

Dynamique de l'érosion hydrique des sols agricoles dans le bassin versant du Bandama blanc Nord de la Côte d'Ivoire

[Dynamics of agricultural soils in the white Bandama watershed northern Côte d'Ivoire]

Dramane BAMBA¹, Kouassi T. Pascal ANGUI¹, Kouakou Hervé KOUASSI², Gneneyougo Emile SORO¹, and Jean-Philippe Attoungbré Deguy¹

¹Laboratoire Géosciences et Environnement, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

²Laboratoire Sciences et Technologies de l'Environnement, Université Jean Lorougnon GUEDE, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The white Bandama watershed in its upstream part is strongly anthropised. Its position in a semi-arid zone gives it a high vulnerability to water erosion. However, water erosion of soils is at the root of many environmental and socio-economic problems. It therefore appears necessary to evaluate soil losses due to water erosion. To do this, the Wischmeier and Smith equation, or Universal Soil Loss Equation: USLE, is therefore a tool of choice for the modeling of the erosive process. This model works with the multiplication of six erosion factors namely the erosivity of the rain, the erodibility of the soil, the inclination and the slope length, the vegetation cover and the anti-erosion practices, in a Geographical Information System. The results obtained are at the scale of the watershed and in spatial unit (pixel of the DTM). Thus, the value of the average losses in 1986 is 42.87 t / ha / year, this value drops to 25.98 t / ha / year in 2001 and stands at 36.53 t / ha / year in 2016. In addition, vegetation cover, erodibility and erosivity of rainfall are the factors that most modulate erosion in this basin.

KEYWORDS: Water erosion, Soil loss, Wischmeier and Smith's equation, Geographic Information System, Bandama white.

RESUME: Le bassin versant de Bandama blanc dans sa partie amont est fortement anthropisé. Sa position dans une zone semi-aride lui confère une grande vulnérabilité, vis-à-vis de l'érosion hydrique. Or, celle-ci est à l'origine de nombreux problèmes environnementaux et socio-économiques. Il apparaît donc nécessaire d'évaluer les pertes de sol dues à l'érosion hydrique. Pour se faire, l'équation universelle de perte de sol de Wischmeier et Smith, se présente donc comme un outil de choix pour la modélisation du processus érosif. Ce modèle USLE marche avec la multiplication de six facteurs d'érosion à savoir l'érosivité de la pluie, l'érodibilité du sol, l'inclinaison et la longueur de la pente, le couvert végétal et les pratiques antiérosives, dans un Système d'Information Géographique. Les résultats obtenus sont à l'échelle du bassin versant et en unité spatiale. Ainsi, la valeur des pertes moyennes en 1986 est 42,87 t/ha/an. Elle chute à 25,98 t/ha/an en 2001 et remonte à 36,53 t/ha/an en 2016. En outre, le couvert végétal, l'érodibilité et l'érosivité des pluies sont les facteurs qui modulent le plus l'érosion sur ce bassin.

MOTS-CLEFS: Erosion hydrique, perte de sol, équation de Wischmeier et Smith, Système d'information géographique, Bandama blanc.

1 INTRODUCTION

L'érosion hydrique est un phénomène naturel responsable de la dégradation des sols à travers le monde [1], [2]. Elle est capable d'entraîner une perte annuelle de terre estimée à 25 milliards de tonnes par an. Par ailleurs, ce phénomène est une des causes majeures de dégradation des sols qui se traduit par la perte de la surface du sol due à l'eau qui entraîne des

particules de sol pour les déposer plus loin. Elle est également à l'origine de l'envasement des barrages. L'érosion hydrique reste un problème environnemental majeur tant sur les zones érodées que sur celles de sédimentations. En effet, elle accélère le processus sédimentaire dans les bas-fonds et l'accumulation des charges solides dans les cours d'eau. Ainsi, cela va provoquer la réduction de la capacité de stockage des réservoirs d'eau et augmenter les risques d'inondation [3]. On note également la perturbation du cycle de l'eau et l'accumulation des polluants dans les réservoirs, entraînant l'eutrophisation, avec une menace sur la biodiversité. Au niveau des zones érodées, on relève la réduction de la fertilité des sols et la productivité agricole [4]. L'évolution des technologies spatiales et des moyens d'acquisition de l'information géographique à distance, ont augmenté les méthodes existantes et ont fourni des méthodes efficaces de mesure d'analyse et de gestion des ressources naturelles à des échelles allant de la parcelle au bassin versant. Le modèle numérique de terrain (MNT) ainsi que les données de télédétection et les SIG peuvent être utilisés avec succès pour permettre une évaluation rapide et détaillée des risques d'érosion [5], [6]. L'étude porte sur le bassin versant du Bandama blanc amont (Nord de la Côte d'Ivoire). Ce bassin est situé dans une zone semi-aride et abrite 71% des barrages agropastoraux du territoire ivoirien [7]. Tenant compte de sa très grande vulnérabilité à l'érosion hydrique et des activités socio-économiques qui s'y déroulent, il est nécessaire d'évaluer les pertes de sol sur ce bassin. Elle vise l'utilisation du modèle USLE, intégré à un environnement SIG pour estimer et analyser la dynamique des pertes de sol du bassin versant du Bandama blanc amont, afin de contribuer à la mise en place d'une politique de gestion durable des sols agricoles.

2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le bassin versant du Bandama Blanc amont est situé entre 9°22' et 10°26' N et entre 5°00' et 6°30' W. Il s'étend sur quatre régions, à savoir Bagoué, Hambol, Poro et le Tchologo. Il abrite Korhogo le chef-lieu de la région du Poro et Ferkessedougou, celle du Tchologo avec une superficie d'environ 10 184,35 Km². Le bassin est drainé par le fleuve Bandama blanc et ses affluents. Le cours d'eau principal est long de 222 km (Figure 1). La topographie du bassin du Bandama blanc est caractérisée par un ensemble de plateaux aplanis monotones et mollement ondulés, avec une succession de petites collines. L'altitude varie entre 200 et 650 m. Le bassin versant est caractérisé par deux saisons très opposées : une saison sèche très longue allant d'Octobre à Avril et une saison des pluies assez courte de Mai à Septembre. Le climat est soudanien avec une précipitation annuelle qui varie de 1000 à 1200 mm en moyenne. La pédologie du bassin, abrite des sols ferrugineux tropicaux et parfois cuirassés. Ce sont des sols dont les propriétés physiques sont médiocres (sols indurés peu profonds) présentant des contraintes à l'aménagement. La zone d'étude est savanicole, à savoir savanes herbeuses, arbustives ou arborées.

