



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE

UFR ENVIRONNEMENT

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et

De la Recherche Scientifique

ANNEE ACADEMIQUE :
2019-2020

N° D'ORDRE : 0377 / 2021

N° CARTE D'ETUDIANT :
CI0414003481

LABORATOIRE DES
SCIENCES ET
TECHNOLOGIES DE
L'ENVIRONNEMENT

MASTER

Génie de l'Eau et de l'Environnement

THEME :

**Impact de l'érosion hydrique des sols sur les hydro
systèmes : cas du barrage hydroagricole de Gnah
(Centre-Nord, Côte d'Ivoire)**

Présenté par :

DOSSO Yaya Massatié

JURY

**Présidente : Mme. TRAORE Karidia, Professeur Titulaire,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

**Directeur : M. KOUASSI Kouakou Lazare, Professeur Titulaire,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

**Encadreur : M. KOUASSI Kouakou Hervé, Maître-Assistant,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

**Examineur : M. ADJIRI Oi Adjiri, Maître de Conférences,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

Soutenu publiquement
Le : 02 / 03 / 2021



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE

UFR ENVIRONNEMENT

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et

De la Recherche Scientifique

ANNEE ACADEMIQUE :
2019-2020

N° D'ORDRE : 0377 / 2021

N° CARTE D'ETUDIANT :
CI0414003481

LABORATOIRE DES
SCIENCES ET
TECHNOLOGIES DE
L'ENVIRONNEMENT

MASTER

Génie de l'Eau et de l'Environnement

THEME :

**Impact de l'érosion hydrique des sols sur les hydro
systèmes : cas du barrage hydroagricole de Gnah
(Centre-Nord, Côte d'Ivoire)**

Présenté par :

DOSSO Yaya Massatié

JURY

**Présidente : Mme. TRAORE Karidia, Professeur Titulaire,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

**Directeur : M. KOUASSI Kouakou Lazare, Professeur Titulaire,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

**Encadreur : M. KOUASSI Kouakou Hervé, Maître-Assistant,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

**Examineur : M. ADJIRI Oi Adjiri, Maître de Conférences,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

Soutenu publiquement
Le : 02 / 03 /2021

DEDICACE

A mon père DOSSO Vazoumana

Et

A ma mère SATOU Diomandé

Ce travail est le fruit de votre affection,
de votre solidarité

Et de tous les sacrifices que vous avez
consentis

Pour moi depuis les études primaires
jusqu'à ce jour.

AVANT-PROPOS

Devenue université en 2012 par décret N° 2012-986 du 10 octobre 2012 portant création, attributions, organisation et fonctionnement de l'université de Daloa dénommée Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG), n'a cessé de faire preuve de créativité. En effet, l'Unité de Formation et de Recherche en Environnement (UFR Environnement) de ladite Université, forme des étudiants entrepreneurs spécialisés dans les domaines de l'eau, de l'assainissement, de l'environnement, de l'énergie, du génie civil et des mines et carrières, j'en passe. La filière Génie de l'Eau et de l'Environnement (GEE), est l'une des filières labellisées centre d'excellence de l'UFR Environnement pour la qualité de ses prestations et sa contribution au développement et au rayonnement de l'espace communautaire national voire mondial.

La formation en Master Génie de l'Eau et de l'Environnement, qui nous est dispensée, est basée sur des enseignements en sciences de l'ingénieur, sciences managériales et entrepreneuriales. Elle s'articule entre cours magistraux, travaux dirigés, travaux pratiques, conférences et sorties ou visites de terrain. Des projets techniques basés sur la résolution de problématiques réelles permettent aux étudiants d'apprendre à se mettre en situation professionnelle. Un stage obligatoire de validation en entreprise ou autre institution conduit l'étudiant à une immersion dans un univers professionnel avec ses contraintes et réalités.

Le stage, d'une durée minimum de trois mois a pour objectif de permettre à l'étudiant de Master de découvrir le monde du travail et de l'entreprise, de trouver ou consolider son projet, d'orientation et de mettre en pratiques les connaissances théoriques acquises. En effet, il vise à apporter les compétences requises pour réaliser et gérer un projet de grande dimension. Il consiste à mobiliser toutes les connaissances et les savoirs faire acquis durant le cycle de formation pour résoudre un problème pratique et apporter une réponse à une situation donnée. Le stage constitue une composante essentielle du cursus de formation et fait l'objet de la remise d'un rapport sous forme de mémoire scientifique. C'est dans cette démarche qu'étudiant en Master Génie de l'Eau et de l'Environnement à UJLoG, a effectué du 06 Octobre 2020 au 20 Février 2021, un stage dans le laboratoire de Science et Technique de l'Eau (STE) au sein de ladite université.

Le thème du présent stage est intitulé : « L'impact de l'érosion hydrique des sols sur les hydro-systèmes cas du barrage de Gnah».

REMERCIEMENT

Au terme de ce travail, nous voudrions remercier tous ceux qui, à travers un appui scientifique ou un soutien moral, financier et affectif, ont contribué à la réalisation de ce mémoire. Nous rendons grâce à Dieu le Tout Puissant, sans qui rien n'est possible.

Nous tenons à remercier la première responsable de l'Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG), en occurrence, le Professeur TIDOU Abiba Sanogo Epse KONE pour son dévouement dans la formation des étudiants.

Nous exprimons une fois de plus notre gratitude au Professeur KOUASSI Kouakou Lazare, Directeur de l'UFR Environnement, également Directeur scientifique de ce mémoire pour sa bienveillance et son implication dans l'aboutissement de ce travail. Merci Professeur pour votre confiance.

Nous remercions Docteur DIBI Brou, Maître de conférences, Directeur du Laboratoire Sciences et Technologies de l'Environnement pour avoir permis la réalisation de ce travail au sein du laboratoire qu'il dirige.

Nous exprimons notre respectueuse gratitude à M. KOUASSI Kouakou Hervé, encadreur scientifique de ce mémoire. Ses précieux conseils, sa rigueur, ses critiques et ses encouragements ont permis le bon déroulement et l'aboutissement de ce travail. Merci infiniment pour votre inestimable soutien scientifique et moral.

Nous remercions les membres du jury pour le soutien et l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail Professeur TRAORE Karidia, Présidente du jury et Docteur ADJIRI Oi Adjiri, examinateur.

Nous remercions également nos aînés du Laboratoire des Sciences et Technologie de l'Environnement (LSTE) pour leur disponibilité et leur aide inestimable, plus particulièrement M. KOFFI Bérenger, M. TOURE Fanraban Fabrice, M. OUEDE Gla Blaise.

Nous ne pouvons oublier M. AFFESSI Affessi Christian Serge Désiré pour son soutien inestimable et sa participation à ce travail à travers des conseils et des directives qui m'ont permis d'obtenir des résultats satisfaisants.

Nous ne saurons faire une liste exhaustive de toutes les personnes qui ont contribué à la bonne réalisation de ce document. Ainsi, que les personnes dont leurs noms ne figurent pas ci-haut sachent qu'elles ont toute notre gratitude et notre reconnaissance à l'égard de leurs contributions.

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	i
LISTE DES ABRIEVIATIONS, ACRONYMES ET SIGLE	iii
LISTE DES TABLEAUX	iv
LISTE DES FIGURES	iv
INTRODUCTION.....	2
PREMIERE PARTIE : GENERALITES.....	3
1.1. Présentation de la zone d'étude	3
1.1.1. Situation géographique	3
1.1.2. Climat.....	3
1.1.3. Relief et sols.....	4
1.1.4. Hydrographie du bassin versant	6
1.2. Quelques concepts sur le thème.....	6
1.2.1. Définition de l'érosion hydrique	6
1.2.1.1. Mécanisme de l'érosion hydrique	7
1.2.1.2. Détachement	7
1.2.1.3. Transport	7
1.2.1.4. Dépôt.....	8
1.2.1.5 Différentes formes d'érosion hydrique	8
1.2.1.5.1 Erosion en nappe ou érosion diffuse	8
1.2.1.5.2. Erosion linéaire	8
1.2.1.5.3. Erosion en masse ou hydromorphe	9
1.2.1.6. Conséquences de l'érosion hydrique des sols	9
1.2.1.7. Historique sur le modèle d'évaluation des pertes de sol.....	9
1.2.2 Mesures bathymétriques	10
1.2.2.1 Déplacement sur le plan d'eau	10
1.2.2.2. Techniques de levés bathymétriques	10
DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES	11
2.1. Matériel.....	12
2.1.1. Données utilisées	12
2.1.2. Outils utilisés	13
2.2. Méthodes	13
2.2.1. Détermination des facteurs d'érosion	13

2.2.1.1 Facteur d'érosivité R.....	13
2.2.1.2. Evaluation du facteur K	14
2.2.1.3. Evaluation du facteur LS	18
2.2.1.4. Evaluation du facteur C	19
2.2.1.4.1. Cartographie des classes d'occupation du sol.....	19
2.2.2 Détermination des pertes de sols dans la zone.....	21
2.2.3. Caractérisation de la morphologie des retenues d'eau.....	22
TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION	21
3.1. Résultats.....	25
3.1.1. Cartes des différents facteurs de l'érosion	25
3.1.2 Caractéristique de la morphologie de la retenue d'eau de Gnah.....	31
3.1.2.2. Volume de la retenue d'eau de Gnah.....	32
3.1.2.2. Volume de sédiments de la retenue d'eau de Gnah	32
3.2. Discussion.....	33
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	38
REFERENCES.....	37

LISTE DES ABREVIATIONS, ACRONYMES ET SIGLE

Af	: Acrisols Ferric
Ah	: Acrisols Humic
Ao	: Acrisols Orthic
Ao	: Acrisols Orthic
Be	: Eutric Cambisols
BV	: Bassin Versant
Eq	: Equation
Fr	: Ferralsols Rhodic
GEE	: Génie de l'Eau et de l'Environnement
HWSD	: Harmonized World Soil Database
IBM :	: Internatonal Business Machines Corporation
IDW	: Inverse Distance Weighting
LSTE	: Laboratoire des Sciences et Technologie de l'Environnement
MNT	: Modèle Numérique de Terrain
OLI	: Operational Land Imager
PMA	: Pluviométrie Moyenne Annuelle
RUSLE	: Revised Universal Soil Loss Equation
SIG	: Système d'Information Géographique
SPSS	: Statistical Package for The Social Sciences
SODEXAM	: Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire et Aéronautique et Météorologique
t	: tonne
UFR	: Unité de Formation et de Recherche
UJLoG	: Université Jean Lorougnon Guédé
USA	: Units States of America
USDA	: United States Departement of Agriculture
USLE	: Universal Soil Loss Equation
UTM	: Universal Transversal Mercator
WGS	: World Geodesic System

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Bandes spectrales.....	12
Tableau II : Caractéristiques géométriques de la retenue d'eau de Gnah	13
Tableau III : Valeur de S donnée par Wischmeier & Smithh (1978) selon la structure du sol	15
Tableau IV : Valeur de k donnée par Wischmeier & Smithh (1978) selon la perméabilité sol	15
Tableau V : Estimation du facteur K (Roose, 1994).....	16
Tableau VI : Facteurs caractéristiques des sols de la zone d'étude.....	17
Tableau VII : Valeur du facteur m en fonction de la pente	18
Tableau VIII : Valeur de C en fonction du type d'occupation du sol	21
Tableau IX : Procédure de calcul du volume d'eau stocké dans la retenue sous acrgis.....	24
Tableau X : Matrice de confusion.....	29

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du barrage de Gnah	3
Figure 2 : Diagramme ombrothermique de la station de Vavoua (1970 à 2019).....	4
Figure 3 : Carte des altitudes de la zone d'étude	4
Figure 4 : Carte du relief de la zone d'étude	5
Figure 5 : Réseau hydrographique de la zone d'étude	6
Figure 6 : les étapes de l'érosion hydrique des sols	7
Figure 7 : Diagramme triangulaire des classes texturales des sols d'après des particules USDA	17
Figure 8 : Organigramme des étapes de cartographie de l'aléa érosion hydrique sur le bassin versant	22

Figure 9 : Aperçu de la zone de réalisation des levées bathymétriques (Google Earth, 2021)	23
.....	
Figure 10 : Carte d'érosivité des pluies	25
Figure 11 : carte de facteur K de la zone d'étude.....	26
Figure 12 : Carte du facteur LS	27
Figure 13 : Carte d'occupation du sol de la zone d'étude	28
Figure 14 : Carte du facteur C	29
Figure 15 : Carte de pertes des sols.....	30
Figure 16 : Carte bathymétrique.....	32

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Les lacs de barrage ou retenue d'eau constituent dans la plupart des régions du monde, notamment arides et semi-arides, d'importantes réserves d'eau utilisées pour soutenir le développement socio-économique (Kouassi *et al.*, 2007). Ces hydrosystèmes abritent une faune diversifiée et constituent de ce fait un pôle d'attraction humaine. Ils favorisent également le développement du commerce, de l'agriculture et de la pêche. Ainsi une bonne gestion de l'eau conduit au progrès économique et social ; à l'inverse, une mauvaise gestion de l'eau entrave le développement et cause la souffrance des populations (GWP, 2009). L'eau est donc indispensable à la vie. Conscients de ce fait, depuis quelques années, les gouvernants mondiaux font de la protection et la conservation des milieux naturels, en particulier la construction des barrages, une préoccupation majeure et un objectif principal dans les programmes de développement.

Depuis les années 1960, la Côte d'Ivoire a procédé à la construction d'une série de retenues d'eau (Yacé *et al.*, 1996 ; N'go, 2000 ; Kouassi, 2002) et investit beaucoup d'argent pour la réalisation de ces retenues. Ces retenues sont réparties sur toute l'étendue du territoire pour répondre aux besoins en eau des populations (HCH, 1999 ; JICA, 2001).

C'est dans ce cadre que le barrage de Gnah qui fait l'objet de notre étude, a été construit en 2012. Ce barrage a été initié par l'Office National de Développement de la Riziculture (ONDR) dans son projet d'Aménagements hydro-agricoles dans les régions du Haut Sassandra et du Fromager – Phase II (PAHASF 2). Cet organe avait pour mission de faire la Côte d'Ivoire, autosuffisante en matière de riz. L'objectif de la construction de ce barrage depuis 2012 est de produire 830 tonnes/an de riz paddy, 83 tonnes de légumes, développer la pêche dans le lac et de créer plus de 139 emplois ruraux.

Toutefois, une retenue d'eau telle qu'elle soit est de plus en plus menacée par le phénomène d'érosion, d'eutrophisation ou d'envasement qui s'opère au fur et à mesure qu'elle vieillisse (Ramadan, 1993 ; Rysing et Rast, 1994). De plus les activités agricoles et l'urbanisation ont pour conséquences la présence de grandes superficies de terrains déboisés susceptibles d'être érodés par les eaux de pluies (Biemi et Lorux, 2000). Et cette baisse du couvert végétal contribue au phénomène de l'érosion hydrique. L'érosion hydrique dégrade les sols en provoquant une modification de leur porosité et une régression des terres fertiles, et par conséquent une réduction de leur capacité de production agricole. Ces terres arrachées sont charriées vers le barrage. Ce qui réduit la capacité de stockage du barrage en matière de volume d'eau et entrave l'ensemble des ouvrages aux alentours.

INTRODUCTION

De ce fait, notre zone d'étude est ainsi sous la menace d'un phénomène de l'érosion hydrique. Une perte de cette fertilité des sols et une baisse des retenues d'eau seraient catastrophiques pour les paysans de cette zone dont l'activité principale est l'agriculture.

Pour pouvoir comprendre le phénomène de l'érosion hydrique et participer à la lutte contre ce phénomène dans cette zone, nous avons été soumis à l'étude suivante : l'érosion hydrique sur les hydro-systèmes : cas du barrage hydro-agricole de Gnah. Cette étude a pour objectif général de déterminer l'ampleur de l'érosion hydrique des sols sur le sous-bassin versant de Gnah.

