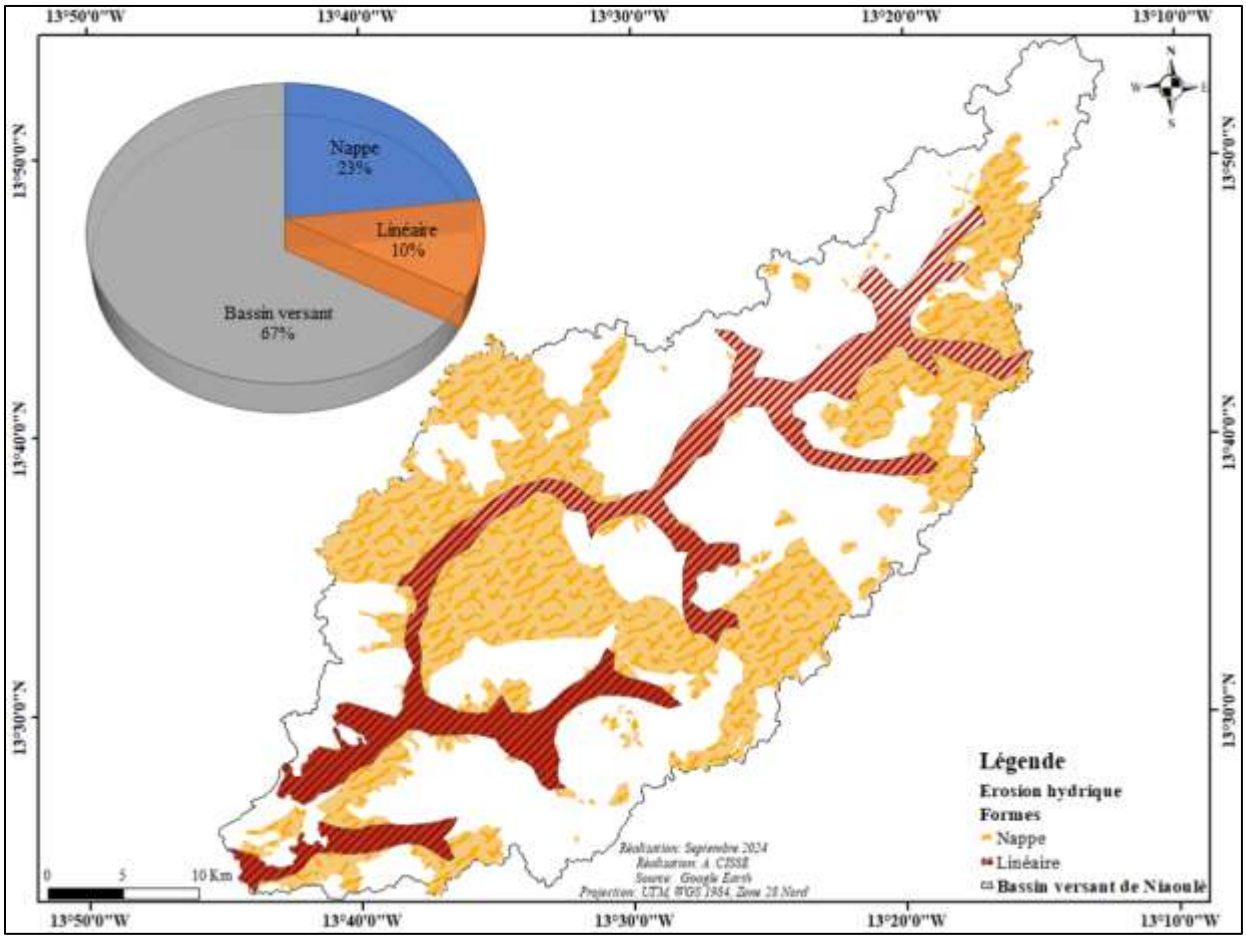


2.4 Formes d'érosion hydrique

A travers les phases de prospection du terrain d'étude, nous avons pu observer deux formes d'érosion hydrique, à savoir l'érosion en nappe et l'érosion linéaire. La première, très peu saisissable, se manifeste à travers la couleur vive claire des grains de sable et l'ensablement de certaines parties concave des zones cultivées. La seconde se manifeste par un ravinement du terrain, particulièrement plus saisissant le long des talus, formant parfois les chenaux d'écoulement naturelle des eaux de pluie.