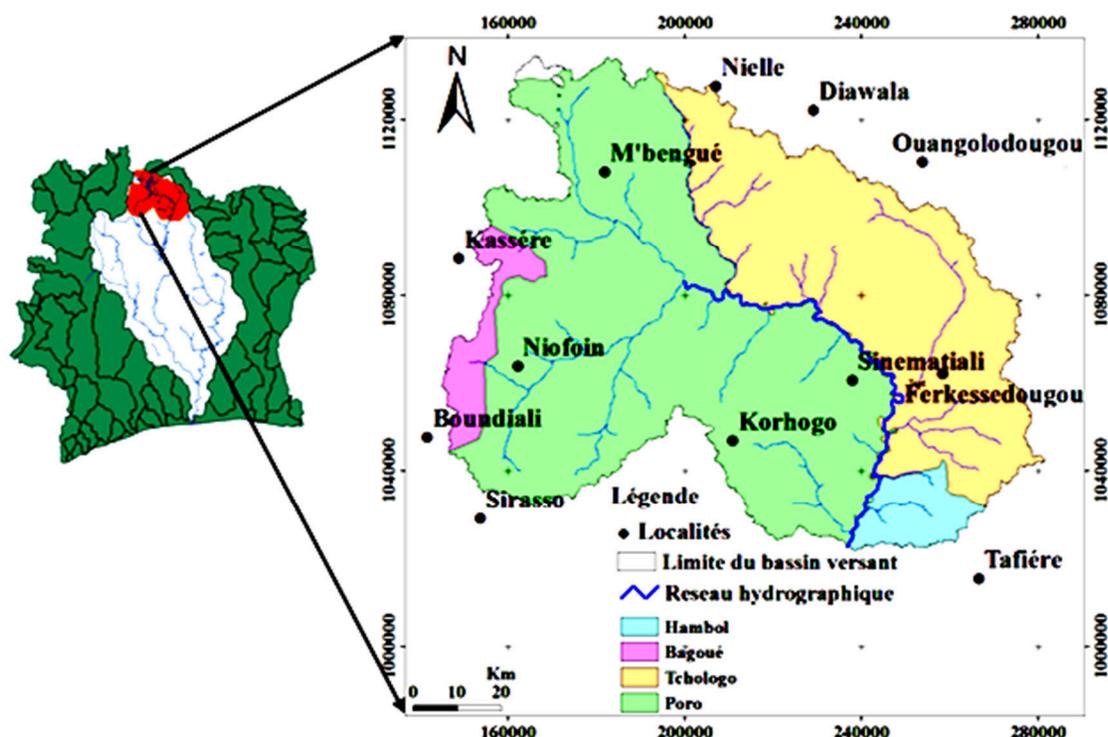


Fig. 1. Carte de situation de la zone d'étude

3 DONNEES ET METHODES

3.1 DONNEES

Les données utilisées pour mettre en œuvre la présente étude se composent d'images satellitaires, d'un modèle numérique de terrain, de données pédologiques et climatiques. Les images satellitaires utilisées sont composées d'images LANDSAT TM, ETM+ et OLI (Tableau 1). L'intervalle de temps entre ces images est de 15 ans et les bandes 4, 5 et 7 de résolution 30 m ont permis de discriminer les classes d'occupations du sol.

Tableau 1. Image Landsat utilisées

Satellites	Capteurs	Périodes	Scènes	Résolution (m)
Landsat4-5	TM	06 Novembre 1986	197-053	30
Landsat4-5	TM	06 Novembre 1986	197-054	30
Landsat 7	ETM+	21 Décembre 2001	197-053	30
Landsat 7	ETM+	21 Décembre 2001	197-054	30
Landsat8	OLI	20 Décembre 2016	197-053	30
Landsat8	OLI	20 Décembre 2016	197-054	30

Source : <http://earthexplorer.usgs.gov/>

Le modèle numérique de Terrain (MNT) utilisé à une résolution de 30 m et est disponible gratuitement sur le site suivant : <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Il a permis d'effectuer les études morphologiques.

La carte pédologique numérique du monde DSMW (Digital Soil maps of World) est utilisée pour étudier la texture et la structure des sols, afin de déterminer l'érodibilité des sols de la zone d'étude. Elle est à l'échelle 1/500000 source [8].

Les données climatiques sont essentiellement constituées de données pluviométriques de 1972 à 2016. Elles proviennent des bases historiques de la SODEXAM (Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique). Elles sont issues de 12 stations pluviométriques situées dans le secteur d'étude et dans ses environs.

3.2 METHODES

Pour estimer l'érosion des sols et élaborer des plans de gestion de l'érosion des sols, de nombreux modèles d'érosion ont été développés. Le modèle le plus utilisé dans le monde pour prédire la perte de sol est l'équation universelle de perte en sol USLE, en raison de sa commodité d'intégration dans les systèmes d'information géographique (SIG). Bien qu'il s'agisse d'un modèle empirique, il prédit non seulement les taux d'érosion des bassins en connaissant les caractéristiques des bassins versants et les conditions hydroclimatiques locales, mais il présente aussi l'hétérogénéité spatiale de l'érosion des sols [9]. L'équation universelle de perte de sol développée par [10] a été utilisée pour estimer la perte annuelle de sol par l'érosion en nappe.

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \text{ (Eq.1)}$$

Où :

A: Perte annuelle de sol ($t \cdot ha^{-1} \cdot an^{-1}$);

R : facteur d'érosivité des pluies ($MJ \cdot mm \cdot ha^{-1} \cdot h^{-1} \cdot an^{-1}$);

K : facteur d'érodibilité du sol ($t \cdot ha \cdot h \cdot ha^{-1} \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$);

L : longueur de la pente (m) ;

S : inclinaison de la pente (%);

C : facteur sans dimension de la couverture végétale et des pratiques culturales ;

P : facteur sans dimension de contrôle de l'érosion et des pratiques de conservation du sol.

FACTEUR D'ÉROSIVITÉ DE PLUIE, R

L'érosivité de la pluie a été calculée à l'aide de l'équation (2) de [11].

$$R = PAM * 0,5 \quad (Eq.2)$$

R : Erosivité en (MJ mm/ha.h.an) ; PAM: Précipitation Annuelles Moyenne en (mm).

Le calcul de R a été fait pour chaque station, puis on a interpolé les résultats, selon la méthode déterministe de la Pondération par l'Inverse de la Distance (IDW), avec le logiciel Arcgis 10.2.2.