De façon spécifique, il s'agira de :

- ✓ déterminer les différents facteurs influençant l'érosion hydrique des sols
- ✓ déterminer les pertes de sols dues à l'érosion hydrique
- ✓ déterminer le volume des sédiments

Pour y parvenir ce présent mémoire s'articule autour de trois parties :

-la première partie porte sur les généralités de la zone d'étude ainsi que les notions liées à la thématique abordée.

-la deuxième partie présente le matériel et les méthodes utilisés.

-la troisième partie donne les résultats obtenus, suivis de leur interprétation et de la discussion qui en découle. Une conclusion générale comportant des perspectives d'études achève ce mémoire.

PREMIERE PARTIE : GENERALITES

1.1. Présentation de la zone d'étude

1.1.1. Situation géographique

Le bassin versant (figure 1) qui fait l'objet de notre étude, dénommé bassin versant de Gnah, est situé au Centre-nord de la Côte d'Ivoire, entre les longitudes 7°35'W et 7°40'W et les latitudes 6°31'N et 6°36'N. Il est à cheval entre les Département de Vavoua et Séguéla, où la majeure partie de l'espace d'étude se trouve dans le Département de Vavoua et la partie infime dans le Département de Séguéla.

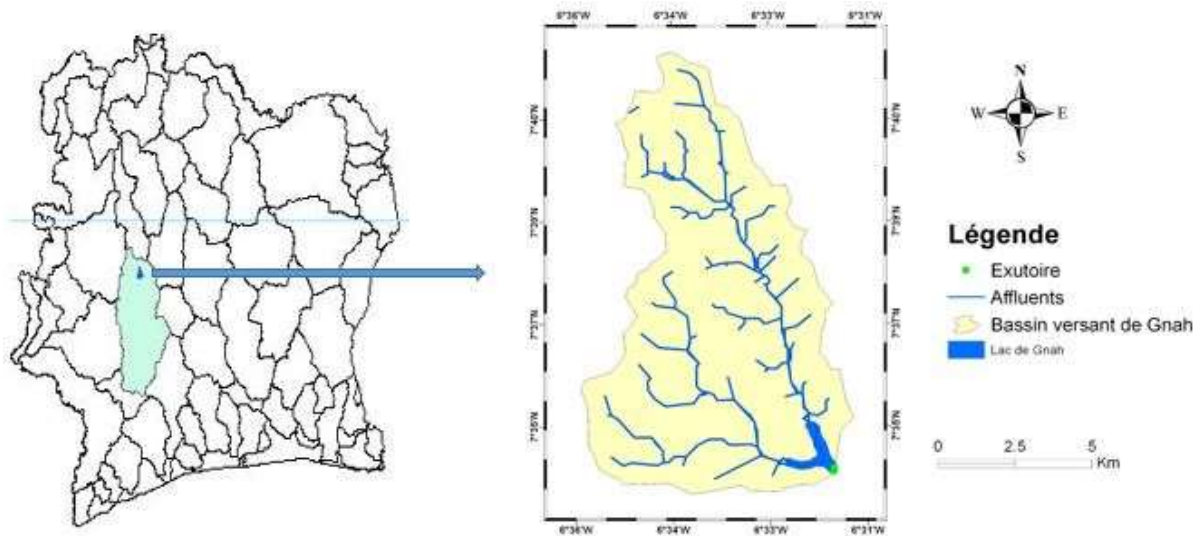


Figure 1: Localisation du barrage de Gnah

1.1.2. Climat

Le climat de notre zone d'étude est de type équatorial de transition atténué caractérisé par une saison pluvieuse de Mars à Octobre et une saison sèche de Novembre à Février à faible variation de température (Yao *et al.*, 2016) (Figure 2). Sur l'année, la température moyenne est de 26°C et les précipitations sont en moyenne de 1105,26 mm. Des précipitations moyennes de 13,73 mm font du mois de Décembre le mois le plus sec. Les précipitations les plus importantes de l'année sont enregistrées en Septembre avec une moyenne de 195,66 mm. Février est le mois le plus chaud de l'année avec une température moyenne de 28°C. Par contre, Juillet est le mois le plus froid de l'année avec une température moyenne de 24,53°C.

GENERALITES

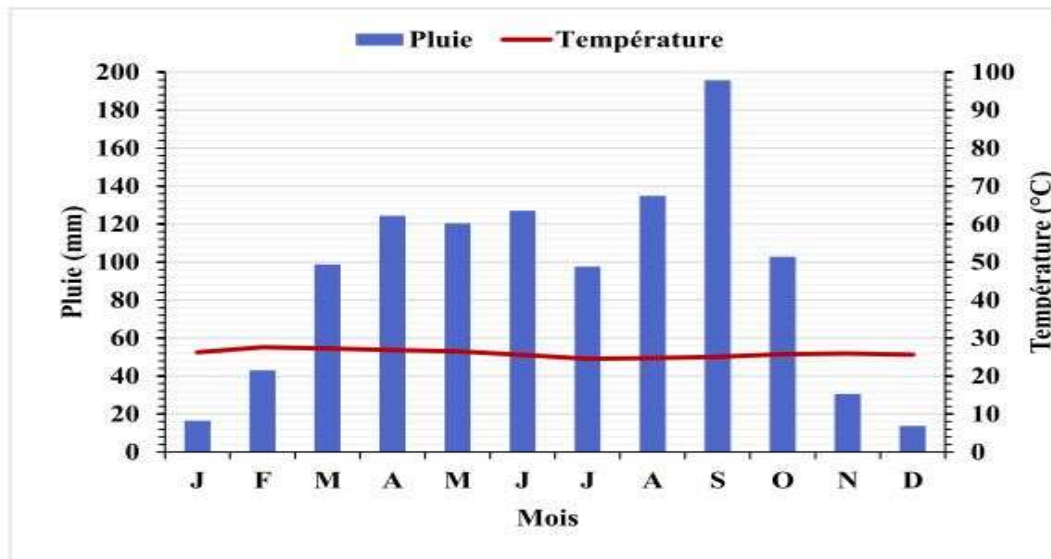


Figure 2 : Diagramme ombrothermique de la station de zone d'étude (1970 à 2019)

1.1.3. Relief et sols

- Altitude

Le relief de la zone d'étude est dans l'ensemble monotone avec des singularités par endroits. En effet, Il se présente comme une pénélaine dont l'altitude varie entre 264 m et 402 m (Figure 3). Deux grands types de relief se partagent la zone d'étude : ce sont les plaines et les plateaux. Les plaines ont une altitude qui varie entre 264 et 290 m. Par contre, les plateaux qui occupent la majeure partie de la zone d'étude correspondent aux altitudes variant entre 290 et 402 m.

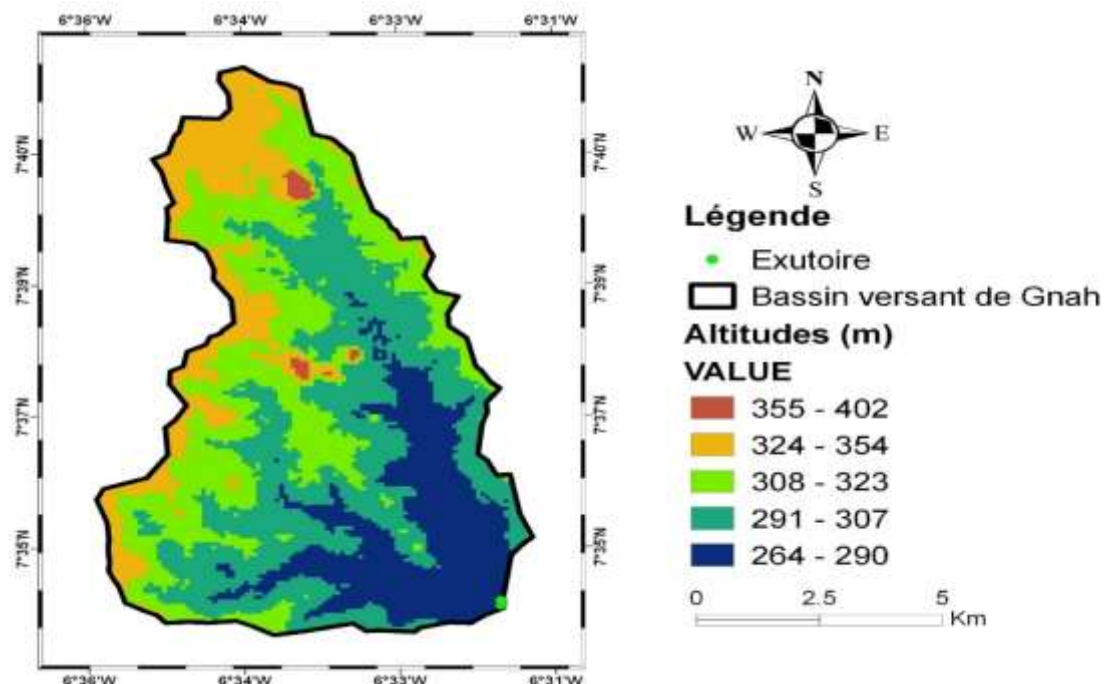


Figure 3 : Carte des altitudes de la zone d'étude

GENERALITES

- **Pentes**

Le relief de la zone d'étude est dans l'ensemble monotone avec des pentes qui varient entre 0 et 41% (figure 4). De façon générale, ses sols sont fertiles, profonds et favorables aux cultures pérennes tels que le café, le cacao, l'anacarde et aux cultures vivrières de grande consommation domestique.

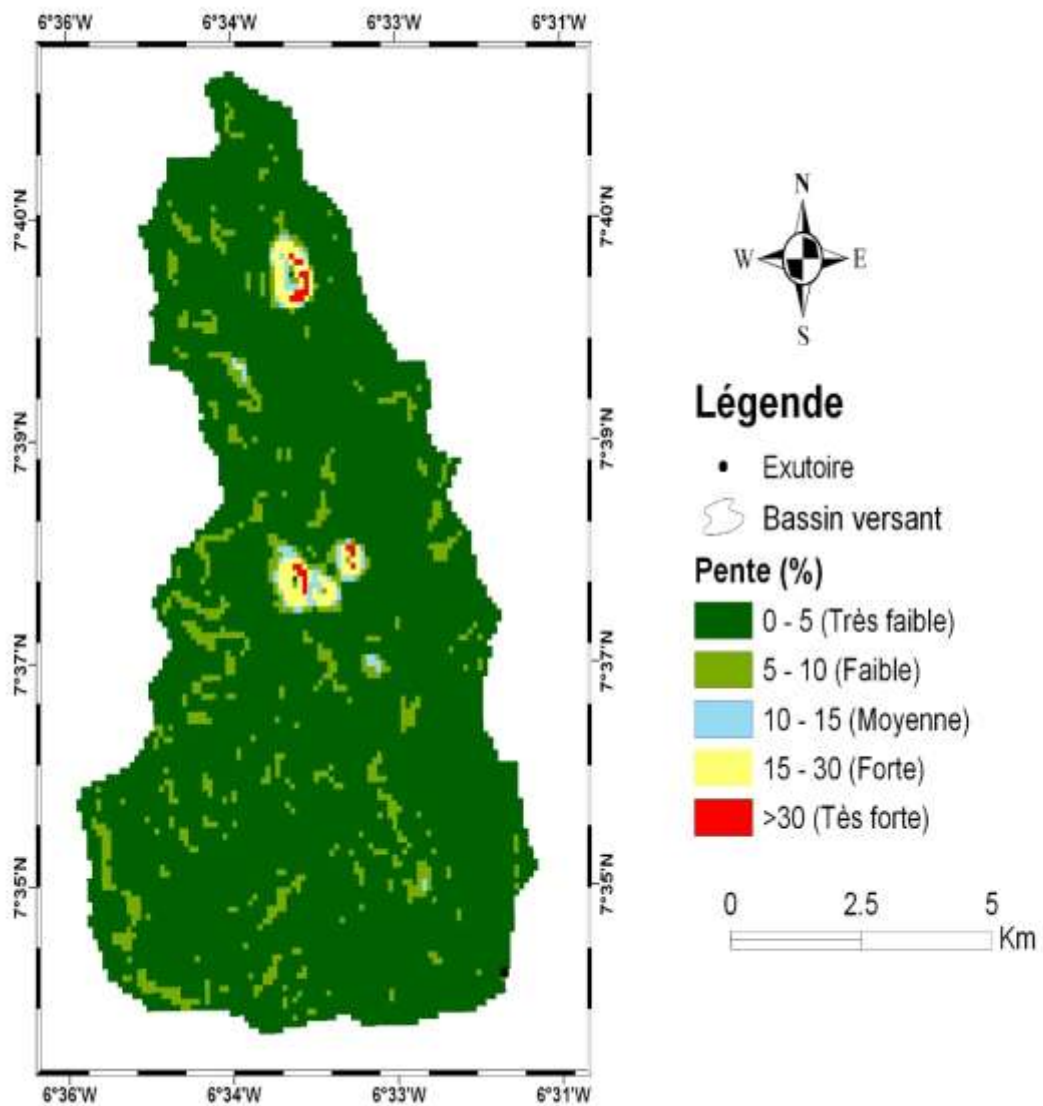


Figure 4: Carte du relief de la zone d'étude

1.1.4. Hydrographie du bassin versant

Le bassin versant de Gnah est un sous-bassin du bassin versant du Bassin Lobo à Nibéhibé. Il est drainé par des affluents en direction du lac de Gnah dont la capacité est 2 000 660 m³. Exutoire dudit bassin, le lac de Gnah où un barrage hydroagricole a été implanté, sert de réservoir d'eau, pour l'irrigation des plans de riz et cultures vivrières et pour la pêche.

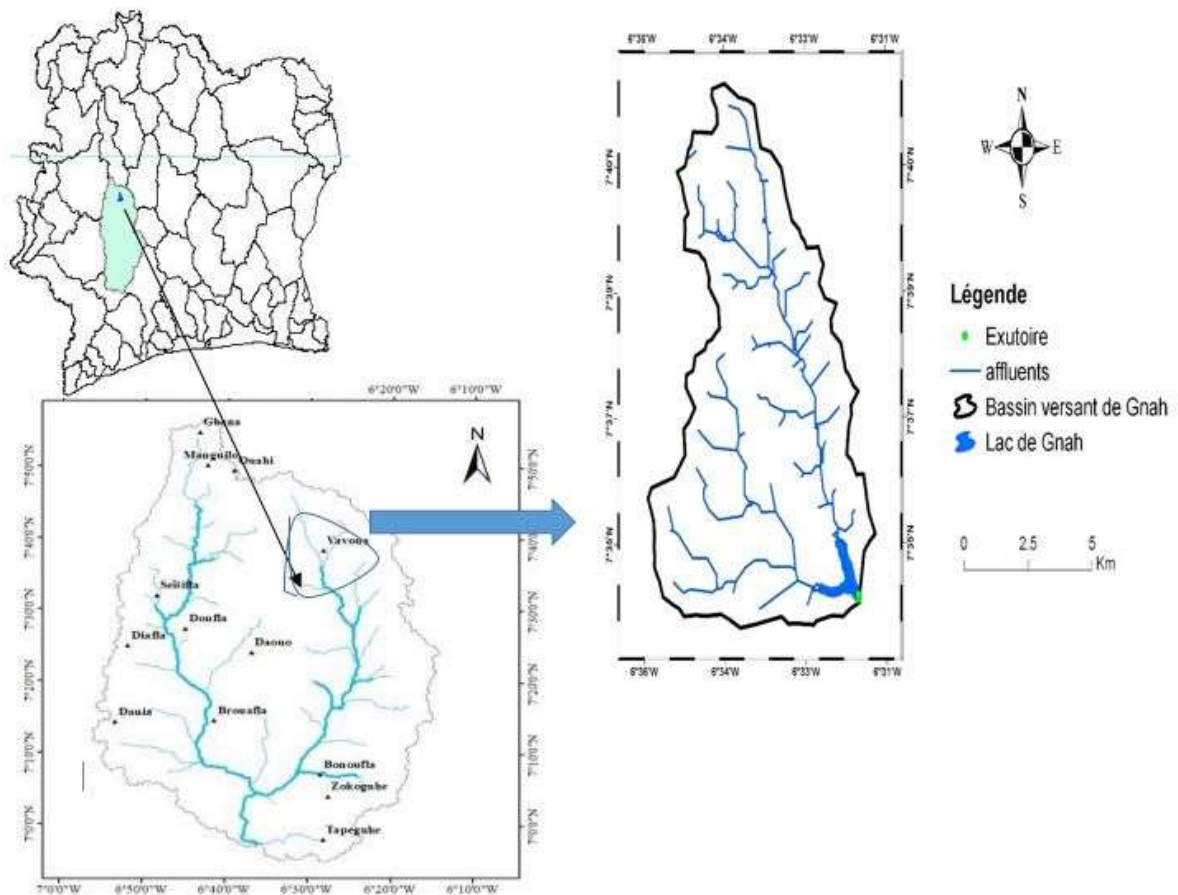


Figure 5: Réseau hydrographique de la zone d'étude

1.2. Quelques concepts sur le thème

1.2.1. Définition de l'érosion hydrique

Selon la Roose (1994), l'érosion vient du verbe latin "erodere" qui signifie "ronger". Elle représente l'ensemble des phénomènes qui contribuent, sous l'action d'un agent d'érosion (notamment l'eau) à modifier les formes de relief que sont les sommets de plateau, les rebords de plateau, les talus, les corniches, les terrasses, les versants. Cette modification se fait par

GENERALITES

l'arrachement de matières (sols et roches), mais aussi par accumulation de la matière arrachée (Domangeot, 1992).

