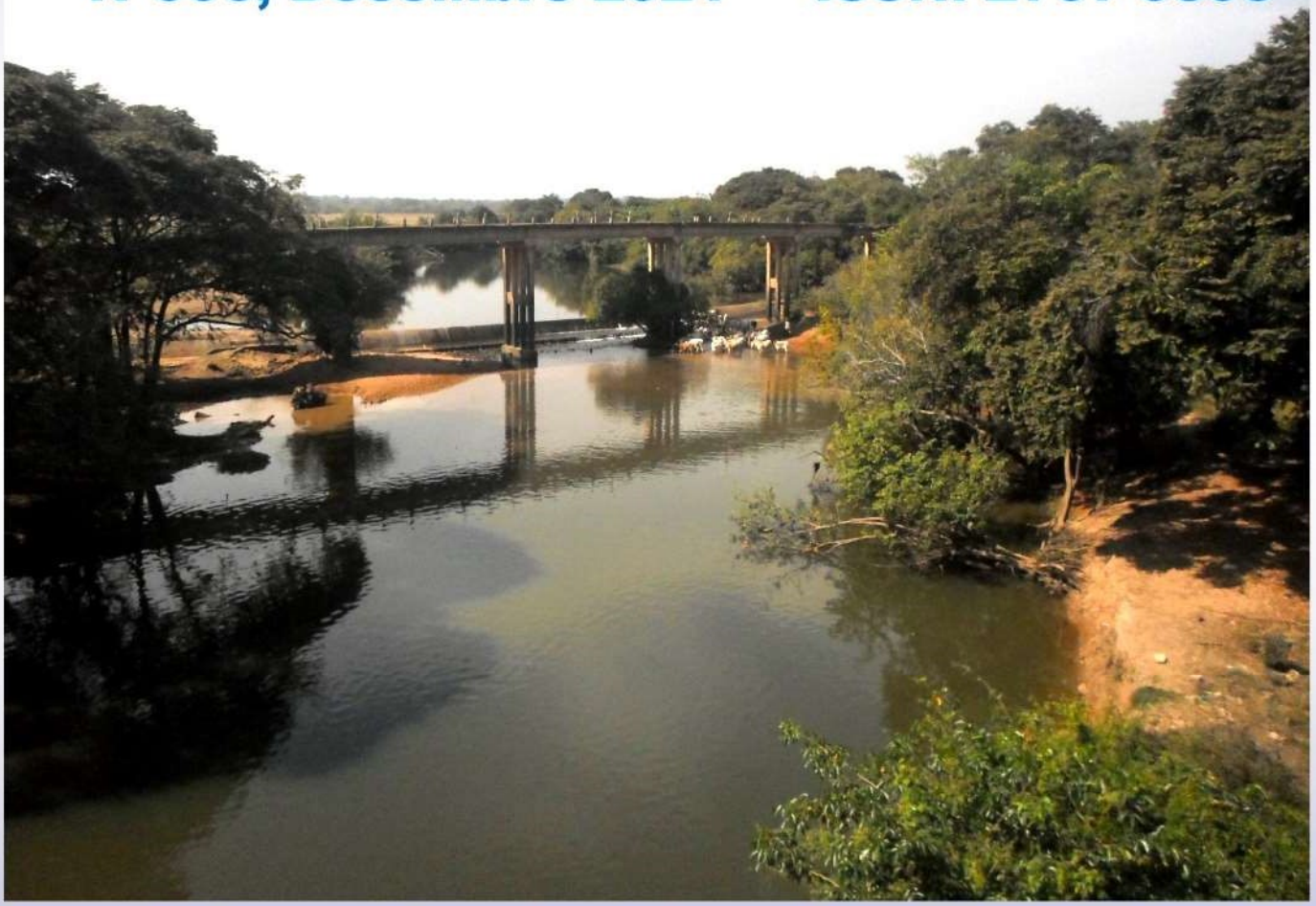
Mieux Comprendre l'Espace

Revue du Laboratoire Africain de Démographie et des Dynamiques Spatiales

Département de Géographie -Université Alassane Ouattara

Volume 2

N°006, Décembre 2021 ISSN: 2707-0395



République de Côte d'Ivoire

BP V18 Bouaké 01

Téléphone: (+225) 07 07 06 91 71/ 01 03 59 34 32/ 05 05 05 84 01

Courriel: revuegeovision@gmail.com

Site Internet: www.laboraddys.com

ADMINISTRATION DE LA REVUE

Directeur de publication : Pr MOUSSA Diakité**,** Professeur Titulaire, Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

Rédacteur en chef : Dr LOUKOU Alain François, Maître de Conférences, Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

Rédacteur en chef adjoint : Dr ZAH Bi Tozan, Maître de Conférences, Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

SECRÉTARIAT DE RÉDACTION

Dr DIARRASSOUBA Bazoumana, Maître de Conférences, Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

Dr FOFANA Bakary, Géographe, Chercheur Indépéndant

Dr ADOU Bosson Camille, Géographe, Chercheur Indépéndant

Dr TANOH Ané Landry, Géographe, Chercheur Indépéndant

COMITÉ SCIENTIFIQUE ET DE LECTURE

Pr MOUSSA Diakité, Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

Pr BÉCHI Grah Félix, Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

PhD : Inocent MOYO, University of Zululand (Afrique du Sud) / Président de la Commission des études africaines de l'Union Géographique Internationale (UGI)

Pr AFFOU Yapi Simplice, Université Félix Houphouët Boigny Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire)

Pr ALOKO N'guessan Jérôme, Université Félix Houphouët Boigny Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire)

Pr ASSI-KAUDJHIS Joseph P., Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

Pr BIGOT Sylvain, Université Grenoble Alpes (France)

Professor J.A. BINNS, Géographe, University of Otago (Nouvelle-Zélande)

Pr BOUBOU Aldiouma, Université Gaston Berger (Sénégal)

Pr BROU Yao Télésphore, Université de La Réunion (La Réunion-France)

Pr Momar DIONGUE, Université Cheick Anta Diop (Dakar-Sénégal)

Pr Emmanuel EVENO, Université Toulouse 2 (France)

Pr KOFFI Brou Émile, Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

Pr KONÉ Issiaka, Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

Pr Nathalie LEMARCHAND, Université Paris 8 (France)

Pr Pape SAKHO, Université Cheick Anta Diop, (Dakar-Sénégal)

Pr SOKEMAWU Koudzo Yves, Université de Lomé (Togo)

Dr Ibrahim SYLLA, Université Cheick Anta Diop, (Dakar-Sénégal)

Dr LOUKOU Alain François, Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

Dr VEI Kpan Noel, Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

Dr ZAH Bi Tozan, Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

Dr DIOMANDÉ Béh Ibrahim, Université Alassane Ouattara (Bouaké- Côte d'Ivoire)

Dr SORO Nabegue, Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

Dr KOFFI Kan Émile, Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

Dr ETTIEN Dadja Zenobe, Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

Instructions aux auteurs

Dans le souci d'uniformiser la rédaction des communications, les auteurs doivent se référer aux normes du Comité Technique Spécialisé (CTS) de Lettres et Sciences Humaines/CAMES. En effet, le texte doit comporter un titre (Times New Roman, taille 12, Lettres capitales, Gras), les Prénom(s) et NOM de l'auteur ou des auteurs, l'institution d'attache, l'adresse électronique de (des) auteur(s), le résumé en français (250 mots), les mots-clés (cinq), le résumé en anglais (du même volume), les keywords (même nombre que les mots-clés). Le résumé doit synthétiser la problématique, la méthodologie et les principaux résultats. Le manuscrit doit respecter la structure d'un texte scientifique comportant : Introduction (Problématique ; Hypothèse compris) ; Approche méthodologique ; Résultats et Analyse ; Discussion ; Conclusion ; Références bibliographiques. Le volume du manuscrit ne doit pas excéder 15 pages, illustrations comprises. Les textes proposés doivent être saisis à l'interligne 1, Times New Roman, taille 11.

1. Les titres des sections du texte doivent être numérotés de la façon suivante : 1. Premier niveau (Times New Roman, Taille de police 12, gras) ; 1.1. Deuxième niveau (Times New Roman, Taille de police 12, gras, italique) ; 1.2.1. Troisième niveau (Times New Roman, Taille de police 11, gras, italique).

2. Les illustrations : les tableaux, les cartes, les figures, les graphiques, les schémas et les photos doivent être numérotés (numérotation continue) en chiffres arabes selon l'ordre de leur apparition dans le texte. Ils doivent comporter un titre concis, placé au-dessus de l'élément d'illustration (centré ; taille de police 11, gras). La source (centrée) est indiquée en dessous de l'élément d'illustration (Taille de police 10). Ces éléments d'illustration doivent être annoncés, insérés puis commentés dans le corps du texte.

3. Notes et références : 3.1. Éviter les références de bas de pages ; 3.2. Les références de citation sont intégrées au texte citant, selon les cas, ainsi qu'il suit : -Initiale (s) du Prénom ou des Prénoms et Nom de l'auteur, année de publication, pages citées. Exemple : (D. MOUSSA, 2018, p. 10) ; -Initiale (s) du

Prénom ou des Prénoms et Nom de l'Auteur (année de publication, pages citées). Exemple : D. MOUSSA (2018, p. 10).