FACTEUR D'ÉRODIBILITÉ DU SOL, K

L'érodibilité des sols est déterminée à l'aide de l'équation (3) de [12] grâce à la carte numérique mondiale du sol DSMW (Digital Soil Map of the World).

$$K_{USLE} = f_{csand} * f_{cl-si} * f_{orgC} * f_{hisand} \quad (Eq.3)$$

- f_{csand} : pourcentage de sable grossier pour les sols faiblement sableux ;
- f_{cl-si} : fraction d'argile et de limon pour les sols avec un taux élevés d'argile ;
- f_{orgC} : fraction de carbone organique ;
- f_{hisand} : fraction de sable pour les sols à forte teneur en sable.

Les différentes fractions de l'équation (3) ont été calculées à l'aide des équations (4, 5, 6 et 7), et des données sur le bassin versant du Bandama blanc [8] (Tableau 2).

Tableau 2. Pourcentage des fractions de sable, limon, argile et carbone organique du bassin versant de Bandama blanc amont [8]

Types de sols	Sable (%)	Limon (%)	Argile (%)	Org (C%)
Plinthis Acrisols	80	12	7,8	0,69
Ferric Acrisols	81,1	8,7	10,2	1,74
Ferric Luviosols	82,2	7,3	10,5	0,37
Plinthic Luviosols	74,8	11	14,2	0,55

$$f_{csand} = (0.2 + 0.3 * (-0.256 * m_s (1 - \frac{m_{silt}}{100})) \quad (Eq.4)$$

$$f_{cl-si} = \left(\frac{m_{silt}}{m_c + m_{silt}} \right) \quad (Eq.5)$$

$$f_{orgC} = \left(1 - \frac{0.25 * OrgC}{orgC + \exp(3.72 - 2.95 * orgC)} \right) \quad (Eq.6)$$

$$f_{hisand} = \left(1 - \frac{0.7(1 - \frac{m_s}{100})}{(1 - \frac{m_s}{100}) + \exp(-5.51 + 22.9(1 - \frac{m_s}{100}))} \right) \quad (Eq.7)$$

Où :

- m_s : la teneur en fraction de sable (0.05-2 mm de diamètre) % ;
- m_{silt} : la teneur en fraction de limon (0.002-0.05 mm de diamètre) % ;
- $orgC$: la teneur en carbone organique %.

FACTEUR TOPOGRAPHIQUE, LS

Le facteur topographique (LS) a été calculé à l'échelle du bassin de Bandama blanc amont à l'aide de l'équation de [13] et de [14] (équation 8).

$$LS = \frac{S_j * (\lambda_j^{m+1} - \lambda_{j-1}^{m+1})}{(\lambda_j - \lambda_{j-1}) * (22.13)^m} \text{ (Eq. 8)}$$

Où les paramètres λ et m représentent respectivement la carte des pentes en degré et la carte d'accumulation de flux du bassin de Bandama blanc amont.

FACTEUR DU COUVERT VEGETAL, C

Les données de télédétection ont permis de caractériser l'occupation du sol. Ce qui a permis la détermination du facteur de couverture végétale (C) de l'équation universelle des pertes de sol. Les images satellitaires TM 1986, ETM 2001 et OLI 2016 sont enregistrées à intervalle de 15 ans afin de bien apprécier les évolutions des unités paysagères. La détermination de ce facteur C a été faite à partir de la cartographie de l'occupation du sol en attribuant à chaque classe d'occupation de sol des valeurs du facteur C (tableau 3).

Tableau 3. Valeurs de C pour différentes cultures et pratiques ([10], [15])

Occupations du sol	Valeurs de C
Forêt galerie	0.001
Forêt claire	0.7
Savane arborée	0.3
Cultures	0.6
Plantation de mangue/anacarde	0.25
Cultures irriguées	0.15
Plantation de canne à sucre	0.27
Jachère	0.017
Bâtisse	0.2
Sol nu	1
Eau	0

FACTEUR PRATIQUE ANTI EROSIVE P

La détermination du facteur pratique anti érosion P se fait selon la même méthode que le facteur C. Elle consiste à affecter des valeurs du facteur P à chaque occupation du sol. Les valeurs de P utilisées sont dans le (tableau 4). Ces valeurs dans le cadre de notre étude, varient entre 0,5 et 1. Les valeurs proches de 1 correspondent aux zones dénudées et naturelles et elles proches de 0,5 représentent les zones de cultures qui protègent moins les sols contre l'érosion.

Tableau 4. Valeurs de P pour différentes cultures et pratiques [10]

Occupations du sol	Valeurs de P
Forêt galerie	1
Forêt claire	1
Savane arborée	0,8
Cultures	0,5
Plantation de mangue/anacarde	0,8
Cultures irriguées	0,5
Plantation de canne à sucre	0,8
Jachère	1
Bâtisse	1
Sol nu	1
Eau	1

DETERMINATION DES PERTES DE SOL A

L'application de l'équation universelle des pertes de sol (USLE) dans le SIG, permet la spatialisation et l'évaluation de l'érosion hydrique du bassin versant. Elle passe par l'évaluation des différents facteurs de l'équation. L'érosivité R obtenue à partir des données pluviométriques, l'érodibilité K obtenue grâce à la carte numérique des sols du monde DSMW, [8], le facteur topographique à partir du modèle numérique de terrain MNT, le facteur antiérosive P à partir des images Landsat et de l'occupation du sol enfin le facteur couvert végétal C obtenu à partir des images Landsat et d'occupation du sol. La multiplication de ces six facteurs évalués dans un environnement SIG permet d'obtenir la perte de sol à l'échelle du bassin versant et en unité spatiale (pixel du MNT).

4 RESULTATS ET DISCUSSION

4.1 EROSIVITE DES PLUIES, R

L'érosivité des pluies du bassin versant du Bandama blanc amont a varié sur la période 1972-1986 de 544 à 838 MJ.mm/ha/h/an, entre 1987-2001 de 476,61 à 881,77 MJ.mm/ha/h/an et entre 2002-2016 de 491,02 à 755,96 MJ.mm/ha/h/an. Les valeurs moyennes de l'érosivité R sur ces trois périodes sont respectivement de 682,3 ; 627,96 et 566,22 MJ.mm/ha/h/an. Elles sont donc décroissantes (Figure 2).