Ainsi, l'érosion hydrique des sols est un ensemble de processus complexes et interdépendant qui provoquent le détachement et le transport des particules de sol. Elle se définit comme la perte de sol due à l'eau qui arrache et transporte la terre vers des lieux de dépôt.

1.2.1.1. Mécanisme de l'érosion hydrique

L'érosion hydrique se fait en trois étapes qui sont le détachement, le transport (ruissellement) et la sédimentation. La pluie et le ruissellement sont les agents de l'érosion hydrique et sont à l'origine du détachement, du transport et du dépôt de la terre enlevée. L'érosion hydrique résulte de divers processus que sont le détachement, le transport et le dépôt ou la sédimentation.

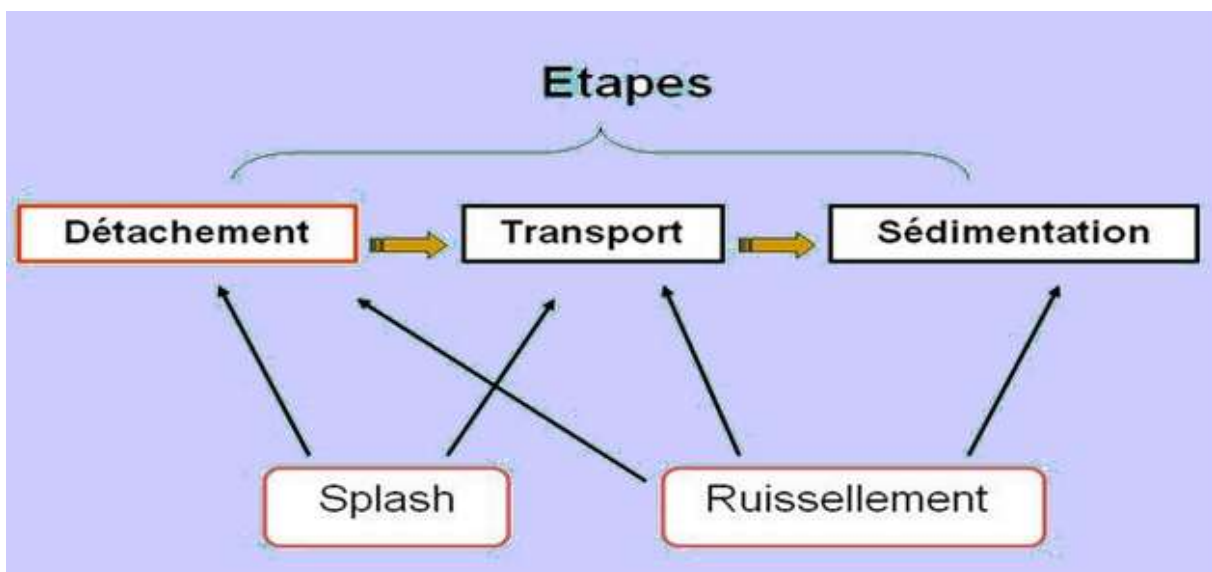


Figure 6: les étapes de l'érosion hydrique des sols

1.2.1.2. Détachement

Le détachement des particules se produit à la surface du sol lorsque, sous l'action des gouttes de pluie, des agrégats s'éclaboussent (effet splash) ou lorsque la force de cisaillement du ruissellement devient supérieure à la résistance au détachement du sol (George, 2008).

1.2.1.3. Transport

Les particules issues de la dissociation, grossières ou fines, sont ultérieurement déplacées vers l'aval sous l'action de la gravité. Certains, comme les cailloux d'éboulis et les blocs d'éboulement, tombent directement. D'autres, les plus fins, sont véhiculés par un agent de transport, généralement l'eau. La force du véhicule règle naturellement la taille des sédiments; le vent ne pouvant déplacer que les poussières et les fins grains de sable, tandis que les torrents charrient du sable, du gravier et des galets (Domangeot, 1992).

1.2.1.4. Dépôt

Le dépôt des sédiments s'effectue lorsque l'énergie cinétique qui déplace les matériaux issus du détachement diminue ou s'annule (Démangeot, 1992). Les particules arrachées se déposent entre le lieu d'origine et les mers. Elles se déposent en général dans l'ordre suivant ; d'abord le sable se dépose ensuite le sable fin et enfin le limon. Les argiles et l'humus colloïdal sont généralement transportés jusqu'à l'embouchure du cours d'eau où ils se déposent soit après évaporation de l'eau, soit après floculation.

1.2.1.5 Différentes formes d'érosion hydrique

On distingue trois principales formes d'érosion hydrique : l'érosion en nappe ou diffuse; l'érosion linéaire et l'érosion hydromorphique.

1.2.1.5.1 Erosion en nappe ou érosion diffuse

C'est le stade initial de la dégradation du sol par l'érosion hydrique. En effet l'érosion en nappe est le décapage superficiel de la surface du sol dû à un détachement des particules du sol par l'effet splash d'une fine larme d'eau et du transport par le ruissellement; elle se produit assez uniformément sur la pente et peut passer inaperçue jusqu'à ce que le sol arable ait été perdu (Arnold *et al.*, 1989).

1.2.1.5.2. Erosion linéaire

Les eaux de ruissellement se concentrent, l'érosion est liée à la vitesse de l'écoulement. Lorsque le ruissellement est ainsi concentré, la vitesse augmente, l'érosion n'est plus sélective et creuse des rigoles et des ravines d'espace au niveau de lignes d'écoulement (Roose, 1994). L'érosion linéaire provoque un décapage total de l'horizon humifère et de l'ensemble des matériaux meubles sur la largeur concernée par les chemins de l'eau, transporte les fragments sur de longues distances (plusieurs centaines de mètres).

Erosion en rigoles

Dans les rigoles l'érosion s'effectue à travers des sillons facilement reconnaissables nommés rigoles. Les sillons sont, soit perpendiculaires aux courbes de niveau (dans le cas des terrains à forte pente régulière, non affectés par des aménagements), soit parallèles aux pistes, chemins, clôtures et talus. La surface érosive est constituée de sillons et d'inter sillons. L'érosion, à l'intérieur des sillons, est associée aux processus de ruissellement et celle qui a lieu au niveau des inters sillons aux impacts des gouttes de pluie (Rose, 1993).

Erosion en ravines

GENERALITES

Une évolution de l'érosion en rigoles peut conduire à l'érosion en ravine. Les rigoles sont appelées ravins lorsqu'ils s'étendent au point de ne pouvoir être comblés par les opérations normales de travail du sol, ou lorsqu'ils deviennent nuisibles au travail du sol (Arnold *et al.*, 1989). En effet, le ruissellement, causant la formation ou l'élargissement de ravins est habituellement le résultat de la mauvaise conception des exutoires des systèmes de drainage de surface et souterrain.

1.2.1.5.3. Erosion en masse ou hydromorphe

Alors que l'érosion en nappe s'attaque à la surface du sol, le ravinement aux lignes de drainage du versant, les mouvements de masse concernent un volume à l'intérieur de la couverture pédologique. Les phénomènes de mouvement de masse sont très nombreux mais on peut les regrouper en six groupes principaux (Roose, 1994).

1.2.1.6. Conséquences de l'érosion hydrique des sols

L'érosion hydrique entraîne des conséquences tant en amont qu'en aval des bassins versants. Elle peut se traduire, en amont, par des pertes en terre ainsi que des pertes en matière organique et en éléments nutritifs notamment l'azote et le phosphore (Beauchamp, 2006). A côté des dégâts bien visibles concernant les terres cultivées, il existe des dégâts en aval beaucoup plus insidieux, provoqués par l'augmentation du ruissellement et l'entraînement des particules du sol. Ce sont, entre autres, les coulées de boues, inondations, sapements de chaussées, colmatages des réseaux d'assainissement et des ouvrages de retenue des eaux pluviales, envasements des cours d'eau (Beauchamp, 2006). Des accumulations sédimentaires massives peuvent en résulter à l'aval, perturbant les écosystèmes fluviaux, lacustres, estuariens ou côtiers, et modifiant la dynamique du carbone particulaire et dissous (Fofana, 2019).

1.2.1.7. Historique sur le modèle d'évaluation des pertes de sol

Les premières formules établissant la perte en sol, sont apparues en 1940 pour le centre des USA. Zingg (1940) a été un des premiers à établir une équation reliant les pertes de sol à la pente et à sa longueur. Smith (1941), fait intervenir les types de cultures et les pratiques de conservation. vingt (20) ans après la mise en place des essais d'érosion, il existait une accumulation d'un grand nombre de données sur l'érosion, dont il est convenu de faire la synthèse. L'objectif de Wischmeier & Smith (1978), était d'établir un modèle empirique de prévision de l'érosion à l'échelle du champ cultivé (Roose, 1994).

Selon Wischmeier & Smith (1978) à travers l'équation USLE, l'érosion hydrique est une fonction multiplicative de cinq (5) facteurs. L'érosivité des pluies (le facteur R, qui est égale à

GENERALITES

l'énergie potentielle des gouttes de pluie) multiplié par la résistance du milieu, K (l'érodibilité des sols), LS (facteur topographique), C (le couvert végétal et les pratiques culturales), et P (les pratiques anti érosives). C'est une fonction multiplicative, de telles sortes que si un facteur tend vers zéro, l'érosion tend vers zéro. Son principe est de comparer l'érosion d'un site quelconque à l'érosion d'une parcelle témoin ayant une longueur de 22 m et une pente de 9% sur jachère nue, c'est à dire labourée périodiquement de manière à ce qu'aucune végétation ne puisse s'y développer et telle que le sol ne puisse former une croûte superficielle.

Cependant le chercheur Roose (1994) a trouvé des limites à cette équation USLE de Wischmeier & Smith (1978) ; Elle ne s'applique qu'à l'érosion en nappe. Testée et vérifiée dans des paysages de pénéplaines et de collines sur des pentes de 1 à 20 %. La relation entre l'énergie cinétique et l'intensité des pluies utilisée généralement n'est valable que dans la plaine américaine et pas en montagne. Enfin une limite importante de ce modèle, c'est qu'il néglige certaines interactions entre les facteurs pour pouvoir distinguer plus facilement l'effet de chacun des facteurs.

C'est ainsi qu'au fil des ans, les fondements scientifiques de l'érosion du sol n'ont cessé d'évoluer. Cette évolution a été marquée par l'amélioration et la modification de l'outil le plus utilisé pour prévoir l'érosion hydrique, l'Équation universelle des pertes de sol (USLE) (Wischmeier & Smith, 1978) pour donner l'équation universelle révisée des pertes en sol (RUSLE) (Renard et al., 1997).

Les diverses modifications de cette équation sont appliquées à l'estimation de la perte de sol à l'aide du SIG (Warren et al., 1989). Le modèle révisé RUSLE, utilise les mêmes principes empiriques USLE, mais il comprend de nombreuses améliorations, telles que l'utilisation des précipitations mensuelles et annuelle pour calculer l'érosivité des pluies, l'informatisation des algorithmes pour faciliter les calculs du facteur topographique LS (Foster et al., 1974), (Renard et al., 1997) et du facteur K (Roose, 1994).

1.2.2 Mesures bathymétriques

1.2.2.1 Déplacement sur le plan d'eau

La plupart du temps, les mesures bathymétriques s'effectuent par bateau ou par pirogue, à l'aide de sonars et de sondes. Il existe aussi des drones bathymétriques qui sont des petites embarcations sans pilote qui fonctionnent sur le même principe.

1.2.2.2. Techniques de levés bathymétriques

Les techniques de levés bathymétriques sont constituées de différents systèmes :

GENERALITES

- ***Le système sondeur / GPS*** : le couplage du sondeur et du GPS permet l'acquisition et la spatialisation des données en temps réel et mesure les variations de hauteur d'eau.
- ***Système GPS différentiel*** : C'est un système de positionnement relatif par satellites (relais de calcul au sol) de précision centimétrique qui permet de fournir les coordonnées X, Y (en Lambert II) et l'élévation Z du niveau de la mer système sondeur. Le sondeur hydrographique centimétrique fournit la mesure de la hauteur d'eau sous le bateau ou la pirogue.

DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES

MATERIEL ET METHODES

2.1. Matériel

2.1.1. Données utilisées

Les données utilisées au cours de cette étude sont constituées de données images, pluviométriques, pédologiques et statistiques.

✓ **Données images**

• **Données topographique**

Le Modèle Numérique de Terrain (MNT) de l'ellipsoïde WGS84 de résolution 30 m acquis en 2011 a été téléchargé sur le site <http://earthexplorer.usgs.gov>. Ce modèle numérique a permis la réalisation de la carte topographique et la carte hydrographique.

• **Données télédétections**

Une image satellitaire Landsat 8 OLI de scène n° 197-055 acquise le 12 février 2020. Cette image Landsat 8 OLI a été téléchargée sur le site <http://earthexplorer.usgs.gov>. Avec une résolution 30 m de projection WGS84. Les différentes bandes spectrales des images sont consignées dans le tableau I ci-dessous.

Tableau I : Bandes spectrales

Bandes spectrales	Longueurs d'ondes
Bande 1- Bleu	0,450 – 0, 515
Bande 2 – Vert	0,525 – 0, 600
Bande 3 – Rouge	0,630 – 0,680

Grâce à cette image multi spectrale Landsat8 OLI, nous avons réalisé la carte d'occupation du sol qui par la suite, nous a servi à établir la carte du facteur C.

✓ **Données pluviométriques**

Données pluviométriques des années 1976 à 2019 de la station pluviométrique de Vavoua et de 1976 à 2002 des postes pluviométriques de, Séguéla. Ces données ont été fournies par la SODEXAM avec un pas de temps mensuels.

✓ **Données pédologiques**

Les bases de données pédologiques du monde de la Fao (2009) téléchargées sur le site <http://www.iiasa.ac.at/Research/LUC/External-World-soil-database/HTML/>. Cette base de données est constituée d'un fichier Access contenant des informations importantes sur les types

MATERIEL ET METHODES

de sols dans le monde et une carte numérique du monde présentant les différentes unités de types de sols. Cette base de données a servi à déterminer l'érodibilité du sol (le facteur K).