4. La bibliographie : elle doit comporter : le nom et le (les) prénom (s) de (des) auteur(s) entièrement écrits, l'année de publication de l'ouvrage, le titre, le lieu d'édition, la maison d'édition et le nombre de pages de l'ouvrage. Elle peut prendre diverses formes suivant le cas :

- *pour un article :* LOUKOU Alain François, 2012, « La diffusion globale de l'Internet en Côte d'Ivoire. Évaluation à partir du modèle de Larry Press », in *Netcom*, vol. 19, n°1-2, pp. 23-42.

- *pour un ouvrage :* HAUHOUOT Asseypo Antoine, 2002, *Développement, aménagement, régionalisation en Côte d'Ivoire*, EDUCI, Abidjan, 364 p.

- *un chapitre d'ouvrage collectif* : CHATRIOT Alain, 2008, « Les instances consultatives de la politique économique et sociale », in Morin, Gilles, Richard, Gilles (dir.), *Les deux France du Front populaire*, Paris, L'Harmattan, « Des poings et des roses », pp. 255-266.

- *pour les mémoires et les thèses :* DIARRASSOUBA Bazoumana, 2013, *Dynamique territoriale des collectivités locales et gestion de l'environnement dans le département de Tiassalé*, Thèse de Doctorat unique, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, 489 p.- *pour un chapitre des actes des ateliers, séminaires, conférences et colloque* : BECHI Grah Felix, DIOMANDE Beh Ibrahim et GBALOU De Sahi Junior, 2019, Projection de la variabilité climatique à l'horizon 2050 dans le district de la vallée du Bandama, Acte du colloque international sur « *Dynamique des milieux anthropisés et gouvernance spatiale en Afrique subsaharienne depuis les indépendances* » 11-13 juin 2019, Bouaké, Côte d'Ivoire, pp. 72-88

- *Pour les documents électroniques* : INS, 2010, *Enquête sur le travail des enfants en Côte d'Ivoire*. Disponible à : http://www.ins.ci/n/documents/travail_enfant/Rapport%202008-ENV%202008.pdf, consulté le 12 avril 2019, 80 p.

Éditorial

Comme intelligence de l'espace et savoir stratégique au service de tous, la géographie œuvre constamment à une meilleure compréhension du monde à partir de ses approches et ses méthodes, en recourant aux meilleurs outils de chaque époque. Pour les temps modernes, elle le fait à l'aide des technologies les plus avancées (ordinateurs, technologies géospatiales, à savoir les SIG, la télédétection, le GPS, les drones, etc.) fournissant des données de haute précision sur la localisation, les objets et les phénomènes. Dans cette quête, les dynamiques multiformes que subissent les espaces, du fait principalement des activités humaines, offrent en permanence aux géographes ainsi qu'à d'autres scientifiques des perspectives renouvelées dans l'appréciation approfondie des changements opérés ici et là. Ainsi, la ruralité, l'urbanisation, l'industrialisation, les mouvements migratoires de populations, le changement climatique, la déforestation, la dégradation de l'environnement, la mondialisation, etc. sont autant de processus et de dynamiques qui modifient nos perceptions et vécus de l'espace. Beaucoup plus récemment, la transformation numérique et ses enjeux sociaux et spatiaux ont engendré de nouvelles formes de territorialité et de mobilité jusque-là inconnues, ou renforcé celles qui existaient au préalable. Les logiques sociales, économiques et technologiques produisant ces processus démographiques et ces dynamiques spatiales ont toujours constitué un axe structurant de la pensée et de la vision géographique. Mais, de plus en plus, les sciences connexes (sciences sociales, sciences économiques, sciences de la nature, etc.) s'intéressent elles aussi à l'analyse de ces dynamiques, contribuant ainsi à l'enrichissement de la réflexion sur ces problématiques. Dans cette perspective, la revue Géovision qui appelle à observer attentivement le monde en vue de mieux en comprendre les évolutions, offre aux chercheurs intéressés par ces dynamiques, un cadre idéal de réflexions et d'analyses pour la production d'articles originaux. Résolument multidisciplinaire, elle publie donc, outre des travaux géographiques et démographiques,

des travaux provenant d'autres disciplines des sciences humaines et naturelles. Géovision est éditée sous les auspices de la Commission des Études Africaines de l'Union Géographique Internationale (UGI), une instance spécialement créée par l'UGI pour promouvoir le débat académique et scientifique sur les enjeux, les défis et les problèmes spécifiques de développement à l'Afrique. La revue est semestrielle, et parait donc deux fois par an.

Bouaké, le 16 Septembre 2019

La rédaction

AVERTISSEMENT

Le contenu des publications n'engage que leurs auteurs. La Revue Géovision ne peut, par conséquent, être tenue responsable de l'usage qui pourrait en être fait.

SOMMAIRE

LOGIQUES ET STRATÉGIES DES PROMOTEURS PRIVES DANS LA PRODUCTION DE L'HABITAT DANS LA COMMUNE DE YOPOUGON, **Deagai Parfaite DIHOUEGBEU[1], Abou DIABAGATE[2], Jean-Berenger WADJA[3]** **9**

CONTRIBUTION À L'EVALUATION DE L'APTITUDE CULTURALE DES SOLS DU BASSIN DE LA RIVIERE *LATIETE* DANS LE NORD-OUEST DU BÉNIN, **N. Innocent GBAÏ[1], Djafarou ABDOULAYE[1], Ahoudou Waliou YESSOUFOU[2]** **23**

TOURISME DURABLE : INTÉRÊTS ET DÉFIS DE GESTION DES POTENTIALITÉS LOCALES DU DÉPARTEMENT DU COUFFO AU BENIN, **OHOUBONON Frédéric Olawolé [1], LOUGBEGNON Olou Toussaint[2], TOKO IMOROU Ismael[3], VISSIN W. Expédit[4].** **40**

ACTIVITÉS ET SOURCES D'ÉMISSIONS DE GAZ DE LA FILIÈRE KARITÉ DANS LA RÉGION DU PORO AU NORD DE LA CÔTE D'IVOIRE DANS LE CONTEXTE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE, **Moussa KONE** **52**

CARTOGRAPHIE DE LA CHAÎNE DE VALEURS (CCV) DU MIEL AU BÉNIN, **VODOUNOU Germonne Kéty*[1] ; SOSSOU Koffi Benoît[2] et ATTANASSO Marie-Odile[2]** **67**

LA FAIBLESSE DE L'UTILISATION DES INTRANTS : UN HANDICAP POUR LA PRODUCTION AGRICOLE DE LA SOUS-PREFECTURE DE BROBO EN COTE D'IVOIRE, **Dhédé Paul Eric KOUAME[1], Houphouët Jean-Claude DIBY[2], N'guessan Pascal KONAN[3]** **83**

LA RECOMPOSITION DE LA FAMILLE FACE À LA MIGRATION EN PAYS BISSA AU BURKINA FASO, **Irissa ZIDNABA,** **99**

METEO CLIMAT ET PERTES POST-RECOLTES MARAICHERES A HOUEYIHO II DANS LA VILLE DE COTONOU AU BENIN (AFRIQUE DE L'OUEST), **WOKOU COSSI GUY**..... **115**

LE TRAVAIL DES DÉCHETS A LOMÉ : QUELS RISQUES POUR LES TRAVAILLEURS ?, **Mawaki AMANAH** **129**

IMPACTS DES EXTREMES CLIMATIQUES SUR LA DURABILITES AGRO-ECOLOGIQUE DES EXPLOITATIONS DE PRODUCTION VIVRIERE DANS LA BASSE VALLEE DE L'OUEME (REPUBLIQUE DU BENIN), **François-José DOSSOU-DOKPE[1], Thierry CODJO[1], Jean Mianikpo SOGBEDJI[2], Euloge OGOUWALE[1]** **143**

DES MODES DE GOUVERNANCE TRADITIONNELLE Ã LA SUPPLEANCE DE L'ACTION PUBLIQUE AU MALI: CAS DE DJOLIBA (CERCLE DE KANGABA) ET OUOLODO (CERCLE DE KOLOKANI), **Abdramane Sadio SOUMARE**..... **159**

IMPACT DE LA FABRICATION DU CHARBON DE BOIS SUR LA VÉGÉTATION DU PARC NATIONAL DE LA KERAN (NPK), **Laounta AKAME**..... **177**

PRODUITS FORESTIERS NON LIGNEUX ALIMENTAIRES, UNE FILIERE INFORMELLE EN ESSOR A LIBREVILLE (GABON), **Jérôme MABIKA** **193**

PROFIL DU CARBONE ORGANIQUE DANS LES FORMATIONS SUPERFICIELLES DE LA REGION DES SAVANES AU NORD-TOGO, **KANKPENANDJA Laldja[1], LARE Konnegbéne[2], BADAMELI Atina[3], TCHABI Atti[4], ALFA-SIKA MANDE Seyf Laye[5], OURO-B ITASSE Eralakaza[6], TCHAGBELE Abasse[7], KADOUZA Padabo[8]** **212**

LA POPULATION DU TOGO : EVOLUTION ET PERSPECTIVES, **TCHALLA Kokou** **226**

DYNAMIQUE DE L'OCCUPATION DES TERRES ET CONFLICTUALITE DANS LA COMMUNE DE LA KOMPIENGA (BURKINA FASO), **YAMEOGO Lassane[1], OUEDRAOGO Blaise[2], SODORE Abdoul Azise[1], SOMDA Nanwin Béore[1]** **240**

DÉSORDRE DANS LA GESTION FONCIÈRE URBAINE ET SON COROLLAIRE D'INSUFFISANCES Á BOUAKÉ : QUELLES PERSPECTIVES POUR UNE VILLE DURABLE ?, **Kpan Noel VEI** **260**