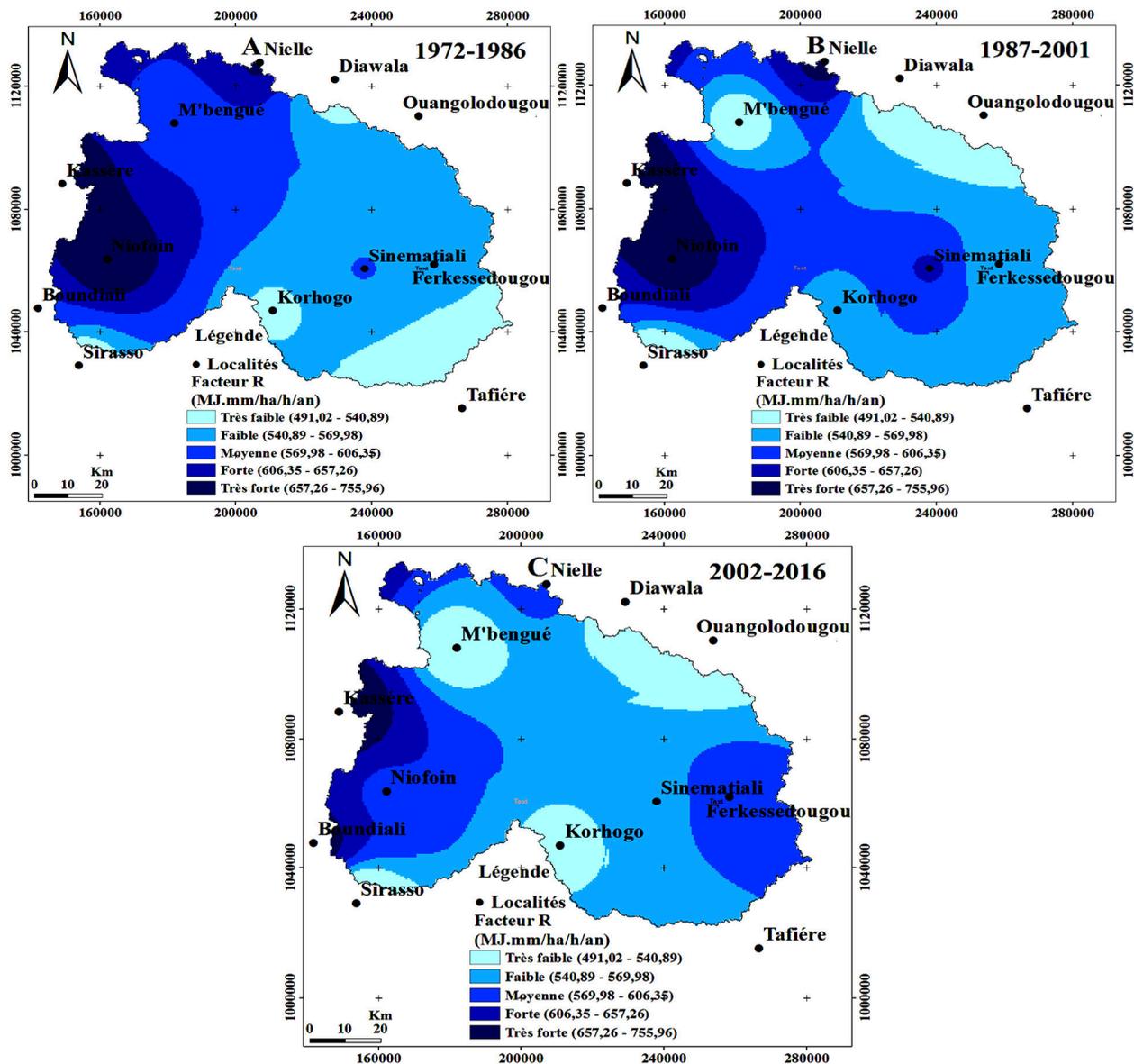


Fig. 2. Erosivité des précipitations: (A) 1972-1986; (B) 1987-2001 et (C) 2002-2016

4.2 ERODIBILITE DES SOLS

Les sols du bassin versant du Bandama blanc amont ont une érodibilité qui varie entre 0,13 et 0,2 t.ha.h/ha.MJ.mm. La valeur du K majoritairement est 0,2 t.ha.h/ha.MJ.mm. Elle correspond au sol Plinthis Acrisols et couvre 47,25% suivi du sol Ferric Acrisols dont le K est 0,16 t.ha.h/ha.MJ.mm, elle couvre 26,82% de la zone d'étude. Ainsi 74,07% des sols de ce bassin versant ont des valeurs $K \geq 0,16$ t.ha.h/ha.MJ.mm alors que les 25,93% restant ont des valeurs $K < 0,15$ t.ha.h/ha.MJ.mm. Elle correspond respectivement aux sols Plinthic Luvisols et Ferric Luvisols dont l'érodibilité sont 0,14 et 0,13 (Figure 3).

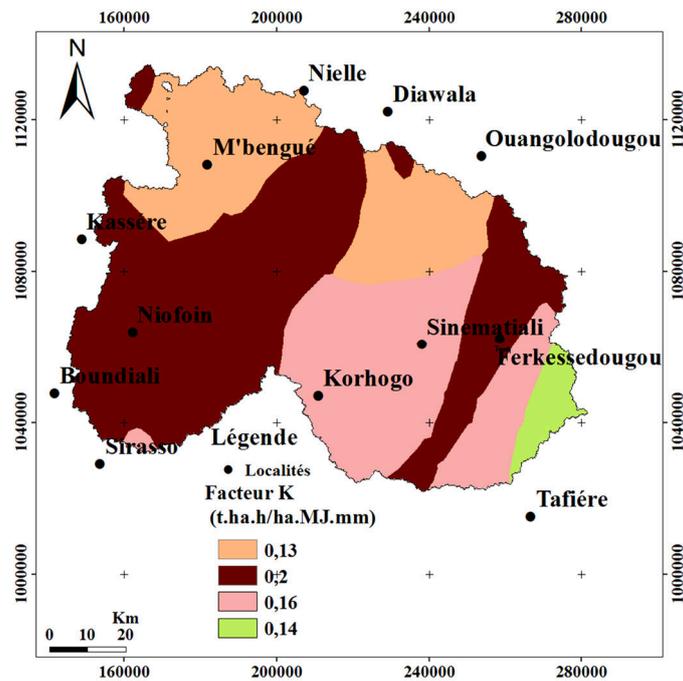


Fig. 3. Répartition de l'érodibilité des sols dans le bassin versant

4.3 FACTEUR TOPOGRAPHIQUE (LS)

La topographie du bassin versant du Bandama blanc amont est relativement plane. Ce qui implique naturellement une répartition des valeurs de LS entre 0,02 et 63,37 avec plus de 98,39% de la surface d'étude ayant le facteur topographique LS compris entre 0,02 et 3,25 (Figure 4). Ces valeurs montrent que le facteur LS influence peu le processus érosif du bassin versant du Bandama Blanc amont.