Cette observation directe, accompagné de lever de coordonnées GPS, a abouti à la digitalisation des formes d'érosion hydrique (figure 10) sous *Google earth* et leur spatialisation à l'aide du logiciel *ArcGIS 10.3*. Ces résultats montrent l'étendu de l'érosion hydrique en nappe ou en rigole sur le bassin versant de Niaoulé avec un taux de 23% au moment où l'érosion hydrique linéaire ou ravinante affecte 10% du bassin les 67% de la surface restantes étant qualifiées de naturelles.

Figure 10: formes d'érosion hydrique dans le bassin versant de Niaoulé



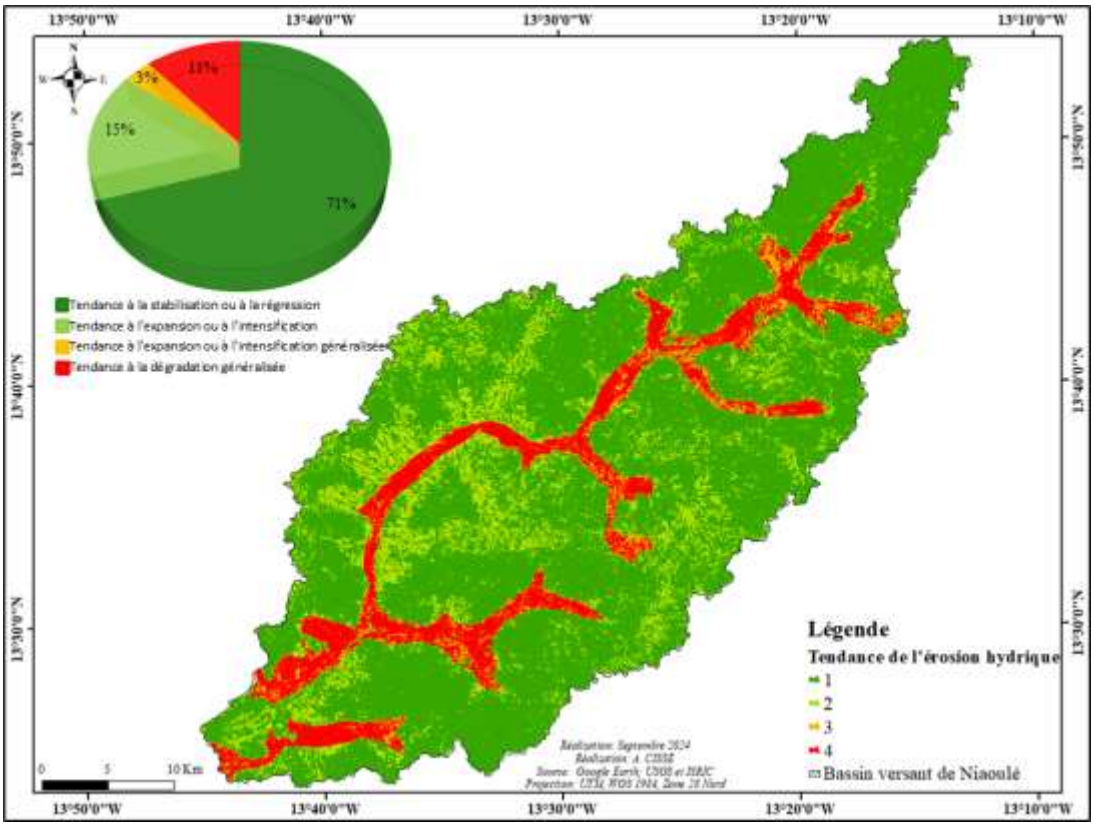
2.5 Phase d'intégration

La phase d'intégration concerne l'intersection de la carte des états érosifs et celle des formes érosives. Le résultat obtenu concerne la carte des tendances de l'érosion hydrique dans le bassin versant de Niaoulé. Cette dernière, représentée sous la figure 11, individualise quatre classes de tendance dans le Niaoulé. Le zonage de ces classes laisse apparaître des sites où l'érosion a tendance à se stabiliser, à s'intensifier, à peu ou totalement se généraliser.