IMPACTS DES ACTIVITÉS DE RESTAURATION ET DE VENTE DE VIVRIERS SUR LES CONDITIONS DE VIE DES FEMMES DANS LA COMMUNE DE TIÉBISSOU, **YAO Raïssa Cheronne[1], KOUASSI Kobenan Christian Venance[2], ASSUÉ Yao Jean-Aimé[3], KOFFI Brou Émile[4]** **275**

UTILISATION DU DRONE POUR LE CALCUL DES RESERVES DE GRANITE DU SITE D'OKOUTA DANS L'ARRONDISSEMENT DE SETTO AU BENIN, **AROUNA Ousséni[1*], DEGBEGNON Léopold[2], KOSSOUGBETO Briac Kévin Patrick[1]& AHLOUMESSOU Codjo Amadin[2]** **287**

LA QUESTION DE LA DEMANDE EN TRANSPORT DANS UNE VILLE-CARREFOUR : LE CAS DE LA COMMUNE DE KAOLACK AU SÉNÉGAL, **Djibril GNING[1], Awa FALL[2]** **306**

SAVOIRS LOCAUX SUR LA DYNAMIQUE HYDRO-GEOMORPHOLOGIQUE DE LA VALLEE TRANSFRONTALIERE DU GOULBI MARADI (ENTRE NIELLOUA ET MARADI AU NIGER), **Mahamadou Moubarak SANOUSSI IBRAHIM[1], Mahamadou Nourou LAOUALI NA ALLAH[1], Ibrahim MAMADOU[1*], Ibrahim BOUZOU MOUSSA[2]** **327**

COMMUNICATION ET PARTICIPATION MULTICULTURELLE AU DÉVELOPPEMENT LOCAL DANS UN CONTEXTE DE DÉCENTRALISATION POLITIQUE EN CÔTE D'IVOIRE, **Guy-Venance GNAKO** **338**

CARACTÈRES PLUVIOMÉTRIQUES ET ZONES À RISQUES D'INONDATIONS DANS LA VILLE BALNÉAIRE DE FRESCO AU SUD-OUEST DE LA COTE D'IVOIRE, **KOUASSI Yao Dieudonné[1], YEO Porobégnon Natogoma[2]** **352**

LES EXTERNALITÉS NÉGATIVES LIÉES AU TRANSPORT INTER-URBAIN DANS LA RÉGION DU GBÊKÈ, **KACOU N'Guessan François**..... **364**

GENRE ET PERCEPTION SOCIALE DES TERRES AGRICOLES AU BENIN : ESQUISSE D'UN MATÉRIAU POUR LE DROIT D'EXPLOITATION DIFFÉRENCIÉE CHEZ LES COMMUNAUTÉS DE L'ATACORA OUEST, **OUASSA KOURA Monique[1], TAOUEMA SANDA N'Natta Bertin[2]**..... **376**

EXPLOITATION DES SOCIÉTÉS DE TRANSPORT RÉGIONAL DE VOYAGEURS SUR LE CORRIDOR COTONOU-NIAMEY (AFRIQUE DE L'OUEST), **Benjamin S. ALLAGBE, Faouzy Gounou GUERA 387**

LA DIPLOMATIE DES AUTORITES LOCALES : UN OUTIL POUR UNE GESTION DURABLE DES ORDURES MENAGERES DANS LA COMMUNE DE LIBREVILLE (GABON), **ADA NZOUGHE Corine épouse OBOUNOU 403**

PROFIL DU CARBONE ORGANIQUE DANS LES FORMATIONS SUPERFICIELLES DE LA REGION DES SAVANES AU NORD-TOGO

KANKPENANDJA LALDJA[1], LARE KONNEGBÉNE[2], BADAMELI ATINA[3], TCHABI ATTI[4], ALFA-SIKA MANDE SEYF LAYE[5], OURO-B ITASSE ERALAKAZA[6], TCHAGBELE ABASSE[7], KADOUZA PADABO[8]

1-Université de Kara, Département de Géographie, kankpenang1@gmail.com ;
2-Université de Kara, Département de Géographie, lareadolphe9@gmail.com ;
3-Université de Kara, Département de Géographie, at_pyalo@yahoo.fr ;
4-Institut Supérieur de Métiers de l'Agriculture, attitchabi@yahoo.fr ;
5-Faculté des Sciences et Techniques, seyf_laye@yahoo.com ;
6-Université de Kara, Département de Sociologie, Ourobitasse2001@yahoo.fr ;
7-Université de Kara, Département de Sociologie, abasse.aboubakr@yahoo.com ;
8-Université de Kara, Département de Géographie, kadouza@yahoo.fr.

Résumé

Le réchauffement de la planète Terre est le fait de plusieurs gaz à effet de serre dont le CO_2 et le CH_4 qui font partis des plus incriminés. Ces gaz proviennent de diverses sources, notamment les émissions industrielles, le transport automobile, les feux de végétations et les émissions des formations superficielles. La réduction du taux de ces gaz résultant de l'oxydation du carbone constitue l'une des pistes de recherche pouvant permettre d'atténuer de manière substantielle le réchauffement de la planète. Les formations superficielles étant les plus importants réservoirs – contenant à elles seules plus de carbone que la végétation et l'atmosphère réunies – les investigations pour le maintien et/ou le renforcement de leurs stocks de carbone apparaissent cruciales. C'est dans cette perspective que la présente étude est entreprise, avec pour objectif d'établir l'état de référence du taux de carbone organique dans les formations superficielles de la Région des Savanes au Nord-Togo. L'approche a consisté à réaliser des profils dans différents types de formations superficielles. La description des coupes sur le terrain a été couplée des analyses géochimiques au laboratoire. Les résultats révèlent que le taux du carbone organique, assez variable, est plus élevé dans les sols non mis en valeur. Cependant, le taux du carbone organique est assez élevé dans les sols faisant l'objet de certaines pratiques culturales telles que le paillage, l'enfouissement des résidus agricoles dans les sols, l'agroforesterie, les haies vives et le compostage. Ces pratiques constituent ainsi des pistes d'investigation pour l'accroissement du stock de carbone organique du sol.

Mots clés : Carbone, organique, formations superficielles, Nord-Togo.

PROFILE OF ORGANIC CARBON IN THE SURFACE MATERIAL OF THE SAVANES REGION IN NORD-TOGO

Abstract

Global warming is the result of several greenhouse gases, of which CO2 and CH4 are among the most incriminated. These gases come from a variety of sources, including industrial emissions, automobile transport, vegetation fires, and soil emissions. Reducing the rate of these gases resulting from the oxidation of carbon is one of the avenues of research that can substantially mitigate global warming. Since soils are the most important reservoirs - containing by themselves more carbon than the vegetation and the atmosphere combined - investigations to maintain and / or strengthen their carbon stocks appear to be crucial. It is in this perspective that the present study is being undertaken, with the objective of

establishing the baseline state of the organic carbon rate in the surface material of the Savannah Region in North Togo. The approach consisted of making profiles in different types of surface material. The description of the cross-sections in the field was coupled with geochemical analyzes in the laboratory. The results show that the rate of organic carbon, quite variable, is higher in undeveloped soils. However, the level of organic carbon is quite high in soils subject to certain cultural practices such as mulching, burial of agricultural residues in soils, agroforestry, hedgerows and the use of composting. These practices thus constitute avenues of investigation for increasing the stock of organic carbon in the soil.

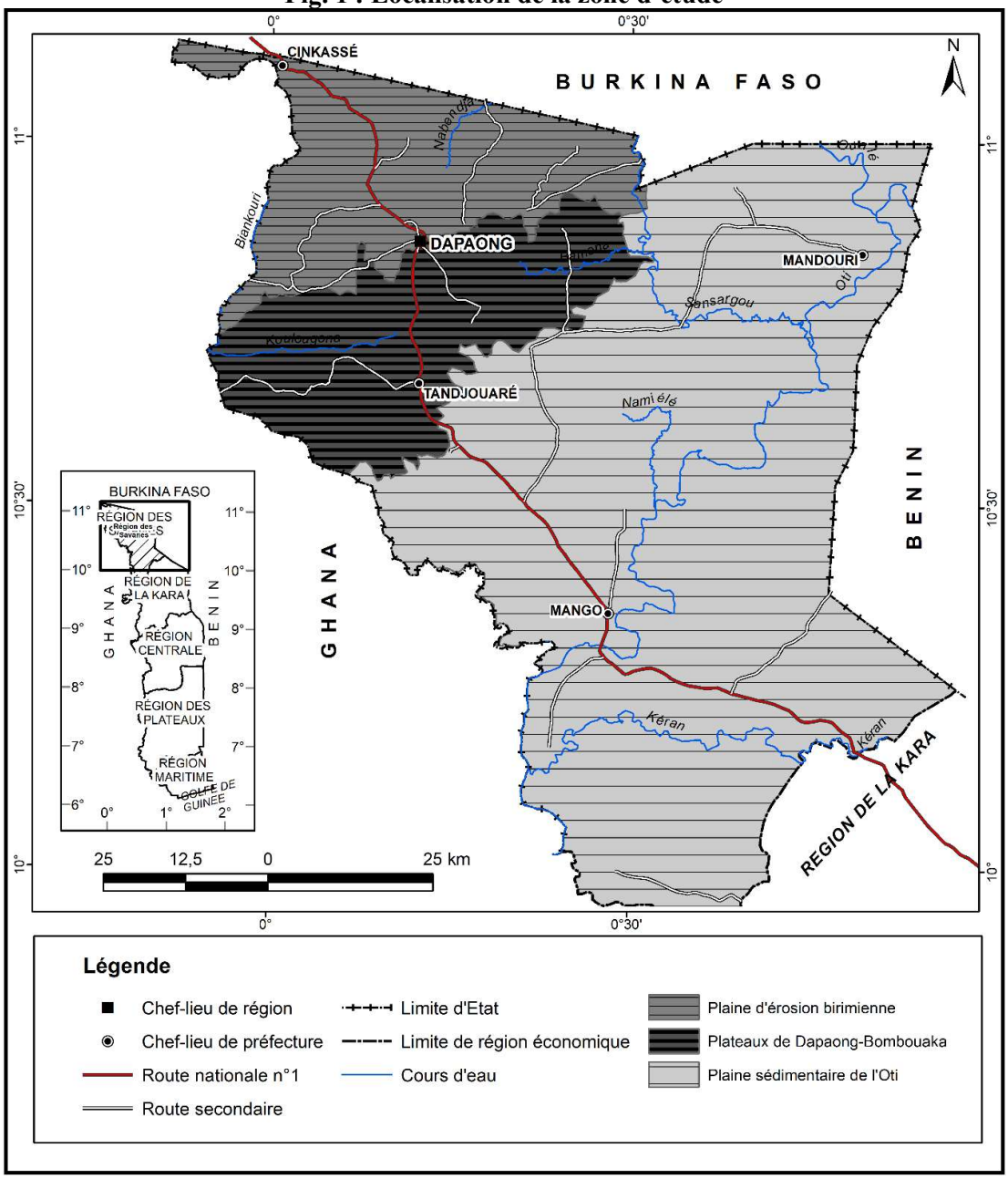
Keywords: Organic, carbon, surface materials, North Togo.