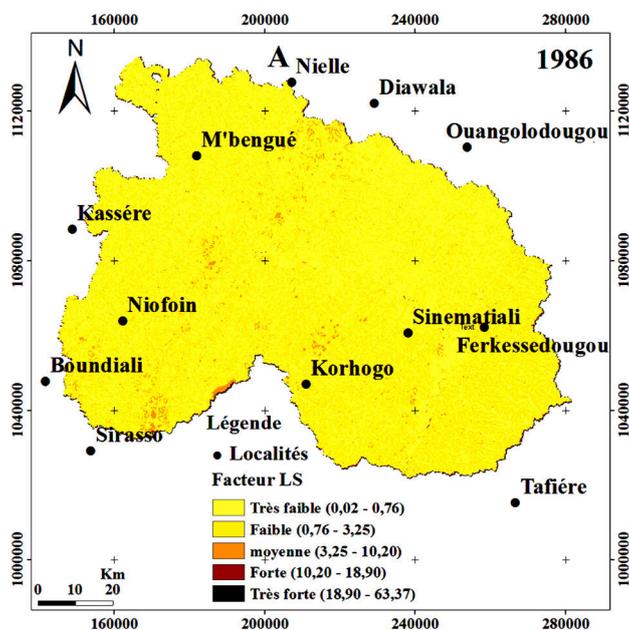


Fig. 4. Carte du facteur topographique LS

4.4 FACTEUR C

La figure 5 montre la répartition du facteur C, qui varie entre 0 et 1. Ainsi, les facteurs C moyen du bassin versant du Bandama blanc amont obtenus en 1986, 2001 et 2016 sont respectivement 0,49 ; 0,39 et 0,55. On observe une régression du facteur C qui passe de 0,49 en 1986 à 0,39 en 2001. L'année 2016 en revanche, a été marquée par une forte remontée à 0,55.

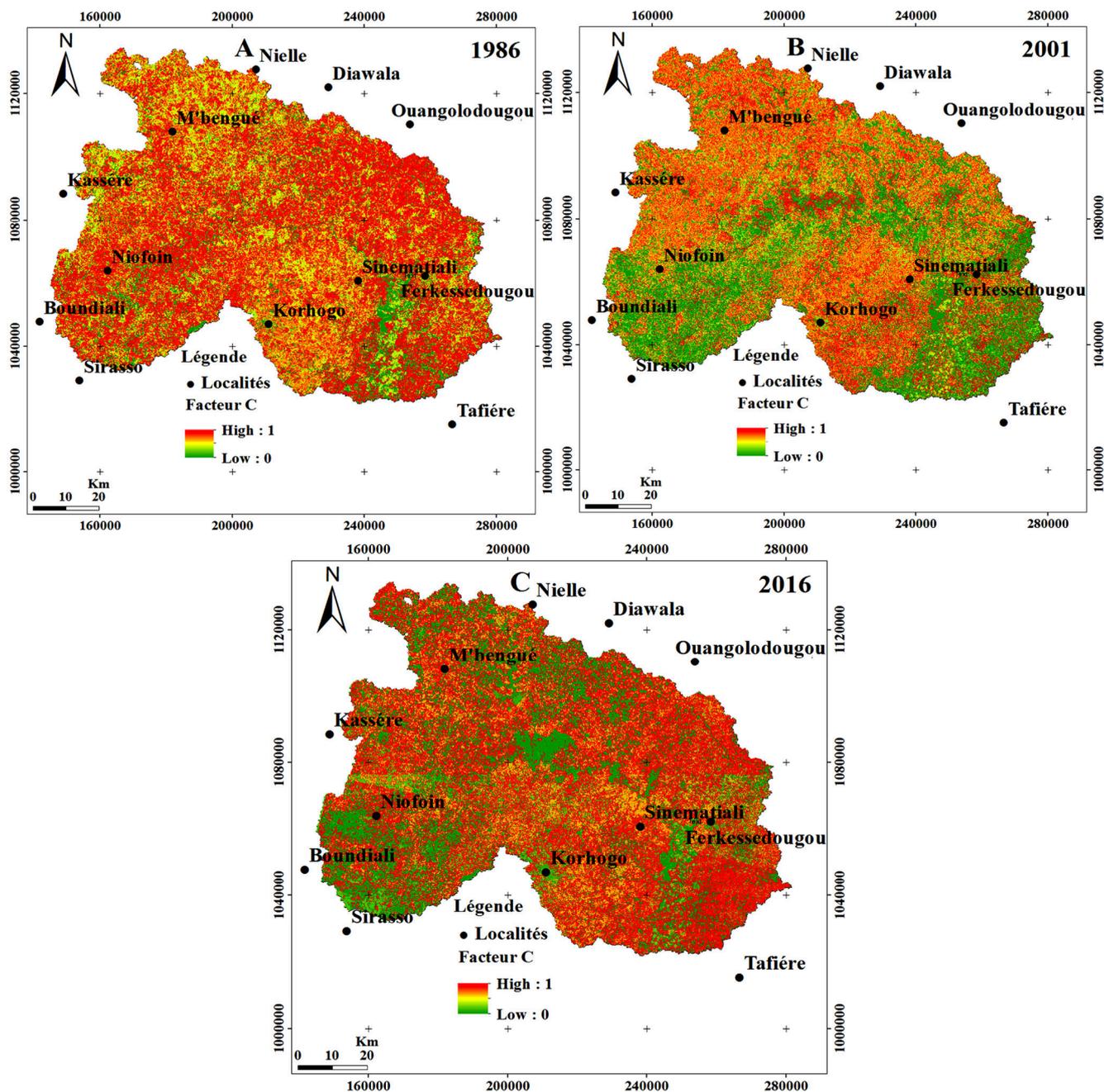


Fig. 5. Facteur C de 1986 (A) ; de 2001 (B) et de 2016 (C)

4.5 FACTEUR PRATIQUE ANTI EROSIVE P

La figure 6 présente la répartition du facteur P qui varie entre 0,5 et 1. Ainsi, les facteurs P moyens du bassin versant du Bandama blanc amont obtenus respectivement en 1986 ; 2001 et 2016 sont 0,87 ; 0,80 et 0,79. Le facteur P a subi une baisse

progressive qui passe de 0,87 en 1986 à 0,79 en 2016. Enfin, l'analyse des valeurs moyennes des pratiques anti-érosives permet de dire que la zone d'étude abrite peu de pratiques anti-érosives.