✓ Caractéristiques géométriques du barrage

Ces données ont été fournies par le Projet d'Aménagements Hydro-agricoles dans les Régions du Haut Sassandra et du Fromager – Phase II (PAHAHSF 2)

Tableau II: Caractéristiques géométriques de la retenue d'eau de Gnah

BARRAGE			
Hauteur (m)	Longueur (m)	Aire de la retenue normale (ha)	Capacité de retenue normale (m ³)
8	605	114	2 660 000

2.1.2. Outils utilisés

Les outils utilisés dans le cadre de ce travail sont : **ArcGIS 10.4.1** pour l'élaboration des cartes ; le tableur **Excel** pour les calculs et représentations graphiques ; Logiciel **SPSS** pour les analyses statistiques ; **Google Earth** pour l'interprétation visuelle ; et **ENVI 4.7** pour le traitement des images satellites.

2.2. Méthodes

2.2.1. Détermination des facteurs d'érosion

Notre méthodologie de travail se base sur l'équation **RUSLE** qui garde la forme de l'équation **USLE** de Wischmeier & Smith (1978), qui s'écrit :

$$A \text{ (t/ha/an)} = R \times K \times LS \times C \times P \quad \text{Eq1}$$

A(t/ha/an) : Perte en sol par unité de surface et par an,

R : Indice de pluie caractérisant l'agressivité climatique

K : Facteur d'érodibilité du sol,

LS : indice combinant l'effet de la longueur L de parcelle et de la pente S,

C : Indice du couvert végétal,

P : Indice d'aménagement antiérosif.

2.2.1.1 Facteur d'érosivité R

Dans l'équation **USLE**, plusieurs formules ont été élaborées. D'autres chercheurs ont développé des formules alternatives qui n'impliquent que des précipitations journalières, mensuelles et annuelles pour déterminer le facteur R (Jilali, 2013). Ces équations de substitution ont été

MATERIEL ET METHODES

appliquées dans différents travaux impliquant une modélisation des pertes de sol et donnent des résultats satisfaisants mais avec des restrictions sur les données de précipitation (El Garouani *et al.*, 2008 ; N'go, 2013).

Par ailleurs Roose *et al.* (1985) ont calculé cet indice sur une vingtaine de postes météorologique sur plus de dix années. Il a donc constaté qu'en Afrique occidentale, l'indice d'érosivité de Wischmeier annuel moyen (R) est proportionnelle à la pluviosité annuelle moyenne (P en mm) de cette région :

$$R = a \times P \quad \text{Eq2}$$

Où

-a s'établit à 0,50 en plaine,

-0,60 près de l'océan ;

-0,25-0,30 en montagne tropicale (Cameroun et Rwanda-Burundi) ;

-0,10 en montagne algérienne.

C'est sur la base de cette équation de Roose *et al.* (1985) que les calculs de R ont été effectués dans ce travail. En effet après la correction des données de pluie par la méthode d'interpolation linéaire, La pluviométrie moyenne annuelle au niveau de chaque poste pluviométrique a été déterminée à l'aide du tableur Excel. Et la zone d'étude se trouvant dans une zone caractérisant des plaines, la valeur 0,5 a été affectée au facteur a. Ensuite les valeurs de R ont été déterminées au niveau de chaque poste pluviométrique en fonction de la formule de Roose *et al.* (1985). Enfin les valeurs de R de chaque poste référencé géographiquement ont été interpolées par la méthode IDW sous ArcGIS. C'est une technique d'interpolation déterministe locale qui calcule la valeur d'un point en effectuant la moyenne des valeurs des points situés dans le voisinage pondéré par l'inverse de la distance au point calculé plus les points sont proches, plus la pondération affectée est forte. Le choix de cette méthode parmi d'autres revient à son adaptation aux variations de terrains, contrairement aux autres méthodes qui sont généralement plus sensibles aux variations.

2.2.1.2. Evaluation du facteur K

L'érodibilité du sol K détermine la résistance des différents types de sols à l'érosion. Certains sols sont plus sensibles à l'érosion hydrique. Le facteur K est déterminé en fonction de certaines caractéristiques des sols qui sont : la texture, la présence de la matière organique, la perméabilité et la profondeur. Ils sont calculés selon la formule (Wischmeier & Smith, 1978) suivante :

$$K = [2,1 \times 10^{-4} \times (12 - MO) M^{1,4} + 3,25 \times (S-2) + 2,5 \times (P-3)] / 100 \quad \text{Eq 3}$$

MATERIEL ET METHODES

K : le facteur d'érodibilité

M : (% sable fin + % limon) (100 - % argiles)

MO : le pourcentage de matière organique

S : le code de structure

P : la classe des perméabilités

Les facteurs P et S sont déterminés par le tableau de Wischmeier & Smith (1978). S et P sont déterminés respectivement en fonction de la perméabilité (Tableau III) et la structure du sol (Tableau IV).

Tableau III: Valeur de S donnée par Wischmeier & Smith (1978) selon la structure du sol

Types de structure de sol	Valeur du code de structure (s)
Sol très fin	1
Sol fin	2
Sol moyen ou grossière	3
Sol massive	4

Tableau IV : Valeur de k donnée par Wischmeier & Smith (1978) selon la perméabilité sol

Type de perméabilité	Valeur du code de perméabilité(k)
Rapide	1
Moyenne à rapide	2
Moyenne	3
Lente à moyenne	4
Lente	5
Très lente	6

Ainsi la détermination du facteur K dans ce travail s'est basée sur le tableau de Roose (TableauV).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Tableau V: Estimation du facteur K (Roose, 1994)

CLASSE DES TEXTURES	COMPOSITION DU SOL (%)			MOYENNE DU FACTEUR K (BASEE SUR LE % OM)		
	Sable	Limon	Argile	Inconnu	<2	>=2
ARGILE	0-45	0-40	40-100	0,22	0,24	0,21
SABLO- ARGILEUX	45-65	0-20	35-55	0,2	0,2	0,2
ARGILE- LIMONEUX	0-20	40-60	40-60	0,26	0,27	0,26
SABLE	86-100	0-14	0-10	0,02	0,03	0,01
LIMONO- SABLEUX	50-70	0-50	0-20	0,13	0,14	0,12
LIMONO- ARGILEUX	20-45	15-52	27-40	0,3	0,33	0,28
LIMON	23-52	28-50	7-27	0,3	0,34	0,26
SABLE- LIMONEUX	70-86	0-30	0-15	0,04	0,05	0,04
LIMONO- ARGILO – SABLEUX	45-80	0-28	20-35	0,2	0,2	0,2
LIMONO- ARGILEUX	0-20	40-73	27-40	0,32	0,35	0,3
LIMON FIN	0,20	88-100	0-12	0,38	0,41	0,37
LIMON- LIMONEUX	20-50	74-88	0-27	0,38	0,41	0,37

En effet il a été question tout d'abord de déterminer la proportion de limon, d'argile, de sable et de matière organique de la zone d'étude. A partir des données mondiales sur les sols dans la base de données harmonisées sur les sols dans le monde (HWSD) de la FAO (2009) à l'aide du module ArcMap de ArcGIS. Par la suite il a été nécessaire de déterminer la texture du sol à travers le triangle de texture (Figure 6).

MATERIEL ET METHODES

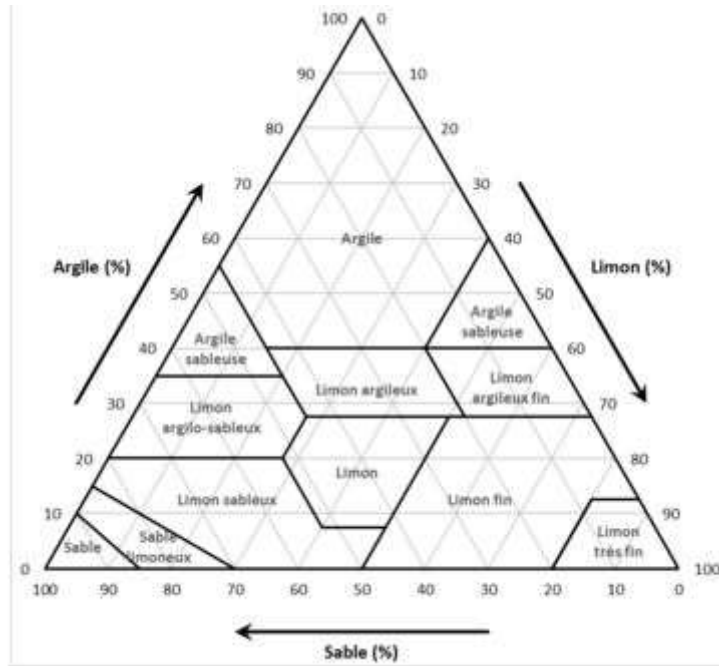


Figure 7: Diagramme triangulaire des classes texturales des sols d'après des particules USDA

L'extraction de la zone d'étude de la carte des sols du monde de la FAO (2009) sous Arc-Map permet d'avoir des unités cartographiques des différents types de sol (M_GLOBAL) (Tableau VI). A ces valeurs des types de sol sont associées des proportions de sable (T_SAND), de limon (T_SILT), d'argile (T_CLAY) et de carbone organique (T_OC). A partir du carbone organique, nous avons obtenu la proportion de matière organique (% OM) et Les textures de la zone d'étude sont consignées dans le tableau VI. Le facteur K a été attribué à chaque unité cartographique comme illustré par le tableau suivant (Tableau VI).

Tableau VI : Facteurs caractéristiques des sols de la zone d'étude

MU_Global	T_Sand	T_Silt	T_Clay	T_OC	%O	Texture	Type de sol	K
1028	53	22	25	0,99	1,7	Limon-argilo-sableux	Af	0,2
1049	49	27	24	1	1,7	Limon-argilo-sableux	Ao	0,32
1091	42	36	22	1	1,7	Limon-argilo-sableux	Be	0,32

MATERIEL ET METHODES

2.2.1.3. Evaluation du facteur LS

Le facteur topographique est calculé à partir de la conjugaison de l'inclinaison et de la longueur de pente. La longueur, la forme et surtout l'inclinaison de la pente sont des paramètres qui influencent considérablement l'érosion des sols. Les transports solides croissent de façon exponentielle avec le pourcentage de pente.

Les facteurs L (longueur de pente en m) et S (angle de la pente en %) sont le plus souvent combinés en un facteur unique adimensionnel LS (facteur topographique) afin de définir l'effet de l'érosion en nappe et en rigoles.

Plusieurs formules permettent l'évaluation de ce facteur à partir du modèle numérique de terrain (résolution de 30m). La plupart des études récentes de l'érosion hydrique par le modèle RUSLE utilisent l'équation de Mitasova *et al.*; (1996).

$$LS = (\lambda/22, 1)^m \times (65, 4 \sin^2 \theta + 4, 56 \sin \theta + 0,065) \quad \text{Eq 4}$$

- λ est la longueur de pente en mètre;
- θ est l'angle d'inclinaison en %;
- m est un facteur qui dépend de la pente.

Le facteur topographique m a été déterminé à partir du Modèle Numérique du terrain (MNT) du bassin issu des courbes de niveau des cartes topographiques à l'échelle 1/200000. En fonction de la pente la valeur 0,4 a été attribuée au facteur m (tableau VII).

Tableau VII : Valeur du facteur m en fonction de la pente

Pourcentage de la pente(%)	Facteur m
≥ 5	0,5
$3,5 \leq \theta < 5$	0,4
$1 \leq \theta < 3,5$	0,3
< 1	0,2

Une fois le facteur m trouvé, le facteur LS est déterminé par le biais du logiciel ArcMap. Ce facteur LS s'exprime sous l'extension Spatial-Analyst et son outil raster calcule du comme suit :

$$LS = \text{power}(\text{flowAccum} \times 30 / 22, 13, 0,4) \times \text{power}(\sin(\text{pente} \times 0,01745) / 0,0896, 1,4) \times 1,4 \quad \text{Eq5}$$

Flow accum : accumulation des flux

Pente : pente (%)

MATERIEL ET METHODES

2.2.1.4. Evaluation du facteur C

La détermination du facteur C est basée sur la carte d'occupation du sol et le tableau de Wishmeier & Smith (1978).

2.2.1.4.1. Cartographie des classes d'occupation du sol

Pour caractériser l'occupation du sol, nous avons procédé à des compositions colorées à partir des bandes de l'image Landsat8 OLI. Les trois canaux B3, B5 et B6 ont donné la meilleure composition qui a été utilisée pour la classification en vue de l'extraction d'informations sur l'occupation du sol.

❖ Compositions colorées

La composition colorée a consisté à afficher simultanément à l'écran trois bandes d'images dans les canaux de base (Rouge, Vert et Bleu). Cette étape permet de faciliter l'interprétation des données. Elle nécessite une bonne connaissance du comportement spectral des objets au sol (Affessi, 2020). Concernant l'image Landsat 8, une composition en RVB a été retenue. Elle a été réalisée sous Envi 4.7 grâce à sa boîte à outils. Il s'agit de B3, V B5, et B6 en utilisant la méthode d'ACP. Cette méthode nous a permis d'obtenir plusieurs classes à travers une vingtaine de couleurs différentes. Sur cette composition l'eau apparaît en noire, la végétation dans une teinte de verte (forêt), les sols nus et les bâtis en bleu léger etc. Cette combinaison permet une distinction nette entre l'eau et les autres types de surface, une bonne séparation de la végétation et des sols nus (cultures, bâtis) et validées par Google Earth.

❖ Classification supervisée

La classification supervisée au niveau de la zone d'étude s'est faite par photographie aérienne via Google Earth, par bibliographie et par recueil d'informations dans la base de données d'OSM. Dans cette partie, l'information sur l'occupation du sol est obtenue à partir de classification supervisée par la méthode du maximum de vraisemblance. Cette méthode repose sur la méthode de probabilité (Kouassi, 2013). Elle calcule la probabilité d'appartenance d'un pixel à une classe donnée. Le pixel sera affecté à la classe pour laquelle la probabilité est la plus forte (Kouakou, 2015). Pour une bonne appréciation des unités de paysage, une classification a été réalisée à partir de la composition colorée vrai couleur.

❖ Evaluation de la classification supervisée

La matrice de confusion de la classification a été calculée pour valider la classification réalisée. La précision globale (P) et le coefficient de Kappa (K) des zones d'entraînement permettent de vérifier la qualité de l'apprentissage et donnent une estimation de la validité de la classification.

MATERIEL ET METHODES

Selon Kouakou (2015), le coefficient de Kappa (K) est excellent quand il est compris entre [0,81-1]; bon lorsqu'il est compris entre [0,61-0,80] ; et modéré entre [0,21-0,60]. Les résultats de la précision globale et du coefficient de kappa sont donnés par le logiciel ENVI 5.3.

❖ Correction et validation de la classification

Compte tenu des confusions pendant la classification supervisée, nous avons converti les classes d'occupation du sol Raste en Polygones, afin de faire correspondre les unités de paysages obtenues par classification au paysage réel. Cette étape a été réalisée sous le logiciel ArcGIS 10.4.1 grâce à son outil Raster to Polygon. Après extraction des informations, nous avons reconvertir le fichier en raster grâce à l'outil Polygon to Raster pour le résultat final.

2.2.1.4.2 Cartographie du facteur C

La carte de répartition des formes végétales ou encore du facteur C est extraite de la carte de l'occupation des terres Dans l'équation universelle de pertes en sol, l'action de la végétation traduite par le facteur C constitue le paramètre le plus déterminant et le plus dynamique pour les bassins versants (Khali *et al.*, 2017).

Cette classification a donné dix (10) classes. Une valeur de C a été attribuée en considérant le tableau de facteur C à chaque classe d'occupation du sol (tableau VIII). Enfin la carte d'occupation du sol a été convertir en raster en utilisant les valeurs de C.