Introduction

Le cycle du carbone, entre la lithosphère, l'hydrosphère, la biosphère et l'atmosphère, est l'un des cycles de la matière animant la géodynamique externe et fondamental sur les climats terrestres. La séquence lithosphérique stockée sous formes de gisements fossiles dans le sous-sol, de carbone minéral et organique dans le sol, constitue la fraction la plus importante de ce cycle. En effet, le sol contient à lui seul plus de carbone que l'atmosphère et la biosphère réunies (FAO, 2017, p. 1). Mais, la répartition du carbone entre les différentes séquences de ce cycle est de nos jours perturbée par les activités humaines dont les effets se traduisent par une augmentation sans cesse continue de la séquence atmosphérique du carbone. Cette augmentation qui se fait à travers l'émission des gaz à effet de serre, notamment le dioxyde de carbone (CO_2) et le méthane (CH_4) constitue l'une des principales causes du réchauffement de la planète. La réduction du taux de ces gaz à effet de serre apparaît ainsi comme l'une des voies qui s'offrent pour l'atténuation du changement climatique. Il s'agit notamment de la réduction des émissions industrielles, de rejets de transports automobiles, et surtout de l'émission à partir des sols. En effet, selon les pratiques d'utilisation des terres, les sols peuvent devenir des sources ou des puits de carbone (R.P.C. Morgan, 2005, p. 1; J. Six et *al*. 2002, p. 164 ; J. Six et *al*. 2006, 556 ; J. D. Jastrow et *al*. 2007, p. 11 ; D. Kane, 2015, p. 8 ; FAO, 2017, p. 5 ; FAO, 2019, p. 16). L'enjeu de nos jours est alors de faire des sols, de véritables puits de carbone. Pour ce faire, il faut évaluer les stocks réels et les capacités de stockage de ces sols en carbone, afin de renforcer au besoin cette capacité. C'est dans cette perspective que s'inscrit cette étude qui a pour objectif d'établir l'état de référence du carbone dans les formations superficielles de la Région des Savanes du Nord-Togo.

La Région des Savanes du Nord-Togo, située entre 0° et 1°20' de longitude est, et 10°00' et 11°08' de latitude nord, est caractérisée par la grande diversité de ses paysages géomorphologiques (Fig. 1). C'est en même temps l'une des régions les plus touchées par le phénomène de changement climatique. D'où la nécessité d'évaluer l'état de carbone dans ces différents paysages dans la perspective d'en améliorer les capacités de stockage. Des études morpho-pédologiques ont déjà été réalisées dans cette région, sans pour autant s'intéresser de manière particulière au Carbone Organique du Sol (COS). C'est le cas notamment de M. Lamouroux (1959 et 1961, p. 13), de L. Baritsé (1986, p. 85), de R. Poss et G. Rossi (1986, p. 40), de R. Poss (1996, p. 17), de L. Kankpénandja et *al*. (2019, p. 111). La présente étude s'inscrit dans la continuité de ces travaux tout en se focalisant sur l'analyse de l'état du carbone dans le sol.

Fig. 1 : Localisation de la zone d'étude



Source : Réalisé à partir des cartes au 1/5000 de la JICA (2013) par L. KANKPENANDJA, 2021.

1. Méthodologie

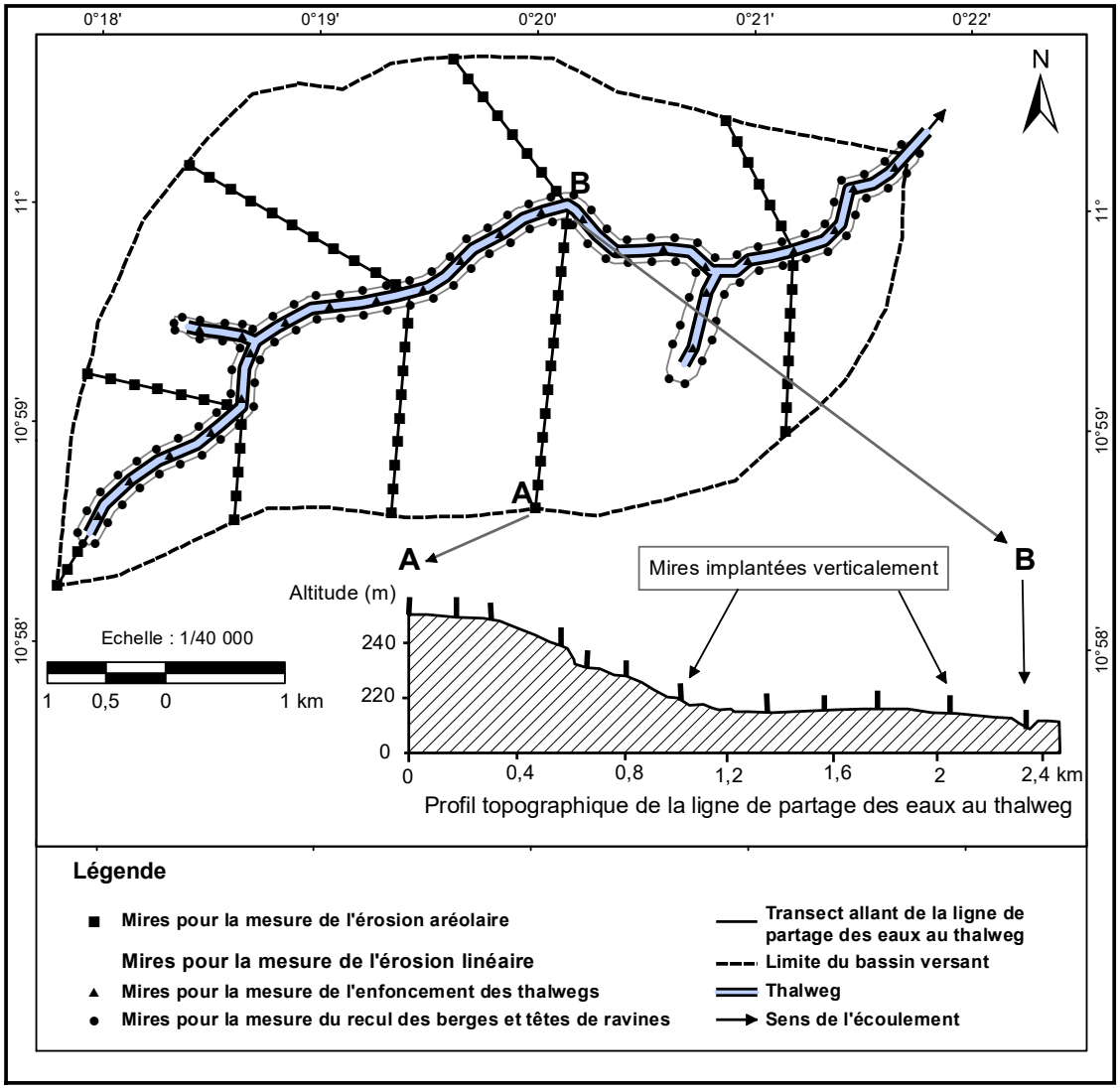
La méthodologie adoptée se décline en trois phases : les enquêtes de terrain, les analyses au laboratoire et le traitement des données.

1.1. Les enquêtes de terrain

Les enquêtes de terrain ont été précédées d'une phase de recherche documentaire au cours de laquelle différents types d'ouvrages ont été consultés aussi bien dans les bibliothèques physiques que les plateformes numériques. A cette étape, des documents cartographiques ainsi que des images satellites ont été également téléchargés des sites de Earth Explorer (https://earthexplorer.usgs.gov/) et USGS (https://glovis.usgs.gov/) en septembre 2020 pour l'étude de la dynamique de l'occupation du sol et la préparation des sorties de terrain.