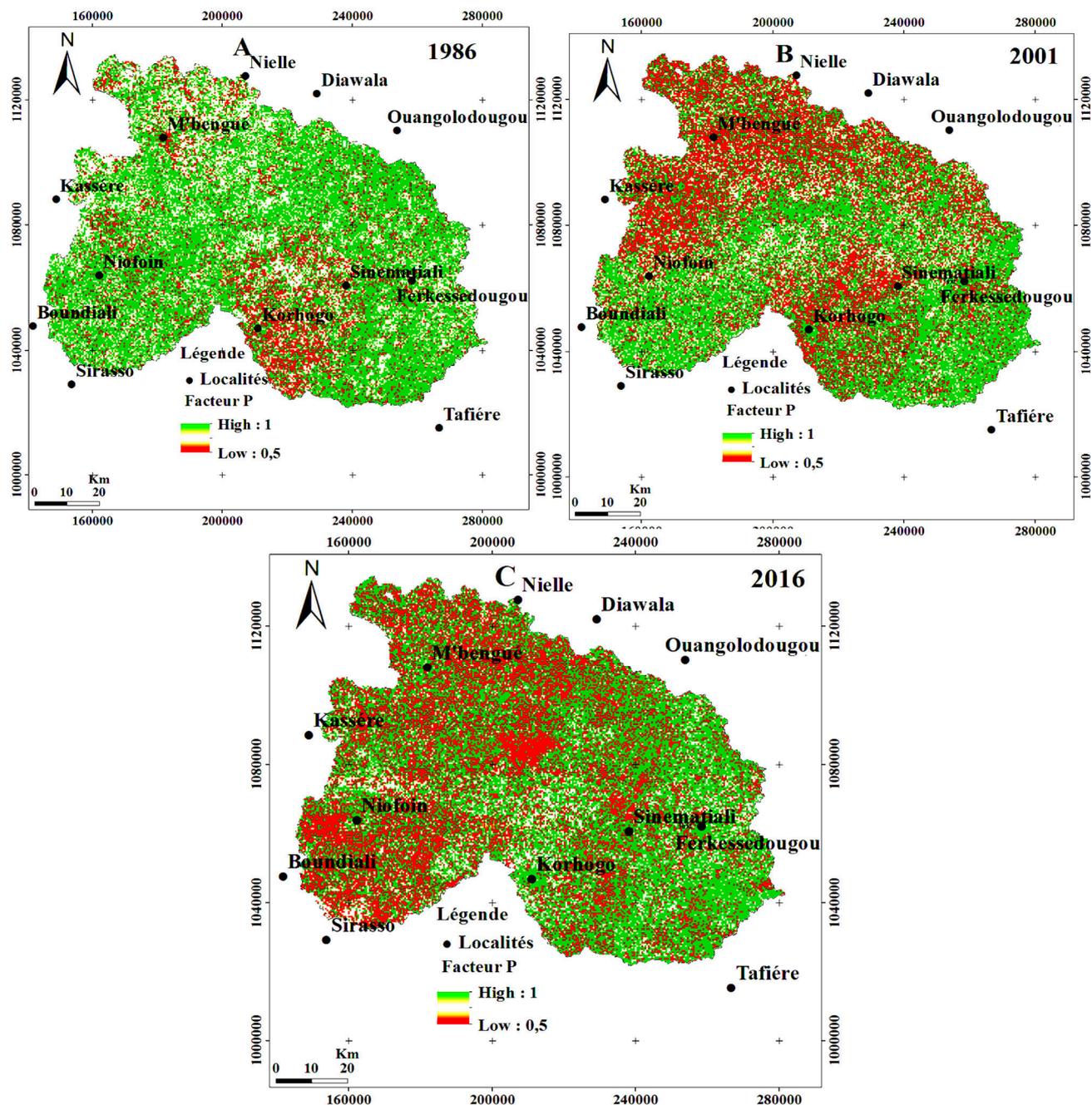


Fig. 6. Facteur P de 1986 (A) ; de 2001 (B) et de 2016 (C)

4.6 ESTIMATION DE LA DYNAMIQUE DES PERTES DE SOL (A)

La multiplication des différents facteurs de l'USLE dans le SIG permet d'obtenir les pertes de sol en t/ha/an par unité spatiale en tout point du bassin versant de Bandama blanc amont. La figure 7 présente les résultats des pertes de sol du Bandama blanc de 1986 à 2016. Les pertes ont varié entre 0 et 3052,16 t/ha/an sur les trois années. La classe des pertes de sols moyenne obtenue, occupe respectivement 31,8; 30,17 et 27,03 % en 1986 ; 2001 et 2016. Cette classe est en régression sur les trois années et représente respectivement 32386,07 ha ; 307261,6 ha et 275282,76 ha. Elle se localise autour des réseaux hydrographiques et des zones avec une bonne couverture végétale. En ce qui concerne la classe des fortes pertes de sols, elle occupe de faible proportion sur le bassin versant et est répartie sur tout le bassin versant sur les trois périodes, avec une

proportion qui subit une augmentation de 12,81% en 1986 à 21,9% en 2001. Toutefois, cette proportion chute à 17,66 % en 2016, soit de 130461,42 ha en 1986 ; 223037,09 ha en 2001 et 179855,47 ha en 2016. Les régions du bassin concernées par la classe des très fortes pertes de sol sont les pentes raides, ainsi que les zones dont le couvert végétal sont fortement dégradés. Sa proportion régresse à 55,38% en 1986 à 47,91% en 2001. Cependant, cette proportion remonte à 55,30 % en 2016. Sa surface qui était de 56008,86 ha en 1986 passe à 487931,82 ha en 2001 et augmente à 563194,1 ha 2016. Les pertes de sol moyennes sur tout le bassin versant qui étaient de 42,87 t/ha/an en 1986 chute à 25,98 t/ha/an en 2001. Néanmoins, cette moyenne remonte à 36,53 t/ha/an.