MATERIEL ET METHODES

Tableau VIII : Valeur de C en fonction du type d'occupation du sol

Type d'occupation du sol	Facteur C
Sols nus	1
Forêts dégradées	0,7
Savane herbeuse dégradée	0,6
Mosaïques cultures	0,5
Cultures de riz	0,5
Roches	0,45
Savane arborée et arbustive	0,3
Mangrove	0,28
Habitats	0,2
Zone reboisée	0.18
Forêts denses	0,001

2.2.1.5. Evaluation du facteur P

Le facteur « P » exprime l'influence des méthodes de conservation sur l'érosion. Les cultures en courbes de niveau, en bandes alternées ou en terrasses, les reboisements en banquettes, le buttage et le billonnage sont les pratiques les plus efficaces de conservation des sols. Les valeurs de P sont inférieures ou égales à 1. La valeur 1 est attribuée aux terrains sur lesquels aucune des pratiques citées n'est utilisée. Les valeurs de P varient selon la pratique adoptée et aussi selon la pente. Dans tout le bassin versant de Gnah, il n'y a pas d'aménagements antiérosifs. Ainsi, le facteur conservation des sols (P) est considéré comme invariant ($P = 1$).

2.2.2 Détermination des pertes de sols dans la zone

La carte des pertes en sol a été réalisée par l'intégration des différents paramètres des pertes de sol dans le logiciel ArcMap. Par la suite le croisement de ces paramètres a été nécessaire pour obtenir la carte des pertes de sol dans la zone d'étude grâce à son outil « Raster calculator ». Ce diagramme résume le modèle RUSLE utilisé dans ce travail (Figure 7).

MATERIEL ET METHODES

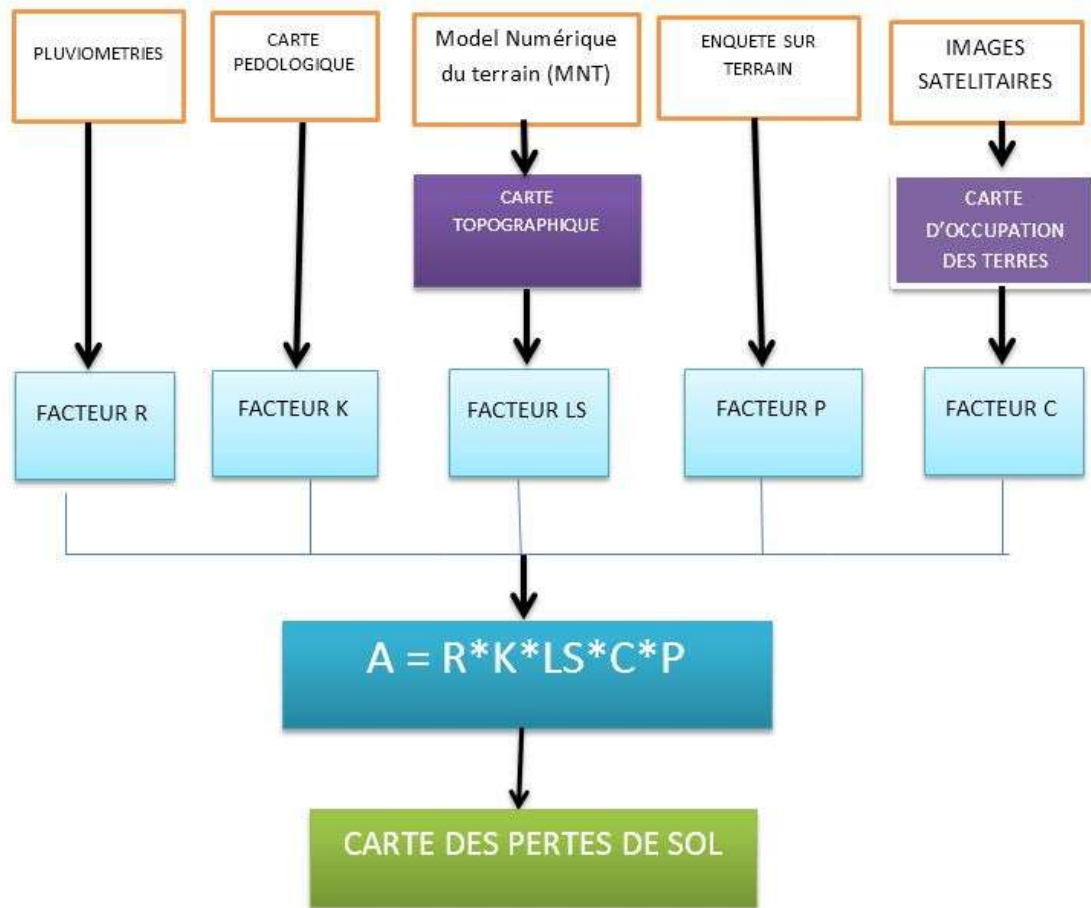


Figure 8 : Organigramme des étapes de cartographie de l'aléa érosion hydrique sur le bassin versant

La classification adoptée est celle établie aux Etats-Unis, fondée sur la tolérance des sols aux pertes rapportée par Sadiki *et al.*, (2004). Elle suppose qu'en moyenne, les sols agricoles peuvent tolérer des pertes en sol allant jusqu'à 7,41 t/ha/an tout en permettant un niveau élevé de production agricole. Lorsqu'on dépasse les 20 t/ha/an, la perte est forte et les sols deviennent très dégradés, ce qui peut nuire à la production agricole (N'go, 2013 ; Fofana, 2019). Ce qui signifie que le seuil de tolérance des sols est de 20 t/ha/an.

2.2.3. Caractérisation de la morphologie des retenues d'eau

2.2.3.1 Élaboration de la carte bathymétrique

L'étude de la morphologie du fond de barrage hydroagricole de Gnah a été réalisée par l'intermédiaire des levés bathymétriques. Ces levés ont été effectués à l'aide d'un échosondeur de type Lowrance. Pour ce faire, les différentes profondeurs de la colonne d'eau ont été mesurées sur l'ensemble de la surface des retenues non couvertes par les végétaux aquatiques envahissants (figure 9). Les sondages ont été réalisés avec une fréquence de 455 kHz qui permet aux signaux émis de ne pas pénétrer les vases (Kouassi, 2007) Les radiales ont été effectuées

MATERIEL ET METHODES

dans le sens longitudinal et transversal du cours d'eau. Les profondeurs obtenues représentent ainsi la distance entre la position du transducteur de l'échosondeur et l'interface eau-sédiment (Adiaffi *et al.*, 2016).



Figure 9 : Aperçu de la zone de réalisation des levées bathymétriques (Google Earth, 2021)

La méthode d'interpolation retenue est l'IDW (Inverse Distance Weighting) avec un pas d'espace en X et Y de 150 m. Ainsi la carte bathymétrique est réalisée par le biais d'une interpolation IDW sous le logiciel ArcMap.

2.2.3.2 Calcul du volume de la retenue

Le calcul du volume du réservoir consiste tout d'abord à déterminer les surfaces S_1 ; S_2 ...; S_n des plans d'eau correspondant aux courbes de niveau espacées de h . Ces courbes caractéristiques de la retenue donnent les différents volumes d'eau et les surfaces pour chaque courbe de niveau de la retenue (Nshimirimana, 2010). Le volume partiel V_i compris entre deux courbes de niveau successives est donné par l'équation :

$$V_i = \frac{S_{(i-1)} + S_i}{2} \times H \quad \text{eq6}$$

Avec : V_i : Volume d'eau entre les courbes de niveau $i-1$ et i ;

H : Dénivelée entre les deux courbes de niveau $i-1$ et i soit $H_i - H_{i-1}$;

S_i : Surface du plan d'eau correspondant à la courbe i , (H_i) ;

S_{i-1} Surface du plan d'eau correspondant à la courbe $i-1$ (H_{i-1})

MATERIEL ET METHODES

A l'aide d'un outil du système d'information géographique, notamment le logiciel ArcMap et du bas vers le haut, on calcule ainsi les volumes correspondant à chaque tranche :

Le volume de l'eau dans la retenue à la date des levés est obtenu en faisant le cumul des différents volumes

Tableau IX : Procédure de calcul du volume d'eau stocké dans la retenue sous acrgis.

Etapes	Profondeurs du fond	Surfaces	Hauteur	Surfaces moyennes	Volumes élémentaires	Volume cumulé
0		0	0	0	0	V_1
1		S_1	H	$S_1/2$	$(S_1/2)*H$	$V_1 + V_2$
2		S_2	H	$(S_1 + S_2)/2$	$(S_1 + S_2)*H/2$	$V_2 + V_3$
3		S_3	H	$(S_2 + S_3)/2$	$(S_2 + S_3)*H/2$	$V_3 + V_4$
...
N		S_n	H	$(S_{n-1} + S_n)/2$	$(S_{n-1} + S_n)*H/2$	$V_n = \sum_{i=0}^n V_i$

2.2.3.3 Volume de sédiment

Le volume des sédiments a été calculé à partir de levées bathymétriques. Le premier levé bathymétrique est représenté par la topographie de départ et le second s'est fait sans pénétration des vases en Août 2020. La côte de l'eau en initiale est ajustée à celle de 2020 afin de coïncider le niveau et la période des deux levées. Ensuite nous avons calculé uniquement le volume de l'eau dans la retenue par le biais des levées bathymétriques de 2020. Ainsi, la différence entre le volume normal (le volume initial avant la mise en service du barrage) et celui de 2020 permet d'avoir le volume de sédiment. Ce calcul est traduit par la formule ci-dessous.

$$VS = V_i - V_{2020} \quad \text{Eq7}$$

V_s : volume des Sédiments

V_i : volume initial avant la mise en marche du barrage de Gnah

V_{2020} : Volume de l'eau dans la retenue de la retenue en 2020

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION

RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Résultats

3.1 1. Cartes des différents facteurs de l'érosion

3.1.1.1. Facteur R

L'érosivité de la pluie a été calculé à partir des mesures de deux (2) stations météorologiques situées à proximité du bassin en appliquant l'équation de Roose (équation 2). L'interpolation de ces données a permis de dresser une carte de répartition des isohyètes dans le bassin versant, le calcul du facteur d'érosivité des pluies R a permis d'aboutir à une évaluation globale de l'agressivité des pluies sur la zone d'étude. La carte de spatialisation du facteur R montre une légère augmentation des valeurs d'érosivité du nord au sud. Les valeurs du facteur R varient entre 543 et 641 (MJ mm/ha.h.an)(Figure 9).

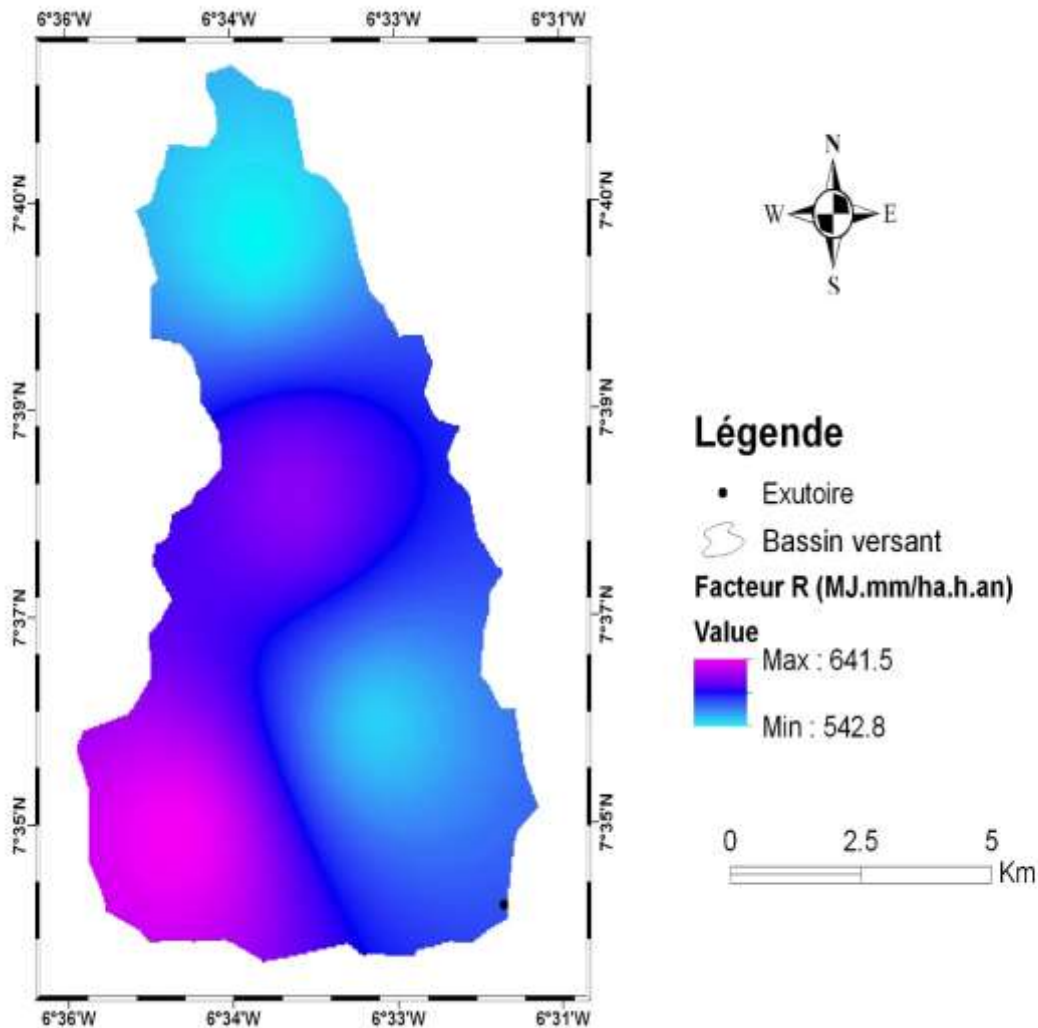


Figure 10: Carte d'érosivité des pluies

RESULTATS ET DISCUSSION

3.1.1.2. Facteur K

La carte de la variation du facteur K (Figure 10) varie de 0,2 à 0,34 t.h/ha/MJ/mm. Mais la quasi-totalité du sol a une valeur du facteur K élevée de cette zone. Ainsi les valeurs de 0,34 t.h/ha/MJ/mm et 0,20 t.h/ha/MJ/mm occupent respectivement environ 96 % et 4% de la zone l'étude.