Les sorties de terrain ont été effectuées en septembre et octobre 2020 puis en juin, juillet et octobre 2021. La collecte des données sur le terrain a consisté à réaliser des carottes dans les formations superficielles, à décrire les coupes et prélever des échantillons. Les sites de collecte des données ont été choisis sur la base des paysages géomorphologiques et de l'utilisation des terres dans la Région des Savanes. Sur chaque site retenu, l'étude a été faite suivant des transects ou cheminements prenant en compte les géomorphoséquences en s'inspirant de l'approche adoptée par Kankpénandja (2016, p. 33) (Fig. 2). Ainsi, les cheminements sont toujours partis des lignes de faîte pour déboucher sur les talwegs, en analysant les formations superficielles sur chaque facette topographique selon la classification en 9 éléments de J. B. Dalrymple et *al*. (1968).

Fig. 2 : Méthode de prospection dans les formations superficielles



Source : Tiré de L. Kankpénandja, 2016.

L'étude des formations superficielles a tenu également compte de l'utilisation des terres. A cet effet, deux critères ont été considérés : la durée et le type d'utilisation des terres. La distinction temporelle a été basée sur un pas de temps de 5 ans : moins de 5 ans ; 5 à 10 ans ; 10 à 15 ans …. Sur la typologie de l'utilisation des terres, en raison de la nature des pratiques paysannes qui consistent à faire alterner annuellement différentes cultures ou associations de cultures sur un même terrain, les types d'utilisations suivants ont été distingués : les cultures, les plantations, les pâturages, les jachères et les aires protégées.

1.2. Les analyses au laboratoire

Au laboratoire, les analyses ont porté sur la détermination du taux de carbone organique et des caractéristiques sédimentologiques des échantillons prélevés. La détermination du taux du carbone organique a été faite par titrage. Pour ce faire une solution de bichromate de potassium est ajoutée à l'échantillon de sol en présence d'acide sulfurique. Après réaction, le dosage de la quantité de bichromate qui n'a pas réagi permet d'établir la quantité totale de carbone organique dans l'échantillon. Des analyses sédimentologiques complémentaires visant à caractériser la texture et la structure des formations superficielles ont été également réalisées.

1.3. Le traitement des données

Les données collectées ont été traitées suivant différentes méthodes graphiques et géostatistiques. Le traitement des données cartographiques a permis de dériver la carte paysages géomorphologiques. Les images satellites collectées ont été traitées par approche de classification supervisée pour la détermination des différents types d'occupations permanente du sol qui, couplée à la carte des paysages géomorphologiques, ont servi d'outils pour la prospection pédologique. Des traitements géostatiques ont été effectués sur les résultats d'analyses sédimentologiques et géochimiques. Différents paramètres statistiques, notamment le minimum, le maximum, la moyenne et l'écart-type ont été déterminés, afin d'analyser et d'interpréter les résultats.

2. Résultats et analyse

2.1. Les caractéristiques générales des formations superficielles

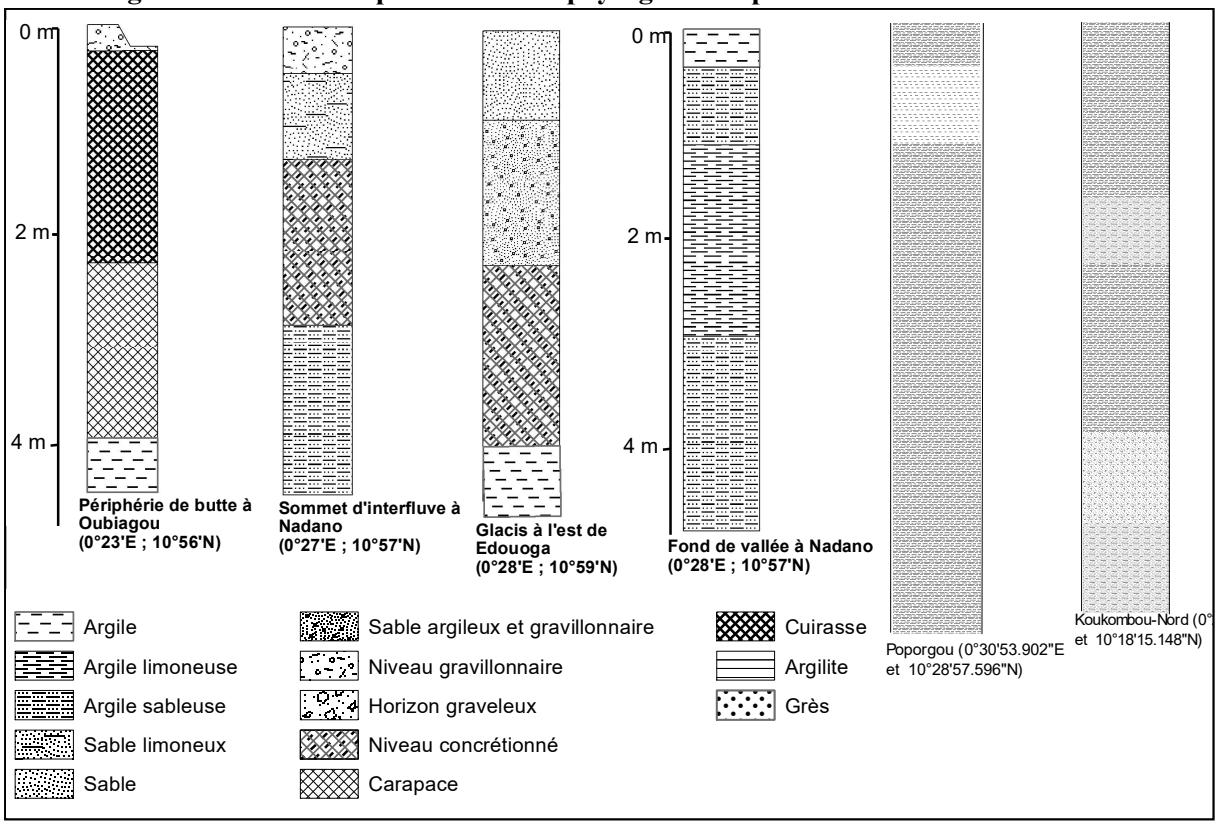
La présentation des caractéristiques générales des formations superficielles est faite suivant les paysages géomorphologiques.

2.1.1. Les formations superficielles de la plaine d'érosion birrimienne

Dans la plaine d'érosion birrimienne deux grands types de paysages géomorphologiques ont été identifiés : les paysages de buttes cuirassées et les paysages d'interfluves polyconvexes. A ces deux principaux types s'ajoutent les grandes plaines alluviales.

Dans les paysages de buttes cuirassées, quatre types de segments topographiques ont été identifiés à savoir les sommets de buttes cuirassées, les versants de raccord, les glacis et les fonds de dépressions (Fig. 3). Au sommet des buttes cuirassées, les couvertures jonchées en surface de gravillons et de cailloux, sont constituées d'un horizon gravillonnaire de quelques centimètres d'épaisseur, surmontant une cuirasse épaisse de 0,5 à plus de 1,5 m. Celle-ci surmonte à son tour un épais manteau d'altérites gravillonnaires de plusieurs mètres. Les horizons A, de couleur brun rougeâtre foncé, contenant environ 19 % d'argile, ont une structure en général particulaire. Les horizons B de couleur rouge ou jaune, contiennent 32 % d'argile et présentent une structure massive.

Fig. 3 : Formations superficielles des paysages de la plaine d'érosion birrimienne



Source : Travaux de terrain, 2021.

Sur les versants de raccord, le profil tronqué, est soit couvert de blocs en transit vers le piémont, soit dégarni et constitué en surface de l'alotérite en cours de dissection. En contre-bas des versants, se développent des glacis avec des formations superficielles aux profils variés, mais constituées en général, d'un niveau pédologique plus ou moins grossier en surface avec une épaisseur supérieure à 0,5 m (A), d'un deuxième niveau plus riche en argile et sesquioxydes de fer et d'alumine d'environ 1 m (B), d'un niveau d'alotérique de plus de 1,5 m et enfin d'une isaltérite de plusieurs mètres surmontant la roche-mère. Au fond des vallées, on retrouve les accumulations colluvio-alluviales à organisation variée, allant de simples nappes indifférenciées à des constructions organisées en niveaux bien différenciés, selon le degré d'évolution du matériau.

Dans les paysages d'interfluves polyconvexes, quatre principaux segments topographiques ont été identifiés : les revers d'interfluves ou de buttes, les versants de raccord, les glacis et les fonds de dépressions. Au sommet des interfluves, les formations superficielles, aux profils assez variés, sont constituées le plus souvent d'un niveau sableux, gravillonnaire ou argilo-limoneux en surface. Ce niveau épais de quelques dizaines de centimètres, repose sur un niveau généralement plus argileux, enrobant des éléments grossiers (sables et gravillons), d'une épaisseur dépassant assez souvent 1 m. Ce niveau repose à son tour sur un niveau concrétionné ou induré de 1 à 3 m d'épaisseur. Au-dessous de ce niveau, on retrouve un niveau argileux correspondant à la saprolite, de moins en moins argilisée vers la base et reposant sur la roche-mère en cours d'altération.