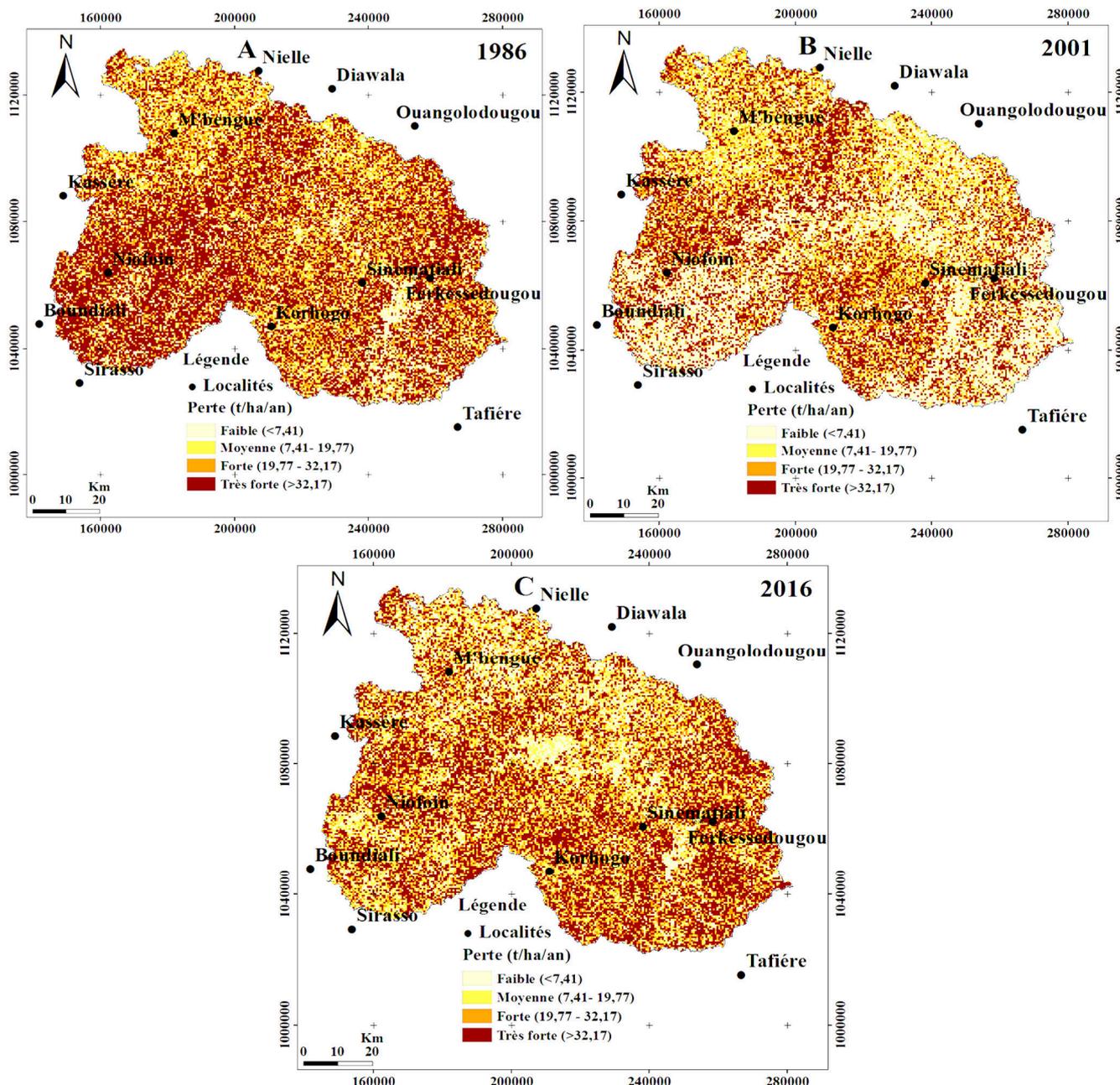


Fig. 7. Dynamique des pertes de sol de 1986 (A) ; 2001 (B) et 2016 (C)

5 DISCUSSION

L'application de l'équation universelle de perte de sol (USLE) sur le bassin versant du Bandama blanc à différente période a permis de dégager la tendance générale de la dynamique de perte de sol. Cette tendance révèle une forte quantité de perte de sol en 1986 qui subit une baisse en 2001 suivie d'une hausse en 2016. Ces tendances s'expliquent par les facteurs dont dépendent l'érosion hydrique, à savoir l'érosivité, l'érodibilité, la topographie et le couvert végétal. En effet, les pentes étant faibles sur le bassin versant, à l'exception de la zone de Korhogo, les pertes de sol dépendent de : l'érosivité R, l'érodibilité K et le couvert végétal C. L'érosivité, moyenne sur les trois périodes (1972-1986 ; 1987-2001 ; 2002-2016) a enregistré une baisse alors que l'érosion a augmenté sur la dernière période. Cette faible valeur de l'érosivité est due à la baisse de la pluviométrie à cause du changement climatique. Cette affirmation est corroborée par [16]. Par ailleurs, selon, [17], les effets sont plus marqués dans les zones arides et semi arides. Bien que, la pluviométrie accélère le phénomène érosif, la rareté des pluies est un frein au développement du couvert végétal. La réduction, voire l'absence de couvert végétal rend les sols vulnérables à l'érosion hydrique à la moindre précipitation, surtout lorsqu'elles sont extrêmes. Cette dernière partie peut expliquer la hausse de l'érosion en 2016 malgré la diminution de la pluviométrie. En effet, les tendances du facteur C présentent une augmentation significative en 2016. Cette augmentation est liée à la dégradation du couvert végétal. Ces résultats de dégradation du couvert végétal sont corroborés par les travaux de [7] et [18] sur le même bassin versant. En plus, de l'intensité de la pluie et de la dégradation du couvert végétal qui modulent les pertes de sol, il s'ajoute la structure et la texture des sols qui indiquent la susceptibilité d'un sol à l'érosion hydrique. En effet, plus de 74% de la zone d'étude ont une érodibilité K qui varient entre 0,16 à 0,2. Cette affirmation est soutenue par [19] car selon eux, les sols à texture dominante sableuse ont des valeurs de K moyenne comprise entre 0,15 à 0,2 et résistent moins à l'érosion hydrique. Ces résultats montrent que la perte de sol moyenne sur les trois périodes est supérieure à la limite tolérable de la classification adoptée par [20] et [21] qui est de 20 t/ha/an.

6 CONCLUSION

Cette étude met en relief la véracité de l'érosion hydrique sur le bassin versant du Bandama blanc amont. Ainsi, les valeurs moyennes de l'érosion obtenues sont supérieures au seuil de tolérance des pertes de sol (20 t/ha/an). Il est donc nécessaire de développer des méthodes de culture, prenant en compte les pratiques antiérosives efficaces. Les facteurs incriminés dans ce processus érosif sont la dégradation du couvert végétal, l'érosivité, l'érodibilité des sols et les pratiques antiérosives. Ils indiquent également que les pertes de sols sont plus élevées sur le sol Plinthic Acrisols et Ferric Acrisols qui représentent à eux seuls plus de 74% de la superficie du bassin.