Les sites stables couvrent une superficie de 71% du bassin versant. Elles correspondent aux zones d'états érosifs faible à très faible et où la forme d'érosion est nulle ou imperceptible par observation directe. Elles se caractérisent par une couverture végétale assez importante, ce qui peut réduire la force érosive des eaux de pluie ou ruisselantes. Les sites où l'érosion est en cours d'intensification représentent 15% du Niaoulé. Ils correspondent aux terrains anthropisées tels que les champs et habitations. Ces zones sont souvent fragilisées par les activités comme le défrichement et

l'essouchement qui privent les sols de protection, les exposant aux mécanismes de l'érosion hydrique. Les sites à tendance d'intensification générale ne représentent que 3% de l'étendue du bassin. Celles où l'érosion tend vers une dégradation généralisée sont estimée à 11% de la superficie du bassin. Ces deux classes couvrent le long des cours d'eau particulièrement caractérisés par un ravinement avancé en raison de l'importance des pentes.

Figure 11: tendances de l'érosion hydrique dans le bassin versant de Niaoulé



3 Discussion

L'évaluation des risques d'érosion hydrique reste une préoccupation majeure pour les scientifiques confrontés au contexte interactif des multiples agents et facteurs qui interviennent dans ces processus. L'avènement de l'informatique et des systèmes d'informations géographiques a inéquitablement boosté les démarches scientifiques employées pour évaluer ce phénomène. L'application du modèle PAP/CAR dans le bassin versant de Niaoulé s'inscrit dans cette dynamique un peu laissée en rade dans nos pays. Cette situation nous oblige à confronter les résultats de ce travail à ceux obtenus dans un contexte méditerranéen, de conditions bioclimatiques et géographiques différentes, et ceux de l'application du modèle USLE plus usité dans le Sahel. Les résultats qualitatifs obtenus dans cette étude confortent la situation quantitative déjà évaluée

(S. A. SOW, M. GAYE, et A. CISSE, 2023. p. 84) dans la partie aval de ce même bassin versant. La spatialisation a permis de démontrer une accentuation de l'érosion hydrique sur les pentes fortes comme les talus des vallées et des buttes où les pertes sont estimées entre 103 à 127 t/ha/an et 77 à 102 t/ha/an. Sur les pentes faibles, l'érosion hydrique était de 52 à 76 t/ha/an, sur les zones de culture, nous avions des pertes comprises entre 25 à 51 t/ha/an et entre 0 à 25 t/ha/an pour les zones plates et couvertes de végétation. Le classement de ces résultants est en parfaite concordance avec l'état qualitatif des tendances érosives relevées dans le Niaoulé en 2024, avec l'application du modèle PAP/CAR. Ce dernier reflète quatre tendances où l'érosion hydrique est stable, intensive, en intensification générale et en dégradation généralisée. Ces tendances sont respectivement identifiées sur les zones plates et couvertes de végétation, les zones exploitées (champs et habitation) et le long des cours d'eau particulièrement marqués par d'importantes pentes.

Les études réalisées dans le cadre de l'évaluation qualitative de l'érosion hydrique fondée sur le modèle PAP/CAR des bassins méditerranéens permettent de mettre en évidence la répartion des formes et états de l'érosion hydrique beaucoup plus alarmante que ce que révèlent nos résultats. Les résultats de H. AÏMAN, E. YAHIA et G. JAOUAD (2017, p. 142), dans le bassin versant de l'Oued Amlil (Taza Maroc), reflètent un état très avancé de l'érosion hydrique dont seul 6% et 1% de la superficie présente respectivement une érosion faible et très faible. L'érosion très élevée, élevée et notable représente succinctement 23%, 48% et 22% du bassin. Or, dans le bassin versant de Niaoulé, le modèle montre que seul 2 et 8% du bassin sont en état érosif très élevé à élever contre une sensibilité érosive modérée et faible couvrant 51% et 39% de l'étendu du bassin de Niaoulé. Si l'ampleur de l'érosion hydrique est plus alarmante dans le bassin versant de l'Oued Amlil que celui de Niaoulé, nous trouvons une situation corrélative, par contre, entre celui-ci et l'amont du barrage Allal El Fassi dans le moyen atlas Marocain. Ce dernier, étudié par A. FALEH et A. MAKTITE (2014, p. 81) avec la méthode PAP/CAR et les SIG, fait face à une érosion hydrique très faible à 19%, faible à 36%, notable à 34%, élevée à 9% et extrême à 2 % par rapport à l'étendu de la zone étudiée. L'étude qualitative de l'érosion hydrique par Approche Statistique Bivariée de la Valeur Informative et du Ratio de Fréquence que A. DIA (2023, p. 447) a effectué dans le Bassin-versant de Ogo (Nord-est du Sénégal) montre une vulnérabilité plus importante dans cette partie du Sénégal. Dans le Bassin-versant de Ogo, les classes de susceptibilité évaluent l'érosion hydrique très fortes à 20,28%, forte à 30,45%, moyenne à 27,86%, faible à 15,28% et très

faible à 6,11%. Cette situation peut s'expliquer par les différences de couverture végétale plus abondante dans le bassin versant de Niaoulé.