Sur les versants des interfluves à pente généralement faible, l'organisation des formations est assez proche de celle des glacis observés dans les paysages de buttes cuirassées. Ces versants sont en réalité eux-mêmes, assez souvent des versants-glacis aussi qualifiés de versants fuyants. Les fonds des

dépressions sont ici également marqués par l'organisation variée des formations superficielles d'origine essentiellement colluviales, et marquées par une forte proportion des fines.

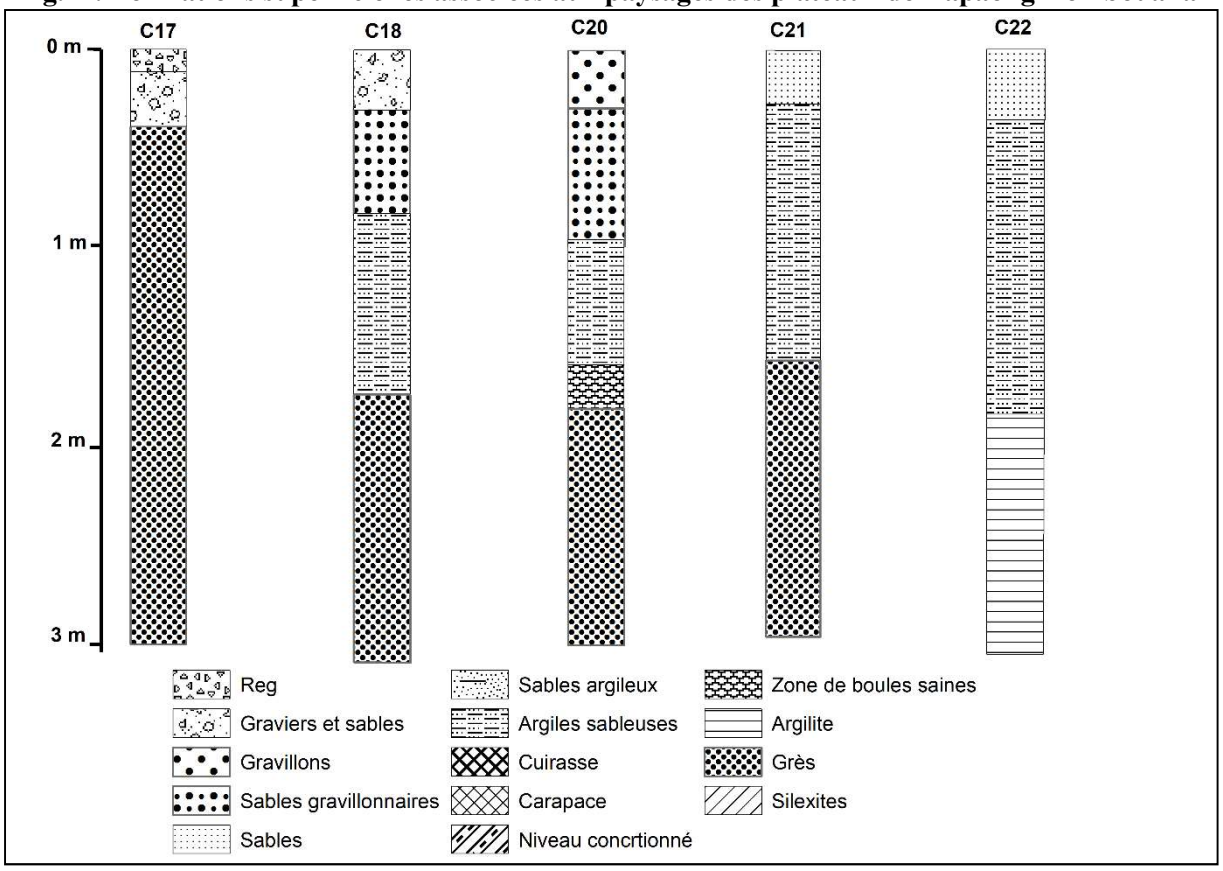
Dans les grandes plaines alluviales, notamment celles de la Sansargou et de la Biankouri, les matériaux de la nappe d'accumulations colluviales et alluviales sont aussi très variés. Dans certains secteurs, on a un manteau de plusieurs mètres d'épaisseur, formé d'un mélange d'argiles, de sables et de gravillons de cuirasse, sans litage, résultant probablement d'une accumulation en vrac. Dans d'autres secteurs, la nappe alluviale est constituée de plusieurs lits bien différenciés indiquant plutôt une accumulation sélective ou en différentes étapes. Sur ces matériaux parentaux, différents types de couvertures pédologiques, notamment des FERRUGINOSOLS tropicaux hydromorphes indurés ou REDUCTISOLS sableux peu épais à concrétions à la base ont été formées.

2.1.2. Les formations superficielles des plateaux de Dapaong-Bombouaka

Sur les plateaux de Dapaong-Bombouaka, les principales toposéquences déterminant l'organisation des formations superficielles se présentent comme suit : revers, talus/versant et dépression orthoclinale/ cataclinale, selon que le transect recoupe la dépression orthoclinale ou des vallées cataclinales.

Sur le revers, on retrouve deux sections topographiques aux caractéristiques différentes : la section amont et la section médiane-aval. La section amont correspondant aux bordures septentrionales des plateaux de Dapaong et de Bombouaka, est marquée par une grande extension des affleurements rocheux. Elle se présente généralement en un ensemble allongé d'étendue variant entre 100 et 1000 ha. Dans les secteurs où le substrat est subaffleurant, on a une mince couche de formations superficielles peu évoluées. Leurs surfaces sont jonchées de débris de grès dont la taille peut atteindre plusieurs décimètres (Fig. 4, C17). En dessous, le profil est constitué d'un horizon sableux de 40 cm en moyenne de structure particulaire, très poreux, reposant sur un horizon de grès en cours d'altération.

Fig. 4 : Formations superficielles associées aux paysages des plateaux de Dapaong-Bombouaka



Source : Travaux de terrain.

La seconde section topographique, celle à affleurements rocheux peu fréquents, se localise surtout dans la partie médiane et aval. Ici, les couvertures pédologiques sont plus épaisses qu'au niveau de la première unité. Dans cette catégorie de couvertures pédologiques, on retrouve des FERRUGINOSOLS tropicaux dépourvus d'éléments grossiers et des FERRUGINOSOLS tropicaux à concrétions comportant des gravillons (Fig. 4, C18 et 20). Vers l'aval du revers correspondant aux espaces d'atterrissement du matériel colluvial, on rencontre des FERRUGINOSOLS tropicaux indurés, généralement profonds de plusieurs mètres (Fig. 4, C21 et 22). A proximité des axes de drainage, on rencontre des REDUCTISOLS sableux à engorgement de faible profondeur.

Dans les dépressions de profondeur décamétrique, on retrouve des FERRUGINOSOLS tropicaux modaux profonds.

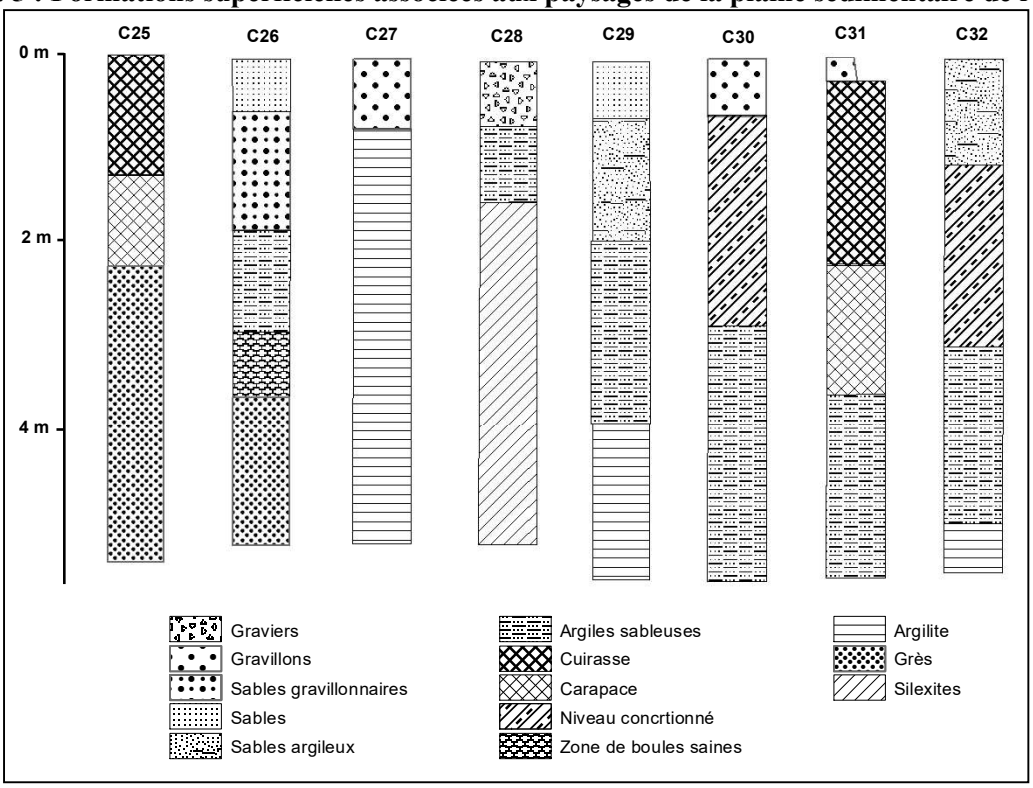
2.1.3. Les formations superficielles de la plaine sédimentaire de l'Oti

La plaine sédimentaire de l'Oti offre un paysage géomorphologique monotone constitué d'une succession d'interfluves et de dépressions plus ou moins bien exprimés et raccordés par des versants-glacis. Ainsi, trois principaux types de segments topographiques ont été distingués : les sommets d'interfluves, les versants-glacis et les fonds de dépressions.