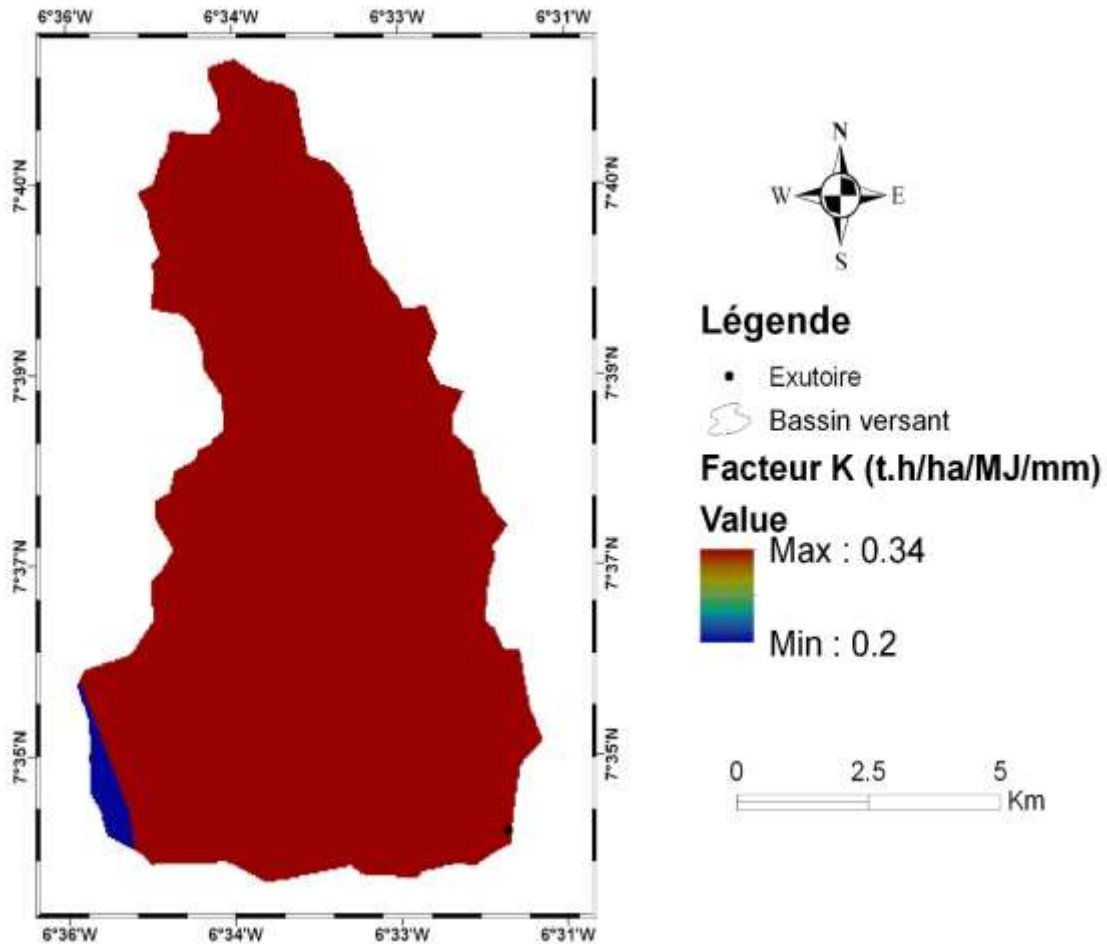


Figure 11: carte de facteur K de la zone d'étude

3.1.1.3. Facteur LS

La classification des valeurs de LS selon le modèle établi aux Etats-Unis a permis d'apprécier qualitativement les valeurs du facteur LS dans la zone d'étude (Figure 12). Ainsi la zone d'étude est constituée de 98% de la surface totale de pente faible dont la valeur moyenne de répartition de 0,35. Les valeurs du facteur LS Fort (1,3%) et très Fort (0,8%) sont répartis faiblement dans la zone d'étude avec une moyenne de répartition respective des valeurs de 10,36 et 23,18 et 5,32.

RESULTATS ET DISCUSSION

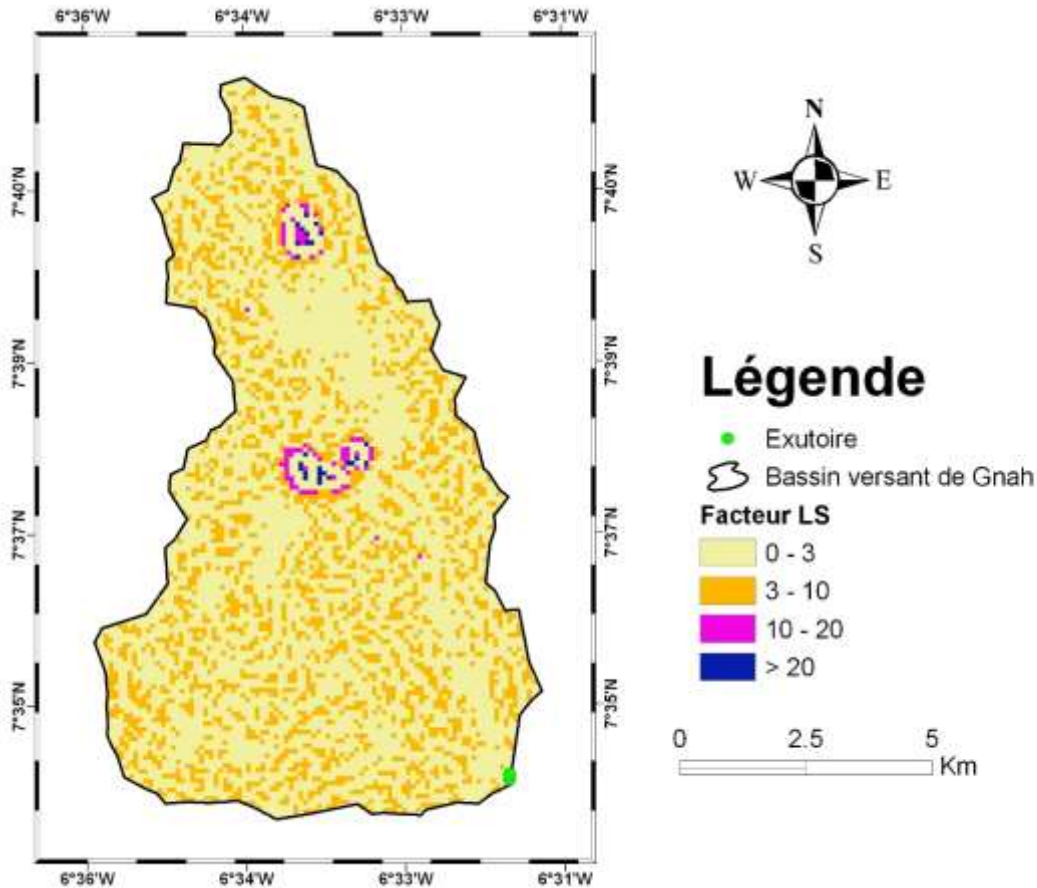


Figure 12: Carte du facteur LS

3.1.1.3 Cartographie du couvert végétal

3.1.1.3.1 Carte d'occupation du sol

La classification supervisée nous a permis d'identifier dix (10) classes disséminées sur toute la zone d'étude. La carte d'occupation du sol en 2021 montre que la majeure partie de la zone d'étude est constituée de cultures pérennes, de mosaïques cultures et de forêts dégradées (Figure13). Ces trois types d'occupation de sol représentent respectivement 14,8 % soit 1165,41 ha, 23,2 % soit 1827,18 ha et 32,5 % soit 2561,75 ha. Les classes eau, rizières et roches occupent respectivement chacune 0,8 % et 1,3 % et 2,5 % soient 63,72 ha, 103,5 ha et 193,86 ha. La classe forêt dense occupe 9,6 % soit 758,8 ha tandis que la classe anacardier représente 6,4 % soit 151,11 ha. La classe Habitats regroupant, les habitats précaires et les habitats ruraux, constitue 542,07 ha, soit 1,9 % de la superficie totale. En ce qui concerne les sols nus, ils sont, tous les espaces dénudés qui n'ont aucun bâti. Ils peuvent également comprendre les terrains en cours de lotissement ou en construction. Cette classe représente 542,07 ha soit 6,9 % de la zone d'étude.

RESULTATS ET DISCUSSION

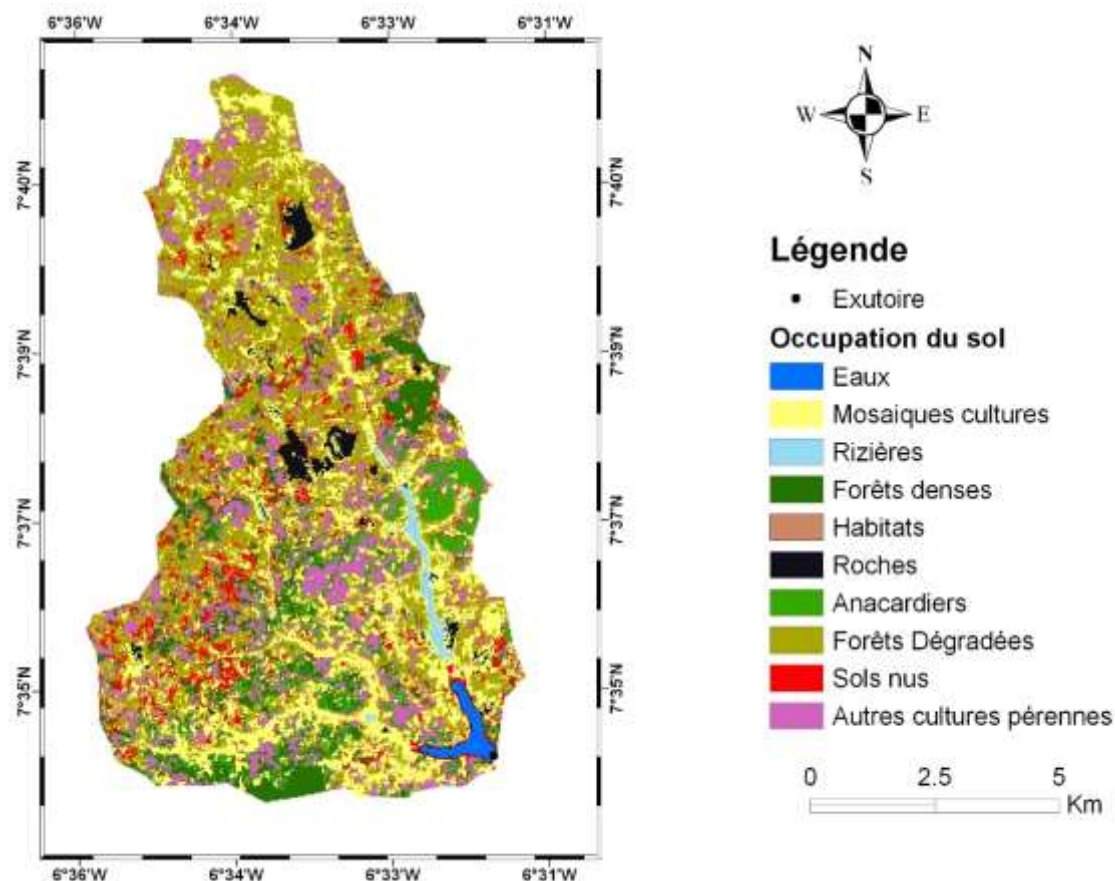


Figure 13: Carte d'occupation du sol de la zone d'étude

Tableau X : Matrice de confusion

Classes	Eaux	Mosaiques cultures	Rizières	Forêts dense	Habitats	Roches	Anacardiens	Forêts dégradées	Sols nus	Autres cultures pérennes
Eaux	98,90	0	0,8	00	00	00	00	00	0,01	00
Mosaiques cultures	0,02	87,5	10,01	0,002	1,5	2,03	0,003	5,31	3,6	0,45
Rizières	0,34	2,52	80,07	0,21	0,84	00	0,067	1,2	00	0,23
Forêts denses	0,002	00	00	85,91	00	00	3,95	3,31	00	8,6
Habitats	0,004	0,1	1,8	00	87,95	1,2	00	8,15	1,1	00
Roches	00	1,8	0,15	0,1	0,5	90,65	00	2,5	0,1	0,02
Anacardiens	00	1,2	1,8	5,3	00	00	90,86	1,02	00	10,35
Forêts dégradées	0,042	4,4	3,81	1,5	5,56	3,51	1,02	61,83	10,5	1,48
Sols nus	0,002	4,1	1,12	00	6,65	2,18	00	13,5	75,5	00
Autres cultures pérennes	0,5	1,3	1,45	7,02	1,5	0,43	4,1	2,5	00	79,55
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

RESULTATS ET DISCUSSION

3.1.1.4. Facteur C

La figure 14 présente des valeurs du facteur C dans la zone d'étude variant de 0 à 1. Le facteur C fournit des informations sur l'utilisation des terres. Les différents types d'utilisation du sol dans la zone d'étude sont la surface bâtie, les sols nus, les plans d'eau, les roches, et la couverture végétale principalement composés de forêts dégradées, forêts denses, anacardières, rizières, mosaïques cultures, autres cultures pérennes. Les faibles valeurs de C correspondent à différentes aux plans d'eaux tandis que les valeurs élevées correspondent à la forêt dégradée et les sols nus. De plus, les résultats montrent que la valeur moyenne du facteur est 0,248

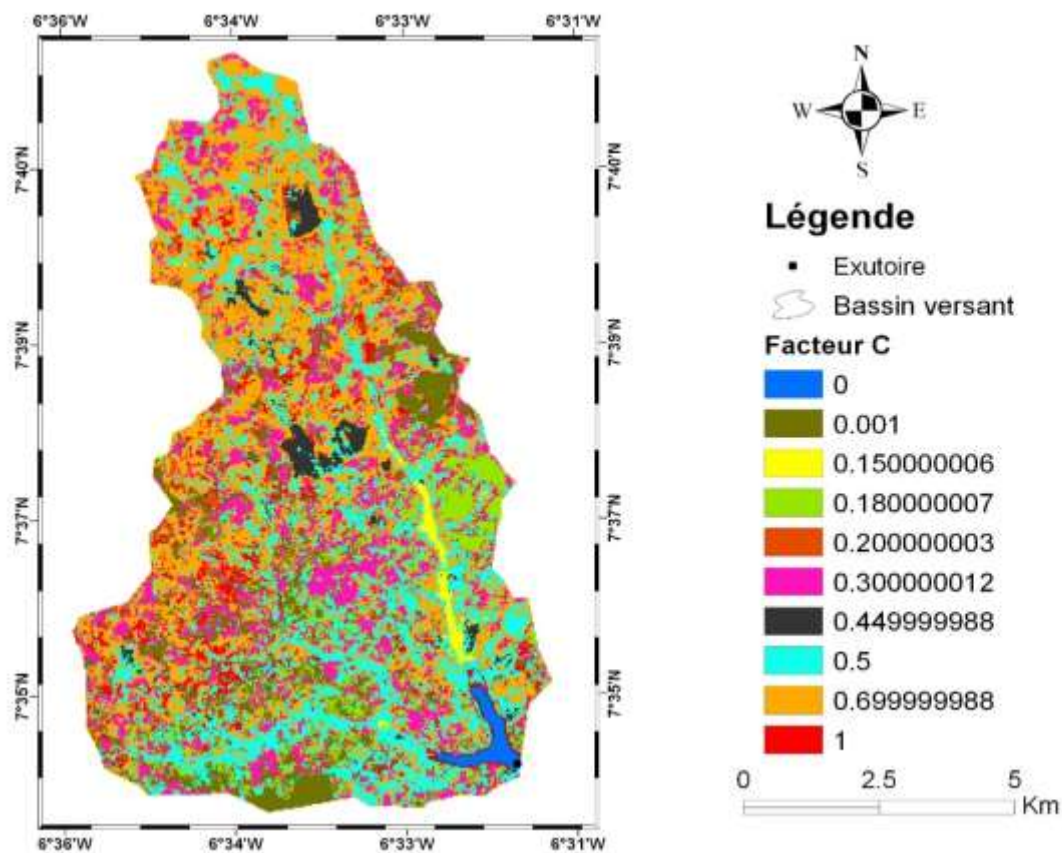


Figure 14: Carte du facteur C

3.1.1.5. Perte des sols de la zone d'étude.

Le croisement des cartes des principaux facteurs intervenants dans l'érosion hydrique des sols permet d'obtenir la carte des pertes en sols en tout point du bassin versant (Figure 15).

Ainsi, pour simplifier la lecture de la carte des pertes en sol et mieux orienter les aménagements de lutte contre l'érosion, nous avons adopté la même classification des pertes en sols de Sadiki

RESULTATS ET DISCUSSION

et al. (2004) qui s'est inspiré de la classification faite aux Etats-Unis fondée sur un seuil des pertes de sols de 20 (t/ha/an).

La perte moyenne par érosion hydrique en nappe pour l'ensemble du bassin de Gnah est d'environ 24,7 (t/ha/an) ce qui donne des pertes totales annuelles de 194 444,23 t/an sur tout le bassin versant. Les taux d'érosion diffèrent d'une zone à l'autre du bassin versant, selon l'influence des différents facteurs. En effet, les valeurs de perte de sol dues à l'érosion hydrique dans le bassin versant de Gnah sont regroupées en 4 classes (Figure 15). La classe des faibles pertes de sols est identifiée sur 25% du bassin versant de Gnah soit 1968,06 ha. Cette classe de perte du sol est située plus au sud du bassin versant. Les pertes moyennes de sol sont dispersées dans tout le bassin. Cette classe occupe 13% de la zone d'étude soit 11023,39 ha. Concernant la classe les fortes et très fortes pertes de terrains représentent respectivement 32% et 30% de la zone d'étude soient respectivement 2519,11 ha et 2361,7 ha de la zone d'étude.