L'application par intégration des modèles, PAP/CAR, RUSLE, et d'autres, dans les Système d'Informations Géographiques, bien qu'en étant assez en retard au Sénégal participe de manière efficace à la spatialisation de la problématique d'érosion hydrique des sols contribuant à la prise des décisions et à la maîtrise du forçage des terrains. R. BOISSY et *al.,* (2022, p.18) étaient dans cette logique lorsqu'ils disaient que « *l'identification des milieux, où l'érosion est importante (23,03 et 134,64 t/ha/an), facilite l'élaboration des stratégies d'aménagement et l'évaluation des techniques de mise en valeur des terres arables ».* Ces qualités annulent les limites de ces modèles dont l'utilisation comparative permet de prendre en compte l'ensemble des facteurs et formes d'érosion hydrique. De ce fait, une complémentarité peut être appliquée entre deux ou plusieurs modèles afin de minimiser les limites et erreurs d'estimation et de spatialisation. Dans ce cas, les limites du modèle PAP/CAR (exclusion des données climatiques et antiérosives) peuvent être complétées par les avantages du modèle RUSLE qui intègre le climat et les pratiques antiérosives dans l'estimation des pertes en sol comme l'a fait AIMAN *et al*. (2021, p. 145) dans le bassin versant de l'Oued Amlil, (Prérif-Maroc). La comparaison de ces résultats avec ceux de S. A. SOW, M. GAYE et A. CISSE., (2023, p. 122) confirme la spatialisation et l'évaluation qualitative du degré de sensibilité du bassin versant de Niaoulé vis-à-vis de l'érosion hydrique des sols.

Conclusion

L'application du modèle PAP/CAR prouve que le bassin versant de Niaoulé est dans un contexte où les conditions sont favorables à l'accentuation de l'érosion hydrique. Le bassin versant dégage une vulnérabilité aussi bien sur ces caractères biophysiques et anthropiques que sur les manifestations des phénomènes érosifs. La nature des sols, constituée à 62% de sables limoneux, offre peu de résistance aux processus érosifs surtout lorsque les pentes deviennent assez importantes. La forte exploitation de la couverture végétale au profit de l'agriculture et des besoins domestiques tels que la recherche de combustibles expose également le milieu aux phénomènes de l'érosion hydrique.

L'évaluation qualitative de l'érosion hydrique dans le bassin versant de Niaoulé a abouti à une répartition spatiale des tendances érosives. Ces dernières montrent que les affluents et leurs pourtours immédiats tendent vers une dégradation générale ou à intensification généralisée alors que le reste du bassin reste stable avec quelques sites où le phénomène tend vers l'expansion voire

l'intensification. La carte de tendances résultant de cette étude permet de voir le degré de l'ampleur des phénomènes érosifs. Par contre, les éléments de déposition qui permettent de quantifier l'érosion hydrique ne sont pas pris en compte ce qui limite le modèle à des appréciation qualitatives. Des études comparatives avec d'autres modèles physiques comme le modèle MUSLE ou SEDDE serait une bonne alternative. Par ailleurs, le modèle PAP/CAR se constitue comme un outil utile pour la planification des stratégies de restauration et de gestion des sols.