Au sommet des interfluves, on retrouve des formations superficielles in situ indurées et à concrétions non indurées (Fig. 5). Leur profil présente généralement un niveau supérieur constitué d'un matériau gravillonnaire plus ou moins humifère. En l'absence de l'horizon A0, les particules grossières, gravillons et blocs de cuirasse, forment un pavage couvrant généralement, environ 60 % de la surface. Ce pavage s'accentue avec la mise en culture qui favorise l'exportation des éléments fins. En

dessous, on retrouve successivement : un niveau concrétionné et/ou induré d'une épaisseur supérieur au mètre, un niveau de saprolite dont la partie supérieure totalement argilisée dépasse parfois 2 m.

Fig. 5 : Formations superficielles associées aux paysages de la plaine sédimentaire de l'Oti



Source : L. Kankpénandja, 2016 et Travaux de terrain, 2021.

Sur les versants-glacis, les profils correspondent à des couvertures pédologiques, soit peu évolués et riches en débris, soit FERRUGINOSOLS tropicaux à plaquettes. Les premiers sont surtout rencontrés à l'amont des versants où la reprise actuelle d'érosion est vive. La roche altérée apparaît généralement à environ 30 cm de profondeur. Les FERRUGINOSOLS tropicaux à plaquettes apparaissent lorsque la reprise de l'érosion est moins active. Ils sont constitués d'horizons gravillonnaires reposant, à environ 60 cm de profondeur sur la roche peu altérée. Leur surface est couverte de nodules ou concrétions ferruginisées.

Dans les dépressions, les formations superficielles d'origine colluviale et/ou alluviale, sont en générale assez épaisses. A leurs sommets se développent des COLLUVIOSOLS, REDUCTISOLS et FERRUGINOSOLS tropicaux hydromorphes sableux.

2.2. Le carbone organique dans les formations superficielles

Les résultats d'analyse montrent que dans l'ensemble la teneur en carbone organique total dans les formations superficielles est faible. La moyenne pour l'ensemble des 88 échantillons prélevés est de 1,3 %. Mais cette teneur en carbone est marquée par de très fortes variations. En effet, le minimum obtenu est de 0,2 % tandis que le maximum est 4,7 %. La situation du carbone organique dans les formations superficielles des différents paysages géomorphologiques de la région est présentée ci-dessous (Tableau 1).

Tableau 1 : Teneurs du carbone organique dans les formations superficielles des différents paysages géomorphologiques

Paysages géomorphologiques	% C		
	Min	Max	Moy.
Plaine d'érosion du Gourma	0,2	1,9	**0,7**
Plateaux sédimentaires de Dapaong-Bombouaka	0,3	2,7	**1,2**
Plaine sédimentaire de l'Oti	0,4	3,2	**1,5**
Ensemble	0,2	4,7	**1,3**

Source : Travaux de terrain et de laboratoire, 2021.

Dans la plaine d'érosion du Gourma, à l'image de l'ensemble de la région, la teneur en carbone organique total dans les formations superficielles est faible. En effet, elle varie entre 0,2 et 1,9 % avec une moyenne de 0,7 %. Elle diminue rapidement avec la profondeur. Avec une moyenne de 2,0 % dans les 20 premiers centimètres, elle baisse très rapidement pour n'être que 0,3 % à 100 cm de profondeur.

Sur les plateaux sédimentaires de Dapaong-Bobouaka, les taux de carbone organique sont aussi très faibles. La moyenne générale est 1,2 %. Les variations y sont cependant très importantes également, soit entre 0,3 % et 2,7 %. La moyenne dans les 20 premiers centimètres est de 1,9 %. Elle tombe à une valeur de 0,26 % à 100 cm de profondeur.

Les valeurs les plus élevées du taux du carbone organique ont été enregistrées dans les formations superficielles de la plaine sédimentaire de l'Oti où la moyenne est de 1,5 %. En général, les 20 premiers cm des couvertures pédologiques ont un taux moyen de 2,6 % nettement supérieur à celui des autres paysages géomorphologiques. Le taux reste relativement élevé même en profondeur, 100 cm, soit une moyenne de 0,5 %.

2.3. Les facteurs de la variation du carbone organique

La teneur en carbone organique dans les formations superficielles varie en fonction de plusieurs facteurs, notamment les conditions climatiques, géomorphologiques et l'utilisation des terres. Mais, la Région des Savanes étant entièrement située dans le même domaine climatique – le climat tropical sud soudanien (900 à 1200 mm) – les différences tiennent essentiellement aux facteurs géomorphologiques et à l'utilisation des terres.

Les principaux facteurs géomorphologiques qui influencent la teneur en matière organique dans les formations superficielles sont la pente et la position topographiques. Les résultats ont révélé que dans l'ensemble, la teneur est bien plus élevée aux fonds des dépressions (2 %) et sur les revers des interfluves (1,7 %) que sur des versants (0,6) et glacis (0,9 %) (Tableau 2). Ces différences sont observées dans tous les paysages géomorphologiques.

Tableau 2 : Variation de la teneur en carbone dans les formations superficielles en fonction de la topographie

Segments géomorphométriques	% C		
	Min	Max	Moy.
Revers de buttes et d'interfluves	0,4	1,9	**1,7**
Versants	0,2	1,5	**0,6**
Glacis	0,4	1,5	**0,9**
Dépressions	0,5	4,7	**2,0**
Ensemble	0,2	4,7	**1,3**

Source : Travaux de terrain et de laboratoire.

Les différences en teneurs dans les formations superficielles des différents types de segments géomorphométriques s'expliquent par les processus géomorphogéniques et pédogéniques qui se développent sur ces formes. Les valeurs de la teneur plus élevées dans les fonds de dépressions sont liées au fait qu'en plus des résidus végétaux produits localement, on a une arrivée de la matière organique provenant des autres segments topographiques. La relative faiblesse de la teneur sur les versants et les glacis est due aux écoulements qui joueraient ainsi un rôle important surtout par l'exportation des débris végétaux dans ces parties de plus forte déclivité soumises à l'érosion. Il faut aussi relever que les différences s'expriment plus sur les terres cultivées que dans les autres formes d'utilisation des terres.

La variation en fonction des facteurs géomorphologiques est couplée d'une variation liée à l'utilisation des terres. Les valeurs sont très faibles dans les couvertures pédologiques permanemment mises en valeur agricole, soit une moyenne de 0,4 %. Elles sont un peu plus élevées dans les couvertures pédologiques des pâturages (1,5 %) (Tableau 3).

Tableau 3 : Variation de la teneur en carbone dans les formations superficielles en fonction de l'utilisation des terres

Catégories d'occupation du sol	% C		
	Min	Max	**Moy**.
Cultures	0,2	0,8	**0,4**
Plantations	1,4	3,4	**2,4**
Pâturages	0,4	3,8	**1,5**
Jachères	0,2	1,1	**0,5**
Aires protégées	2,9	4,7	**4,1**
Ensemble	0,2	4,7	**1,3**

Source : Travaux de terrain et de laboratoire.

Les valeurs les plus fortes sont enregistrées dans les couvertures pédologiques des bosquets et d'aires protégées avec une valeur de 4,1 %. La teneur en carbone est également forte dans les couvertures pédologiques sous plantations où une valeur moyenne de 2,4 % est obtenue. Les variations sont aussi fortes selon la densité et la durée de la plantation. De même à l'intérieur des couvertures pédologiques mises en exploitation agricole, il faut relever un taux plus élevé là où les pratiques de maintien de la matière organique sont utilisées.

3. Discussion

3.1. Les caractéristiques générales des formations superficielles

L'étude des formations superficielles a révélé une grande diversité de celles-ci. Leurs caractéristiques sédimentologiques varient essentiellement avec la géologie et la géomorphologie de la région. Mais, à l'intérieur des deux grandes unités structurales qui couvrent la région, à savoir le socle précambrien et le bassin sédimentaire, les variations sont étroitement liées aux reliefs. Les travaux antérieurs effectués dans la région et ailleurs ont bien montré cette interrelation entre les reliefs et les formations superficielles. La question a été ainsi abordée au Nord-Togo par M. Lamouroux (1959, p. 5), L. Baritsé (1984, p. 79), R. Poss et G. Rossi (1996, p. 24) et L. Kankpénandja (2016, p. 110). Il s'agit également des études de D. A. Wysocki et *al*. (2000, p. 11), T. Hengle et H. I. Reuter (2009, p. 465) qui ont été conduites dans différentes régions du globe. Il faut rappeler que cette relation a été très tôt mise en évidence par un précurseur de la pédologie Dokuchaev (1898, cité par T. Hengle et H. I. Reuter, 2009, p. 466) qui avait identifié le climat, les êtres vivants, le relief ou la topographie, le matériel parental comme les principaux facteurs de la formation des sols. La distribution des formations superficielles dans la région des Savanes ne fait pas alors exception à cette règle exprimée par les concepts de toposéquences ou de *catena*. Certes, d'autres facteurs tels que les conditions bioclimatiques jouent un

rôle déterminant dans la distribution de ces formations, mais ici toute la zone d'étude est dans le même domaine climatique, ce qui fait que le facteur relief joue le principal rôle de différentiation des couvertures pédologiques. En effet à l'échelle régionale ou locale le relief à travers l'altitude relative, la pente, l'orientation des lignes de pentes, les courbures des profils topographiques, l'index topographique d'humidité, les influences indirectes du relief sur le climat, etc, est le plus important facteur contrôlant la distribution des formations superficielles en général et de leurs couvertures pédologiques en particulier (T. Hengle et H. I. Reuter, 2009, p. 466).