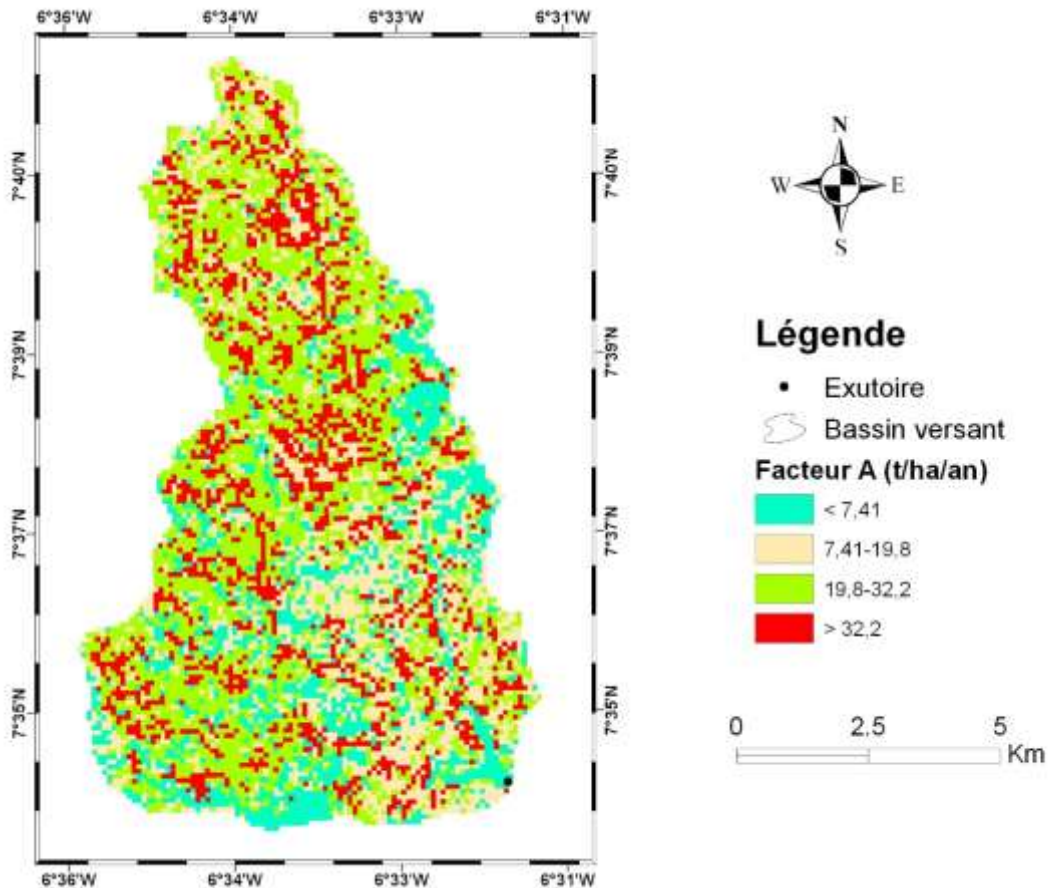


Figure 15: Carte de pertes des sols

L'analyse de la carte des pertes des sols s'est basée selon le modèle établie aux Etats-Unis. Après l'application de l'équation 1 Du modèle RUSLE, les valeurs des pertes de sol varient de 0 à 36348 t/ha/an. Nous avons utilisé l'outil « zonal statistics as table» du logiciel Arc-Map

RESULTATS ET DISCUSSION

pour établir le tableau XI. Ce tableau met en exergue les différentes classes de pertes de sol. Ainsi la zone d'étude est majoritairement marquée par la classe des pertes élevées valeur des pertes.

Tableau XI : Facteurs caractéristiques des sols de la zone d'étude

Pertes de sols (T/ha/an)	Classe	Surfaces (ha)	Surfaces (%)	Moyenne des valeurs	Pertes des sols (t/an)	Perte des sols (%)
<7,41	Faible	1968,06	25	3,256	25584,75	2,2
7,41-19,8	Moyenne	11023,39	13	12,56	98875,21	8,6
19,8-32,2	Forte	2519,11	32	25,21	198458,9	17,2
>32,2	Très forte	2361,7	30	105,36	829418,15	72
Total		7872.23	100	146	1152337	100

3.1.2 Caractéristique de la morphologie de la retenue d'eau de Gnah

3.1.2.1 La bathymétrie

La Figure 16 présente la carte bathymétrique de la retenue de Gnah. L'examen détaillé de la figure fait apparaître une morphologie de fond relativement complexe. Le fond de la retenue présente un relief un peu moins accidenté. Sur cette carte bathymétrique, l'écoulement se fait dans la direction Nord-Sud débouchant sur la prise d'eau. Les profondeurs varient progressivement d'un endroit à l'autre de l'amont vers la digue. Les profondeurs sont moins importantes et atteignent 5,27 m. La cote 350 m du plan d'eau a été retenue comme cote de référence et la superficie de la zone du levé bathymétrique est de 312,93 hectares.

RESULTATS ET DISCUSSION

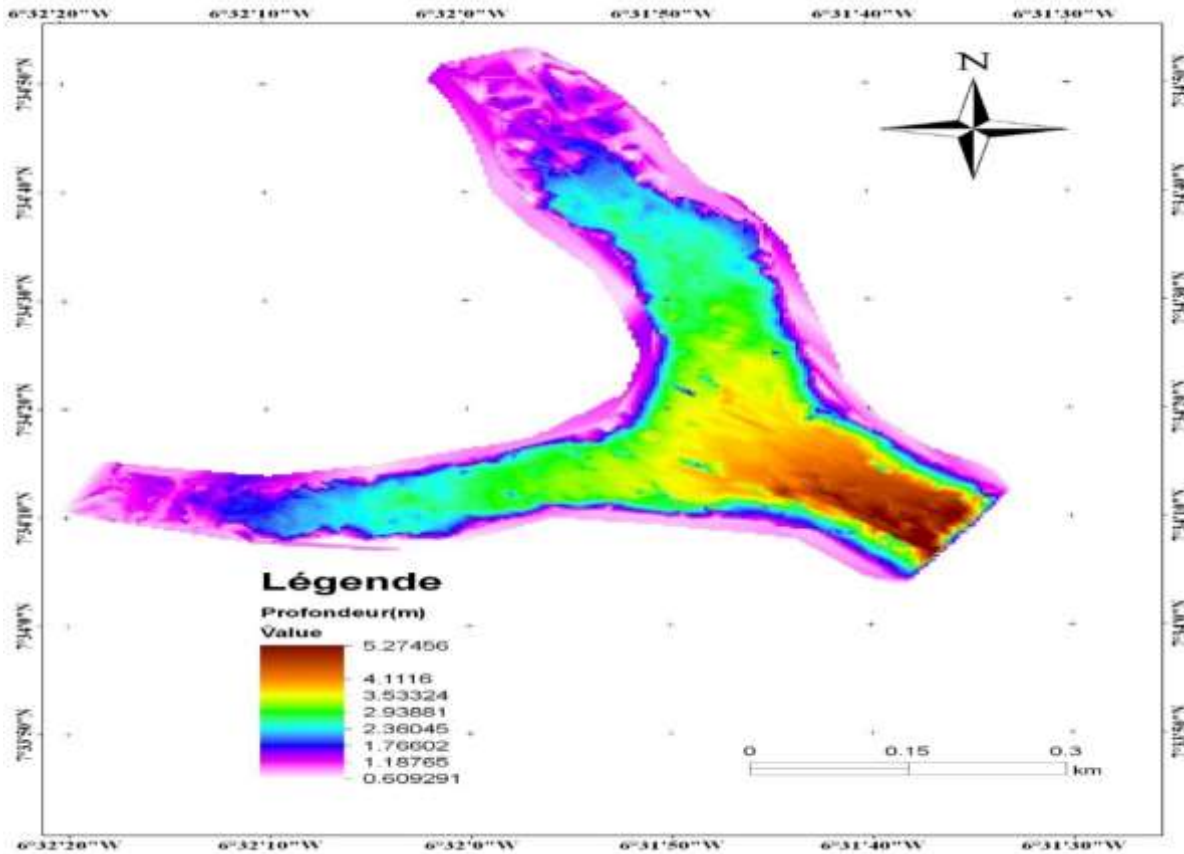


Figure 16: Carte bathymétrique

3.1.2.2. Volume de la retenue d'eau de Gnah

Grace à l'outil surface du logiciel ArcGIS et les données bathymétriques réalisées en octobre 2020, nous avons obtenu le volume de la retenue (Tableau XII). Ce volume fait 452200 m³ avec une surface de 240843,73 m² soient respectivement 54% et 67% . Des volume et surface initiaux de 2 660 000 m³ et 1140000 m².

Tableau XII : Volume et surface de Gnah en 2020

Année	Volume calculé		Surface calculée	
	Volume (m ³)	Volume (%)	Surface (m ²)	Surface (%)
2020	2 207 800	83	99 400	79

3.1.2.2. Volume de sédiments de la retenue d'eau de Gnah

La différence entre le volume initial et le volume actuelle de la retenue donne le volume du sédiment. Ce volume fait 452 200 m³ soit 17% de la retenue d'eau.

RESULTATS ET DISCUSSION

3.2. Discussion

L'étude des facteurs de l'érosion hydrique à savoir, la topographie, l'érodibilité, l'érosivité et le couvert végétal sur le bassin versant de Gnah a permis d'évaluer pour chaque facteur, le niveau de contribution au phénomène d'érosion. L'étude de la topographie révèle qu'elle a peu d'influence sur l'érosion du fait de faibles valeurs qu'elle présente sur l'espace d'étude. En effet, 98% de l'aire d'étude présente une valeur moyenne de topographie inférieure à 3 ($LS < 3$). De ce fait, le relief constitué de plaines alluvionnaires n'est pas favorable au ruissellement accéléré et donc ne permet pas l'ablation des matériaux constitutifs du sol. Nos résultats corroborent avec ceux de Fofana (2019) sur le bassin versant de la Lobo (Centre Ouest de la Côte d'Ivoire) qui caractérise cette zone comme une zone d'infiltration. Des études similaires réalisées par Bamba et al., (2020) dans le bassin versant du Bandama blanc au Nord de Côte d'Ivoire, ont également montré la faible importance de la topographie dans le processus d'érosion hydrique. D'ailleurs, Mostaphaouit et al., (2013) à travers leur analyse du risque de l'érosion hydrique des sols dans le bassin versant d'El Hamed (Boussaâda-Algérie) font remarquer que la topographie a une grande influence lorsqu'elle est importante, puisqu'elle fournit son énergie érosive à l'eau.

En outre l'érodibilité des sols est de faible importance dans notre zone d'étude car elle varie entre 0,2 et 0,34. Cette situation est liée à la nature des sols de l'espace d'étude. En effet, les acrisols ferriques ainsi que les cambisols ferrallitiques sont des sols relativement résistants à l'érosion hydrique des sols. Ces mêmes résultats ont été obtenus par N'go (2013) dans Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire et Fofana (2019) dans le bassin versant de Lobo (Centre-Ouest de Côte d'Ivoire). Si la topographie (LS) et l'érodibilité (K) n'ont pas d'influence sur la perte en sol, ce n'est pas le cas de l'érosivité des pluies (R) et le couvert végétal C.

Aussi dans notre zone d'étude, nous avons obtenu une valeur d'érosivité variant entre 543 MJ.mm /ha /h/an et 641,5 MJ.mm/ha/h/an. Une telle quantité de pluie arrache à son passage des terres vulnérables à travers l'effet splash. D'ailleurs, Roose (1994) qualifie ces valeurs importantes en Afrique de l'ouest par l'agressivité des pluies qui restent très accentuées à cause de la résistance du sol qui est très perméable. Ces résultats sont conformes à celui de (Fafana, 2019) qui a trouvé une valeur d'érosivité variant entre 534 MJ.mm/ha/h/an et 695 MJ.mm/ha/h/an dans le bassin versant du Nord de la Lobo Centre Ouest de Côte d'Ivoire.

Les valeurs du facteur C obtenues dans notre zone d'étude montre bien que le couvert végétal dans l'ensemble de notre zone d'étude que est le facteur le plus déterminant de phénomène érosif. Dans notre zone d'étude nous avons obtenu 6,9% et 32,9% qui représentent respectivement les proportions des sols nus et les forêts dégradées. Ces deux classes contribuent

RESULTATS ET DISCUSSION

à une accélération de l'érosion hydrique. En effet, du point de vu de l'occupation de notre zone d'étude, les sols ne sont pas totalement couverts. Cela est dû à la présence des sols nus et des forêts dégradées. La superficie des cultures pérennes est inférieure à celle des cultures annuelles. Cette couverture végétale mal répartie sur l'ensemble du bassin versant favorise l'impact des gouttes de pluies et le manque de matières organiques aux sols ce qui augmente l'instabilité structurelle du sol. Cela favorise l'érosion hydrique des sols. Nos résultats diffèrent de ceux obtenus par Kouassi (2020) sur le bassin versant de la rivière Babadou qui montre clairement le rôle prépondérant de la végétation dans le phénomène érosif.

La quantification de perte en sol entreprise, indique que la perte en sols varie de 0 à 24921,8 t/ha/an. La perte moyenne par érosion hydrique en nappe pour l'ensemble du bassin de Gnah est d'environ 24,7 t/ha/an ce qui donne une perte annuelle de 194444,23 t/an sur tout le bassin versant. Les taux d'érosion diffèrent d'une zone à l'autre du bassin versant influençant des différents facteurs. Selon la classification adoptée par (Sadiki et al., 2013 ;N'go, 2013 ; Fofana, 2019) , une érosion très faible à faible varie entre 0 et 7 t/ha/an, une érosion modérée entre 7 et 19,77 t/ha/an, alors qu'au-delà de 20 t/ha/an, l'érosion est forte (22 à 33 t/ha/an) à très forte (>33 t/ha/an). D'après ces auteurs l'érosion moyenne de notre zone d'étude indique qu'il subit une forte érosion. Par conséquent, les zones à forte taux d'érosion évoluent de 62% dans notre zone d'étude. Elles se focalisent sur les zones à pente élevés et à sols nus ou forêts dégradées. Cette assertion est justifiée par Meledje (2016) qui affirme dans ces travaux les pertes de sols moins importantes sont associées aux couverts denses tels que les forêts, à l'inverse les valeurs les plus élevés sont assignées aux sols nus ou sous couverts dégradés. Cependant, selon N'go (2013) et Fofana (2019), l'absence du couvert végétal et le manques des pratique antiérosives, c'est-à-dire la quantité de perte potentielle de sols du bassin serait 2,5 fois la quantité perte de sols effective déterminée. Par conséquent, la perte moyenne passerait dans ce cas dans la zone d'étude de 24,7 t/ha/an à 61 ,75 t/ha/an. Ainsi, l'absence totale ou une dégradation plus avancée de la forêt serait néfaste à cette région dont le poumon de l'économie est essentiellement l'agriculture.

Par ailleurs, les caractéristiques de la morphologie de la retenue a été faite par le biais des levés bathymétriques sans pénétration des vases Ce qui a montré que le barrage de Gnah a profondeur maximale de 5,27 m, une capacité d'eau de 22078000 m³. Soit 83% du volume totale de la retenue. Ces résultats sont différents de la profondeur initiale (8m) de l'eau et le volume initial (2660000m³) de la retenue du barrage de Gnah. Ce qui pourrait expliquer la présence de sédiments au fond du barrage.