Références bibliographiques

AÏMAN Hili, YAHIA El Khalki, et JAOUAD, Gartet, 2017 « Estimation qualitative de l'erosion hydrique dans le bassin versant de l'Oued Amlil (Taza-Maroc) par la combinaison de l'outil SIG et de l'approche PAP/CAR. » *Revue espace géographique et société marocaine, n°18, IMIST Rabat, p. 133-14.*

AIMAN Hili, YAHIA El Khalki, HANANE Reddad, JAOUAD Gartet, et Mohamed Abahrour, 2021, « Comparaison des resultats de l'approche PAP/CAR et le modèle usle dans la cartographie et l'estimation qualitative de l'erosion hydrique dans le bassin versant de l'Oued Amlil, (Prérif-Maroc) ». *Papeles de Geografía*, Vol *66,* mis en ligne 29 Janvier 2021, consultée le 26 Novembre 2023. p. 138-150 URL : https://doi.org/10.6018/geografia.415511

BARUSSEAU, Jean Paul., DUVAIL, Cédric., NOËL, Bernard J., NEHLIG, Pierre., ROGER, Jack., SERRANO, O. Olivier., DABO, Bathy., DIAGNE, Edouard., et SAGNA, Raymond, 2009, *Notice explicative de la carte géologique du Sénégal à 1/500 000, feuilles nord-ouest, nord-est et sud-ouest*. Ministère des Mines, de l'Industrie et des PME, Direction des Mines et de la Géologie, Dakar. p. 61.

BATJES, H Niels, 2008, *Soil parameter estimates for Senegal and the Gambia derived from SOTER and WISE (SOTWIS-Senegal, ver. 1.0)*. Rapport n°5, p. 40, *ISRIC World Soil Information*, Wageningen. URL: https://www.semanticscholar.org/paper/Soil-parameter-estimates-for-Senegal-and-the-Gambia-Batjes/3a72d30fd9346db20a8f36f153cc2d11e8a60382

BOISSY René, NDIAYE Mamadou, DIATTA Moise et MBAYE Maguette, 2022, « Utilisation d'un SIG pour l'évaluation et la cartographie des risques d'érosion hydrique par l'Equation Universelle des Pertes en sol Révisée (RUSLE) dans le Département de Saraya (Sénégal). » *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, *22*(2), p. 25 mis en ligne le 05 septembre 2022, consulté le 05 juillet 2022. URL: http://journals.openedition.org/vertigo/38034

CSE, 2015, *Rapport sur l'état de l'environnement au Sénégal*. Ministre de l'Environnement et du Développement Durable, p.199

DIA, Amadou Tidiane, 2023, « Cartographie et Modélisation de l'Érosion Hydrique dans le Bassin-versant de Ogo (Nord-est du Sénégal) par Approche Statistique Bivariée de la Valeur Informative et Ratio de Fréquence. » *European Scientific Journal, ESJ*, vol. *13*, p. 435-435. https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/16350

FALEH Ali, et MAKTITE Abderrahim, 2014, « Cartografía de zonas vulnerables a la erosión hídrica con la ayuda del método PAP/CAR y SIG en relación con la presa Allal el Fassi, Atlas Medio. » *Papeles de Geografía*, Vol *59(60)*, p. 71-82. URL : https://revistas.um.es/geografia/article/download/218161/171371

SOW Amadou Abdoul, 2014, « Le Niaoulé et son bassin : étude hydrologique. » *Sciences Humaines*, *1*(002), p.201-226. URL : http://publication.lecames.org/index.php/hum/article/view/228

SOW Seydou Alassane, CISSÉ Aliou et GAYE, Mar, 2024, « Estimation des pertes en sols par érosion hydrique à travers les trames bleues du bassin versant de Niaoulé (Sénégal Oriental) dans un contexte de variabilité pluviométrique. » *NAAJ-Revue africaine sur les changements climatiques et les énergies renouvelables*, Vol 3(1), p. 99-131 URL : https://www.revues.scienceafrique.org/naaj/texte/sow_cisse_gaye2024/

Auteurs

[1]Doctorant, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal, Ecole Doctorale Eau Qualité et Usage de l'Eau, aliou8.cisse@ucad.edu.sn ; cissealiou14@yahoo.com

[2]Enseignant chercheur au département de Géographie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal, sowseydoualassane@yahoo.fr

[3]Doctorante, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal, Ecole Doctorale Eau Qualité et Usage de l'Eau, ndeyefatimseck93@gmail.com

[4]Enseignant chercheur au département de Géographie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal, syamadouabou2@yahoo.fr

[5]Enseignant chercheur à la Section de Géographie, Université Gaston Berger de Saint-Louis du Sénégal, boubouldiouma@yahoo.fr

INDEXATIONS INTERNATIONALES DE LA REVUE DALOGEO

https://sjifactor.com/passport.php?id=25351

https://portal.issn.org/resource/ISSN/2707-5028

https://reseau-mirabel.info/revue/15266/DaloGeo