3.2. Le carbone organique dans les formations superficielles

Les résultats de la présente étude ont bien montré que le taux du carbone organique est marqué d'importantes variations dans les formations superficielles. Les taux les plus élevés ont été levés dans les alluvions avec une moyenne de 2,5 %. Les taux les plus faibles ont été ont été levés dans les altérites tronquées et mises en culture avec une moyenne de 0,44 %. Le maximum pour la région est de 3,79 %. Des travaux antérieurs dans cette région, bien que n'ayant pas approché spécifiquement la question du COS, ont porté sur le dosage de la matière organique totale du sol. C'est le cas notamment de R. Poss (1996, p. 18), de L. Kankpenandja et *al*. (2019, p. 359 ; 2020, p. 117). En effet, R. Poss (1986, p. 18) a levé un taux moyen des matières organiques de 1,45 % dans les paysages du socle birrimien, de 1,05 et 1,16 % respectivement pour les paysages des plateaux de Dapong-Bombouaka et de la plaine sédimentaire de l'Oti. L. Kankpénandja et *al.* (2019, p. 359) ont trouvé un taux moyen de matières organiques de 0,6 % pour le plateau de Dapaong au site de Kpenkpanakouog tandis que L. Kankpénandja et *al.* (2020, p. 117), ont levé un taux moyen légèrement plus élevé de 0,84 % sur le plateau de Bombouaka. Dans l'ensemble, ces différents résultats indiquent un taux de COS faible dans les formations superficielles de la région.

3.3. Les facteurs de variation de la teneur en carbone organique dans les formations superficielles

La présente étude a révélé que le taux de carbone organique, dans l'ensemble assez faible, varie à la fois suivant les paysages géomorphologiques et les types d'utilisation des terres. Les plaines alluviales sont les paysages qui concentrent le plus de carbone organique. Les sommets d'interfluves et les revers de plateaux où les processus érosifs sont moins manifestes stockent également une quantité relativement élevée de COS. Les surfaces déclives où l'érosion est active sont celles où la concentration est la moins élevée. A cette variation directement liée à la topographie s'ajoutent les variations liées aux utilisations des terres. Les terres mises en valeurs sans utilisation de compost, de paillage, ni d'enfouissement de résidus de récolte dans le sol sont les plus pauvres en COS. Les aires protégées, même si elles sont parcourues par les feux de végétation, sont les lieux où les taux du COS sont les plus élevés. Les études effectuées ailleurs, notamment celles de C. Gougoulias et *al.* (2014, p. 2364), M. Köchy et *al.* (2015, p. 355) ont révélé que les zones humides et les tourbières, qui se trouvent surtout dans les régions de permafrost ou dans les tropiques, constituent les plus grandes réserves de COS.

Conclusion

La recherche sur le carbone organique dans les formations superficielles de la Région des Savanes a révélé un faible taux de celui-ci dans l'ensemble. Ce faible taux, même s'il a des origines naturelles, à savoir une minéralisation relativement rapide, est surtout lié aux actions anthropiques. En effet, très faibles dans les couvertures pédologiques mises en valeur agricole, il n'est guère élevé dans les aires protégées parcourues annuellement par les feux de végétations. Cet appauvrissement des sols en carbone organique lié aux activités anthropiques donne place à l'espoir de séquestration de celui-ci avec des pratiques de gestions durables des terres. Le taux relativement plus élevé dans certains sols témoigne bien que les couvertures pédologiques de la région peuvent stocker plus ce COS lorsque les conditions le permettent. Il conviendra alors d'identifier les pratiques des gestions durables des terres permettant d'accroître le stock de matières organiques dans le sol pour améliorer.

Références bibliographiques

BAIZE Denis et GIRARD Michel-Claude, Sous Dir, 2008, *Référentiel pédologique*, Versailles Cedex, France, Association française pour l'étude du sol (Afes), Éditions Quæ, RD 10, Versailles Cedex, France, 435 p.

BARITSE Lardja, 1986, *Versants et systèmes de versants, l'exemple du Nord-Togo*, Thèse de Doctorat de Géographie physique, 3ème cycle, Panthéon Sorbonne, Paris, 197 p.

BRABANT P., DARRACQ S., ÉGUÉ K. et SIMONNEAUX V., 1996, *État de dégradation des terres résultant des activités humaines au Togo*, www.cartographie.ird.fr/togo.html.

Dalrymple J.B., Blong R.J. et Conacher A.J., 1968, A hypothetical nine-unit landsurface model, In *Zeitschrift für Geomorphologie,* 12, pp. 60–76.

FAO, 1990, *Etudes et prospections pédologiques en vue de l'irrigation*, Rome, Bulletin pédologique de la FAO, 182 p.

FAO, 1998, *Evaluation des terres en foresterie*, Rome, Etudes FAO, Forêt, 48, 145 p.

FAO, 1998, *La conservation et la restauration des terres en Afrique, un programme international*, ARC/90/4, 38 p.

FAO, 2014, *World reference base for soil resources*, *International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*, World soil ressources report, 106, Rome, 203 p.

FAO, 2017, *Carbone Organique du Sol: une richesse invisible*, Rome, 77 p.

FAO, 2019, *Soil erosion : the greatest challenge to sustainable soil management*, Rome, 100 p.

GOUGOULIAS Christos, CLARK Joanna M. et SHAW Liz J., 2014, « The role of soil microbes in the global carbon cycle: tracking the below-ground microbial processing of plant-derived carbon for manipulating carbon dynamics in agricultural systems », In *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94, pp. 2362-2371.

JASTROW Julie D., AMONETTE James E. et BAILEY Vanessa L., 2007, « Mechanisms controlling soil carbon turnover and their potential application for enhancing carbon sequestration », In *Climatic Change*, 80, pp. 5-23.

KANE Daniel, 2015, *Carbon Sequestration Potential on Agricultural Lands : A Review of Current Science and Available Practices*. Disponible à : http://sustainableagriculture.net/publications, consulté le 15 février 2021, 36 p.

KANKPENANDJA Laldja, 2016, *Morphogenèse et gestion des terres dans les sous-bassins versants de l'Oti au Togo*, Lomé, Université de Lomé, 351 p.

KANKPENANDJA Laldja, BAWA Dangnisso, AFO Bidjo, GNONGBO Tak Youssif et BLIVI Adoté Blim, 2019, « Etude géomorpho-pédologique pour la conservation du site de Kpenkpa-Nakuog (Nord-Togo) », In *LƆŋGBOWU*, Kara, N°008, pp. 347-364.

KANKPENANDJA Laldja, BAWA Dangnisso, AFO Bidjo, GNONGBO Tak Youssif et BLIVI Adoté Blim, 2020, Climate change and soil vulnerability under the influence of anthropogenic impact on the Dapaong-Bombouaka escarpments, In *CRC Press/Balkema, Taylor and Francis Group*, Boca Raton, London, New York, pp. 109-121.

KÖCHY Martin, HIEDERER Roland et FREIBAUER Annette, 2015, *Global distribution of soil organic carbon – 4 Part 1: Masses and frequency distributions of SOC stocks for the tropics, permafrost regions, wetlands, and the world*, Disponible à : https://doi.org/10.5194/soil-1-351-2015, consulté le 15 février 2021, pp. 351-365.

LAMOUROUX Maurice, 1959, *Les sols à vocation rizicole du Nord-Togo, Première partie*, Lomé, ORSTOM., Institut de recherche du Togo, Section pédologie, 38 p.

LAMOUROUX M Maurice, 1961, *Les sols à vocation rizicole du Nord TOGO, Deuxième partie la Fosse-aux-Lions,* Lomé, O.R.S.T.O.M., Institut de recherche du Togo, Section pédologie, 50 p.

MORGAN R oy P.C., 2005, *Soil erosion and conservation*, 3rd edn. Blackwel publishing, 304 p.

POSS Roland et ROSSI Georges, 1987, *Système de versants et évolution morphopédologique au nord-Togo*, Berlin-Stuttgart, Gebrüder Borntraeger, D-1000 Berlin, D-7000 Stuttgart, 29 p.

POSS Roland, 1996, *Etude morphopédologique du Nord Togo à 1/500000,* Edition de l'O.R.S.T.O.M., Colin, Notice explicative n°109, Paris, 142 p.

SIX Johan, CONANT Richard T., PAUL Eldor A. et PAUSTIAN Keith, 2002, « Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils », In *Plant and Soil,* 241, pp. 155-176.

SIX Johan, FREY Serita. D., THIET Rachel. K. et BATTEN K. M., 2006, « Bacterial and Fungal contributions to Carbon Sequestration in Agrosystems », in *Soil Science Society of America*, 70(2), pp. 555-569.

WYSOCKI Douglas A., SCHOENEBERGER Philip J. et LaGarry Hannan E., 2000, « Geomorphology of soil landscapes », In *Sumner*, M.E. (Ed.), Handbook of Soil Science, CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 5-40.