RESULTATS ET DISCUSSION

Quant au volume, la différence entre le volume initial et le volume calculé constitue le volume des sédiments. Ainsi, La retenue aurait perdu 17% de sa capacité de stockage. En effet, l'érosion hydrique arrache en amont les particules au niveau de la surface et les achemine par ruissellement vers le fond de la retenue du barrage. Ces particules au fond de la retenue occupent un volume préalable ce qui réduit la capacité de stockage du barrage.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette présente étude a pour objectif principal de déterminer l'ampleur de l'érosion hydrique des sols sur le bassin versant de Gnah. La quantification des pertes de sol dans le bassin versant de Gnah a été effectuée à l'aide du modèle Revised Universal Ground Loss Equation (RUSLE). Les résultats obtenus montrent que les sols du bassin versant de Gnah ont été affectés par plusieurs facteurs favorisant, le phénomène d'érosion à savoir l'érodibilité des sols, érosivité de pluies, le facteur topographique et le couvert végétal. La spatialisation de la quantité de perte de sol nous a permis de connaître l'ampleur de l'érosion hydrique dans la zone étudiée avec une répartition montrant des taux d'érosion faible (25%), moyen (13%), fort (32%) et très fort (30%) avec un taux moyen de pertes de sol de 24,7 t/ha/an. Aussi 62% des pertes de sol sur tout le bassin versant serait supérieur à 19,77 t/ha/an. Cependant les levés topographiques nous ont permis de connaître le volume des sédiments. Donc la zone d'étude souffrirait d'un phénomène érosif très sévère qui arrache les particules à la surface de la terre et les achemine dans le barrage de Gnah qui se trouve à l'. Ce qui entraîne des conséquences immédiates sur le cadre de vie du lac ainsi que les ouvrages du barrage. D'où la nécessité des systèmes antiérosives

Nous recommandons aux décideurs publics et privés :

- Sensibiliser les populations de la zone d'étude à prendre conscience sur l'ampleur de l'érosion hydrique dans l'avenir.
- De mener des campagnes de sensibilisation des paysans de la zone sur les pratiques antiérosives.
- Organiser des campagnes de reboisements
- Encourager les paysans à appliquer les pratiques antiérosives
- Calculer dans les prochaines années, un autre volume des sédiments afin de déterminer le taux de sédiments

REFERENCES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adiaffi B., Wango T.E., Gnamba F.M., Kpan O.J.G. & Baka D. (2016). Analyse De La Relation pluie-Débit dans un Contexte de variabilité climatique dans la région de Katiola. *International Journal of Engineering Science Invention*, 12(5) : 38–45.
- Affessi A.C.S.D. (2020). Exploitation de données satellitaires pour la cartographie des zones à risque d'inondation dans la zone de Grand-Bassam (Sud-Est, Côte d'Ivoire). Mémoire De Master, UFR Environnement, Option : Génie de l'Eau et De L'Environnement, Université Jeau Lorougnon Guédé de Daloa (Daloa, Côte d'Ivoire), 49 p.
- Arnold J.G., Wall G., Moore N., Baldwin C.S. & Shelton I.J. (1995), Fiche technique de l'érosion du sol – causes et effets, Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires Rurales de l'Ontorio, Division Agriculture et Affaire Rurales. Guelph (Canada). 7 p.
- Beauchamp J. (2006). L'eau et le sol. L'université de Picardie, Paris(France) 108 p.
- Water Quality Model : Their use and application. In : *Southern Cooperative Series Bulletin*, 398 : 107-117.
- Deguy J.P.A., N'go A.Y., Kouassi K.H., Soro E.G & Bi Goula A.T. (2018). Contribution of a Geographical Information System to the study of soil loss dynamics of the Lobo catchment (Côte d'Ivoire). *Journal of science and environmental protection* 6 : 183-194.
- Demangeot J. (1992). Les milieux naturels du globe. *Masson*,: 276 p.
- El Garouani A., Chen H., Lewis L., Triback A. & Abahrour M. (2008). Cartographie de l'utilisation du sol et de l'érosion nette à partir d'images satellitaires et du SIG IDRISI au Nord-Est du Maroc, *Téledétection*, 8(3) : 193-201.
- FAO (2009). Harmonized World Soil Database. Rome(Italie), 43p
- Fofana M (2019). Contribution d'un Système d'Information Géographique à l'estimation de l'érosion hydrique des sols sur le bassin versant de la Lobo (Daloa, Côte d'Ivoire). Mémoire De Master, UFR Environnement, Option : Génie de l'Eau et De L'Environnement, Université Jeau Lorougnon Guédé de Daloa (Daloa, Côte d'Ivoire), 47 p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Foster G.R., Meyer L.D. & Onstad C.A. (1996). a) An erosion equation derived from basic erosion principles. b) A runoff erosivity factor and variable slope length exponents for soil estimates. *Transaction On the ASAE*, 20 : 672-687.
- Foster G.R., Meyer L.D. & Onstad C.A. (1977). A runoff erosivity factor and variable slope length exponents for soil loss estimates. *Transactions on the ASAE*, 20(4) : 683-687
- George Y. (2008). Contribution à l'évaluation de l'érosion dans le bassin versant de la rivière Grise pour un meilleur plan d'aménagement. Mémoire de Maîtrise en gestion des risques naturels, Université de Liège (Liège, Belgique), 122 p.
- GWP (Partenariat Mondial de l'Eau) (2009). Stratégies 2009-2013, 23 p.
- JICA (2001). Plan Directeur de Gestion intégrée des ressources en eau en Côte d'Ivoire- Rapport Final, Rapport principal. Agence Japonaise de Coopération Internationale, Cabinet du Premier Ministre, République de la Côte d'Ivoire : 5-11
- Jilali R. (2013). Etude d'impact de la variabilité des précipitations sur la dégradation des sols : Cas de la région Tangéroise. Thèse de Doctorat, Institut agronomique et vétérinaire Hassan II (Tanger, Maroc), 49 p.
- Khali Issa, L, Raissouni, A., El Arrim, A. & Moussadek, R. (2014). Mapping and assessment of water erosion in the Khmiss Watershed (North Western Rif, Morocco). *Current Advances in Environmental Science*, 4, 119-130.
- Kouassi K.L. (2007). Hydrologie, transport solide et modélisation de la sédimentation dans les lacs des barrages hydroélectrique de Côte d'Ivoire : Cas du lac de Taabo, Thèse de Doctorat unique, Université Nangui Abrogoua (Abidjan, Côte d'Ivoire), 197 p.
- Kouassi K.L., Wognin V.I., Gnagne T., N'go Y.A., Courivaud J.R., Kassy P., Démé M. & Aka K. (2007). Caractérisation des sables et morphologie du fond du lac du barrage hydroélectrique de Taabo (Côte d'Ivoire). *Sciences et Nature*, 4(1) : 93-103.
- Kouakou K.S. (2015). Cartographie du risque d'inondation sur le bassin versant du Gourou (District d'Abidjan). Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Sciences et Gestion de l'Environnement, Option : Géosciences et Environnement, Université Nangui Abrogoua (Abidjan, Côte d'Ivoire), 68p.
- Kouassi K.H. (2013). Caractérisation et cartographie des zones humides littorales par l'apport des données radar polarimétriques et optiques : application aux zones de Sassandra, de Grand-Lahou et d'Abidjan (Côte d'Ivoire), Thèse de doctorat unique, Université Nangui Abrogoua, (Abidjan, Côte d'Ivoire), 159 p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Kouassi K.H., KOUA T.J.J., ZRO BI G.F. & N'GO Y.A. (2020). Contribution of a Geographical Information System to the study of soil erosion by water in the watershed of the hydro-agricultural dam of Babadou (Cote d'Ivoire). *International journal of Innovation and applied studies*, 28: 458-467
- Mccool D.K., Foster G.R., Mutchler C.K., & Meyer L.D. (1989). Revised slope length factor for the Universal Soil Loss Equation. *Transactions of the ASAE*, 32 : 1571-1576.
- Meledje N. (2016). Meledje N. (2016). Modélisation de la dynamique hydrologique et du flux des sédiments dans le lac du barrage hydroélectrique d'ayame1. Thèse Unique de Doctorat de l'Université Nangui Abrogoua (Abidjan), Côte d'Ivoire, 267 P. Thèse Unique de Doctorat, Université Nangui Abrogoua (Abidjan) (Côte d'Ivoire), 267 P.
- Mitasova, H., Hofierka, J., Zlocha, M. & Iverson, LR. (1996). Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS. *Int J GIS*, 10:629–642
- N'go Y.A. (2013). Hydrologie et dynamique de l'état de surface des terres dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire : impacts et moteurs de dégradation. Thèse De Doctorat, UFR Des Sciences Et Gestion De L'Environnement, Université d'Abobo Adjamé (Abidjan, Côte d'Ivoire), 220 p.
- N'go Y.A., Yace P., Savane I. & Aka K. (2004). Impact de la variabilité climatique et actions anthropiques sur l'évolution hydrologique et sédimentologique de l'estuaire d'un fleuve de l'Afrique de l'Ouest : le Sassandra. *Bioterre, Revue Internationale de Science de la vie et de la terre*, 4(1) : 59-73.
- N'go Y.A., Kouadio A.Z., Deguy J.P.A., Hien A.S., Goula A.B.T. & Savané I. (2018), influence de la dynamique de 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*, 6(4) : 830-838
- Nshimirimana G (2010). Caractéristique du barrage-aménagement hydroagricole de moutori (dano) et scénarios d'utilisation de l'eau pour une irrigation efficace et durable. Institut International d'Ingénierie de l'Eau et Environnement (Ouagadougou, Burkina Faso), 64 p
- Ouattara A. (2000). Premières données systématique et écologiques du phytoplancton du Lac d'Ayamé (Cote d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Leven (Belgique), 226 p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Payet E., Dumas P. & Pennober G. (2011). 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*, 11(3) : 91-125.
- Prasuhn A., Liniger H., Gisler S., Herweg K., Candinas A. & Clément J-P. (2013). A high-resolution soil erosion risk map of Switzerland as strategic policy support system. *Land use policy*, 32 : 281 - 291.
- Renard K.G., Foster G.R., Weesies G.A., McCool D.K. & Yoder D.C. (1997). Predicting soil erosion by water : A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), Agricultural Handbook 703, US Department of Agriculture, Washington. 384 p.
- Roose E. (1981). Dynamique actuelle d'un sol ferrallitique désaturé sur sédiments argilosaleux sous culture et sous forêt dense humide subéquatoriale du Sud de la Cote d'Ivoire. *Adiopodoumé :1964 à 1976. Cahier Orstom Série Pédologie*, 17(4): 259–281.
- Roose E & Sarrailh JM. (1985). Erodibilité de quelques sols tropicaux. Vingt années de mesures en parcelles d'érosion sous pluies naturelles. *Cahier Orstom Série Pédologie*, 25 : 7-30.
- Roose E. (1994). Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). *Bulletin pédologique de la FAO*,(70): 420 p.
- Rose C.W. (1993). Erosion and sedimentation. Hydrology and Water Management in the Humid Tropics. UNESCO, Paris : 301-343.
- Ryding S.O. & Rast W. (1994).Le contrôle de l'eutrophisation des lacs et reservoirs.294 p
- Sadik A., Bouhlassa S., Auajjar J., Faleh A. & Macaire J.J. (2004). 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*, 26: 69-79.
- Smith D.D.(1941). Interpretation of soil conservation data for field use. *Agricultural Engineering*, 22 : 173–175.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Soro G.E. (2011). Modélisation statistique des pluies extrêmes en Côte d'Ivoire, thèse de Doctorat, Université Abobo Adjamé, (Abidjan, Côte d'Ivoire), 193 p.
- Terranova O., Antronico L., Coscarelli R. & Iaquina P. (2009). Soil erosion risk scenarios in the Mediterranean environment using RUSLE and GIS: An application model for Calabria (southern Italy). *Geomorphology*, 112 : 228-245.
- Warren S.D., Diersing V.E., Thompson P.J. & Goran W.D. (1989). An erosion-based land classification system for military installations. *Environmental Management*, 13(2): 251–257.
- Wischmeier W.H. & Smith D. (1978). Predicting rainfall erosion losses, a guide to conservation planning. *Agriculture Handbook*, 537:1-58.
- Yao A.B., Goula B.T.A., Kane A., Mangoua O. & Kouassi K.A. (2016). Cartographie du potentiel en eau souterraine du bassin versant de la Lobo (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire) : approche par analyse multicritère. *Hydrological Sciences Journal*, 61(1) : 856–867.
- Yoder D.C., Foster G.R., Weesies G.A., Renard K.G., McCool D.K. & Lown J.B. (2001). Evaluation of the RUSLE Soil Erosion Model, in Agricultural Non-Point Source Water Quality Model : Their use and application. *In : Southern Cooperative Series Bulletin*, 398 : 107-117
- Youssef S. (2011). L'érosion hydrique au Maghreb étude d'un cas : le bassin versant de l'oued Barbara (Tunisie septentrionale). Mémoire De Maitrise En Géographie, Université du Québec (Montréal, Canada), 143p.
- Zingg A.W. (1940). Degree and length of land slope as it affects soil loss and runoff. *Agricultural Engineering*, 21(2): 59-64

RESUME

L'objectif de ce présent travail est d'estimer les pertes en sol au niveau du bassin versant de Gnah (centre ouest de la Cote d'Ivoire), l'un des sous bassin versant de la Lobo. L'utilisation des Systèmes d'Information Géographique. Le modèle de Wischmeier a été adopté pour la modélisation des principaux facteurs impliqués dans les phénomènes érosifs. Le bassin versant de Gnah s'étend sur une superficie de 7877,23 ha, à l'extrême nord du grand bassin versant de la Lobo. Il est caractérisé par une altitude qui varie de 264 à 402 m avec une moyenne de 316 m. Le facteur d'érosivité R est en moyenne de 592,15 Mj.mm/ha.h.an avec une valeur maximale de 641,34 Mj.mm/ha.h.an. Le facteur d'érodibilité des sols varie de 0,2 à 0,34 avec une moyenne de 0,27. Le facteur topographique LS varie de 0 à 64,2. La confrontation des différentes cartes de ces paramètres a permis de déduire la carte d'érosion à partir de laquelle, il ressort que le phénomène d'érosion touche l'ensemble du bassin versant de Gnah mais à des niveaux différents. Ainsi, le taux moyen des pertes en sol est de 24,7 t/ha/an, avec 62% de la superficie du bassin versant est soumise à une érosion supérieur à 19,77 t/ha/an enregistrée principalement au niveau des zones caractérisées par une pente forte, érodibilité élevée et un faible couvert végétal, ce qui témoigne l'importance de ce phénomène au niveau du bassin étudié. Cependant l'étude de la morphologie montre que le barrage qui se trouve en amont a perdu 17 % de sa capacité de stockage d'eau.

Mots clés : Erosion hydrique, perte des sols, bassin versant, taux

ABSTRACT

The objective of this present work is to estimate the soil losses at the level of the Gnah watershed (central west of the Ivory Coast), one of the Lobo watersheds. The use of Geographic Information Systems. Wischmeier's model was adopted for modeling the main factors involved in erosive phenomena. The Gnah watershed covers an area of 7,877.23 ha, in the extreme north of the large Lobo watershed. It is characterized by an altitude that varies from 0.3 m to 501.21 m with an average of 450 m. The erosivity factor R is on average 592.15 Mj.mm/ha.h year with a maximum value of 641.34 Mj.mm/h.h year. The soil erodibility factor varies from 0.2 to 0.34 with an average of 0.27. The topographic factor LS varies from 0 to 290.7 with an average of 151. The comparison of the different maps of these parameters made it possible to deduce the erosion map from which, it appears that the phenomenon of erosion affects the entire catchment area of Gnah but at different levels. Thus, the average rate of soil loss is 24.7 t / ha / year, with 62% of the catchment area being subject to erosion more than 19.77 t / ha / year recorded mainly at the zone level. Characterized by a steep slope, high erodibility and low plant cover, which testifies to the importance of this phenomenon in the basin studied. However, the morphology study shows that the dam located upstream has lost 17% of its water storage capacity.

Key words: Water erosion, soil loss, watershed, rate