La présente étude a démontré que les techniques SIG et télédétection permettent la détermination de la distribution spatiale des paramètres USLE à grande échelle. Il s'agit également d'un outil simple et peu coûteux pour modéliser l'érosion des sols, dans le but d'évaluer le potentiel et le risque d'érosion pour une zone inaccessible où les mesures sur terrain sont rares voire inexistantes.

RÉFÉRENCES

- [1] M. Kacem, M. Habi, B. Morsli, B. Estimation de l'érosion hydrique par l'application de l'équation Universelle de pertes en sol (USLE). Cas du bassin versant non jaugé de l'oued Rhiou, (Bassin de Cheliff) Algérie <http://www.geoecotrop.be>, pp. 503-518, 2017.
- [2] A. Y.N'Go, Z. A. Kouadio, A. J. P. Deguy, S. A. Hien, B. T. A. Goula, I. Savané, Influence de la dynamique d l'occupation du sol sur la quantité de perte de sol au sud du bassin versant du Sassandra (Côte d'Ivoire). *International Journal of Advanced Research*, no. 6, pp. 830-838, 2018.
- [3] T. J. H. Coulibaly, N. Coulibaly, D. Koffi, M. Camara et I. Savané, Cartographie des zones à l'origine de l'ensablement des canaux du bassin versant du Gourou (Abidjan-Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, no. 6, pp. 2014.
- [4] J. M'seffar, L'érosion des sols agricoles en Estrie, causes et conséquences. Essai présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement en vue de l'obtention du grade de maître en environnement .M.Env, 163p, 2009.
- [5] S. K. Jain, S. Kumar, et J. Varghese, Estimation of soil erosion for a Himalayan watershed using GIS technique. *Water Resources Management* no.15, pp. 41-54, 2001.
- [6] M. Kouli, P. Soupios, et F.Vallianatos, Soil erosion prediction using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in a GIS framework, Chania, Northwestern Crete, Greece. *Environmental Geology* no. 57, pp. 483-497, 2009.
- [7] D. T. Soro, D. B. Kouakou, A.E. Kouassi, G. Soro, M. A. Kouassi, K. E. Kouadio, S. O. Yéi, N. Soro, Hydroclimatologie et dynamique de l'occupation du sol du bassin versant du Haut Bandama à Tortiya (Nord de la Côte d'ivoire), 2013. Vol. 13, no.3, <http://journals.openedition.org/vertigo> (2013).

- [8] FAO-Unesco, Carte mondiale des sols 1976 : VI Afrique, 337p, 1976.
- [9] A. Zouagui A, M. Benmansou, N. Amenzou, A. Nouira, M. Sabir, H. Benjellon, H. Marah, A. Benkdad, Application de la technique de ^{137}Cs à l'estimation de l'érosion hydrique dans le bassin versant de Moulay Bouchta, Rif occidental, Maroc. Revue Marocaine des Sciences Agronomique et vétérinaires, no.1, pp. 53-58, 2012.
- [10] W. H. Wischmeier, D. D. Smith, Predicting Rainfall Erosion Losses A Guide to conservation planning. Agricultural Handbook, USDA, Washington, 537p, 1978.
- [11] E. Roose, R. P. C. Morgan, et D. A. Davidson, Conservation des sols en zones méditerranéennes synthèse et proposition d'une nouvelle stratégie de lutte antiérosive. CahOrstom, sér. Pédol, no.XXVI, (2), pp. 145-181, 1991.
- [12] J. M. MASSON, L'érosion des sols par l'eau en climat méditerranéen. Thèse de l'université des Sciences et Techniques de Montpellier, 213 p, 1971.
- [13] Desmet et Govers, A GIS Procedure for Automatically Calculating the USLE LS Factor on Topographically Complex Landscape Units, Journal of Soil and Water Conservation, no. 51, (5), pp. 427-433, 1996.
- [14] D. K. McCool, G. R. Foster, C. K. Mutchler, L. D. Meyer, Revised slope length factor for the Universal Soil Loss Equation, Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, no. 32, pp. 571-1576, 1989.
- [15] E. E. Payet, P. Dumas, et G. Pennober, Modélisation de l'érosion hydrique des sols sur un bassin versant du sud-ouest de Madagascar, le Fiherenana. Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement, 11p, 2012.
- [16] B. T. A. Goula, I. Savané, B. Konan, V. Fadika, B. G. Kouadio, Impact de la variabilité climatique sur les ressources hydriques des bassins de N'zo et N'zi en Côte d'Ivoire (Afrique tropicale humide). Vertigo, no.71, pp.1-12, 2006.
- [17] A. Cheggour, Mesures de l'érosion hydrique à différentes échelles spatiales dans un bassin versant montagneux semi-aride et spatialisation par des S.I.G. Application au bassin versant de la Rhéraya, Haut Atlas, Maroc. Thèse de Doctorat, l'Université Cadi Ayyad Faculté des Sciences Semlalla Marrakech, (Abidjan) Côte d'Ivoire, 203p, 2008.
- [18] L. Coulibaly, H. K. Kouakou, E. G. SORO, I. Savane, Analyse du processus de savanisation du nord de la Côte d'Ivoire par télédétection: cas du département de Ferkessédougou International Journal of Innovation and Applied Studies, vol. 17, no. 1, pp. 136-143, 2016.
- [19] G. R. Foster, T. E. Toy, et K. G. Renard. Comparison of the USLE, RUSLE1.06 and RUSLE2 for application to highly disturbed lands. In First Interagency Conference on Research in Watersheds, de K. G. Renard, S. A. Mc Ilroy, W. J. Gburek, H. E. Cranfield et R. L. Scott. US Département of Agriculture, 2003.
- [20] A. Sadiki. S. Bouhlassa, J. Auajjar, A. Faleh, J. J. Macaire, Utilisation d'un SIG pour l'évaluation et la cartographie des risques d'érosion par l'Equation universelle des pertes en sol dans le Rif oriental (Maroc) : cas du bassin versant de l'oued Boussouab. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Terre, 2004, no. 26, pp. 69-79, 2004.
- [21] M. Hasbaia, A. Hedjazi, L. Benayada, Variabilité de l'érosion hydrique dans le bassin du Hodna: cas du sous-bassin versant de l'oued Elham. Rev. Mar. Sci. Agron. Vét. No. 1, pp. 28-32, 2012.