

République du Bénin
UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI
Faculté des Sciences Humaines et Sociales

Département de Géographie et
Aménagement du Territoire

BenGEO

Revue semestrielle de Géographie du Bénin

Volume Thématique

« La pollution des sols, soyez la solution »

ISSN 1840-5800

Décembre 2018



Journée
Mondiale
des Sols

Avec le soutien financier du Département des Sciences du Sol (DSS) de l'Ecole des Sciences et Techniques de la Production Végétale (ESTPV), Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC)

Toute reproduction, même partielle de cette revue est rigoureusement interdite. Une copie ou reproduction par quelque procédé que ce soit, photographie, microfilm, bande magnétique, disque ou autre, constitue une contrefaçon passible des peines prévues par la loi 84-003 du 15 mars 1984 relative à la protection du droit d'auteur en République du Bénin.

Directeur de publication

Moussa Gibigaye (MC)

Chef du Département de Géographie et Aménagement du Territoire

Directeur de publication Adjoint

Toussaint Vigninou (MC)

Rédacteur en Chef

Vincent O.A. Orékan (MC)

Rédacteur-Adjoint

Ibouraïma Yabi (MC)

Comité de Rédaction

Germain Gonzallo (MC), Eric Tchibozo (MC), Léocadie Odoulami (MC), Ismaïla Toko Imorou (MC), Thiéry Azonhè (MC), Sylvain Vissoh (MC), Cyr Gervais Eténé (MC)

Comité Scientifique

Michel Boko (PT, Bénin), Expédit Vissin (PT), Jean Cossi Houndagba (MC), Omer Thomas (MC), Élisabeth Dorier-Apprill (PT, France), Jérôme Aloko (PT, Côte d'Ivoire), Thiou Tchamié (PT, Togo), Brice A. Sinsin (PT, Bénin), Tanga-Pierre Zoungrana (PT, Burkina Faso), Robert Ziavoula (PT, Congo), Benoît N'Bessa (PT, Bénin), Henri K. Motcho (PT, Niger), Christophe Houssou (PT, Bénin), Constant Houndénou (PT, Bénin), Odile Dossou Guèdègbé (PT, Bénin), Placide Clédjo (PT, Bénin), Léon Bani Bio Bigou (PT, Bénin), Edinam Kola (PT, Togo), Antoine Tohozin (PT, Bénin), Yolande Berton-Ofouéme (PT, Congo), Coline Yolande Koffie-Bikpo (PT, Togo),.

Mise en page

Hermann A. Plagbéto (Dr)

Innocent Akpaka (Dr)

Correspondance

Comité de Rédaction de la Revue de Géographie BenGéo

Département de Géographie et Aménagement du Territoire,

01BP526 COTONOU (République du Bénin)

GSM: 0022996159897//95142480

E-mail: dgatflash.uac@gmail.com

AVANT PROPOS

Le sol est le support de toute vie sur terre. Il nourrit les plantes en eau et en éléments nutritifs. Ressource non renouvelable à l'échelle humaine, elle subit la pression des activités urbaines et industrielles qui consomment de plus en plus de surfaces agricoles. Le sol abrite aussi une intense activité biologique marquée par une grande biodiversité des organismes qui y vivent et interagissent avec la croissance du couvert végétal. La fertilité du sol résulte d'une action de l'Homme par ses pratiques agricoles en interaction avec le climat. Dans un sol équilibré où subsistent les éléments nutritifs à la plante, elle est plus belle et forte. Elle résiste mieux aux agressions climatiques et parasitaires. L'efficacité de la production agricole d'un végétal, qu'elle soit mesurée en termes de productivité ou de rendement, est conditionnée par certains facteurs du milieu dans lequel il se trouve. Parmi ces derniers ; les facteurs anthropiques sont plus légion. L'atténuation des effets négatifs de ces impacts relève d'une gestion rationnelle de nos sols. Les réflexions en vue de cette atténuation des conséquences de la pollution des sols émanent généralement des trouvailles des scientifiques. Le thème *La pollution des sols, soyez la solution* s'inscrit dans le cadre du 1^{er} Atelier Scientifique de la Journée Mondiale des Sols, organisé du 05 au 07 décembre 2018 sur le campus universitaire d'Abomey-Calavi. Ce fut un cadre d'échanges entre experts de divers champs disciplinaires de la recherche scientifique. Le présent volume thématique de la revue BenGéO en fait un récapitulatif pour rappeler l'importance des sols dans les activités humaines pour le développement durable. Les articles sélectionnés constituent une part importante des résultats de recherches issus des laboratoires et autres institutions de recherches scientifiques aussi bien sur le plan national qu'international.

Le Rédacteur en Chef
Dr. Vincent O. A. OREKAN

SOMMAIRE

<p>ALOHOUN Dotou Ezéchiel; SAIDOU Aliou; DAGBENONBAKIN Gustave; AGBANGBA Codjo emile : <i>Réponse du maïs (Zea mays L) aux différentes doses d'engrais organo-minéraux sur sols ferrugineux tropicaux lessivés du nord-Bénin</i></p>	5
<p>AVAKOUDJO Julien, TOKO IMOROU Ismaïla, KOUELO Alladassi Félix, KINDOMIHOU Valentin, AMADJI Guillaume Lucien, SINSIN Augustin Brice: <i>Typologie des dongas et effet de l'érosion hydrique sur l'acidité et la teneur en matière organique des sols à Karimama au nord-ouest du Bénin</i></p>	22
<p>KINDOHOUNDE Sého Narcisse, NODICHAO Léfi, AHOLOUKPE Nonwègnon Sayimi Hervé, SAÏDOU Aliou: <i>Symptômes de déficience minérale chez le palmier à huile (Elaeis guineensis Jacq.) au niveau des sols du sud Bénin</i></p>	43
<p>NODICHAO Léfi, AHOLOUKPÈ Nonwègnon Sayimi Hervé, AMADJI Guillaume Lucien, JOURDAN Christophe : <i>Les apports de matière organique au sol dans les palmeraies du sud-bénin modifient le développement racinaire du palmier à huile</i></p>	69

**TYPOLOGIE DES DONGAS ET EFFET DE L'ÉROSION
HYDRIQUE SUR L'ACIDITÉ ET LA TENEUR EN
MATIÈRE ORGANIQUE DES SOLS À KARIMAMA AU
NORD-OUEST DE BÉNIN**

**TYPOLOGY OF DONGAS AND THE EFFECT OF WATER
EROSION ON SOIL ACIDITY AND ORGANIC MATTER
CONTENT IN KARIMAMA, NORTHWEST OF BENIN**

**AVAKOUDJO Julien¹, TOKO IMOROU Ismaïla², KOUELO
Alladassi Félix³, KINDOMIHOU Valentin¹, AMADJI
Guillaume Lucien⁴, SINSIN Augustin Brice¹**

¹Laboratoire d'Ecologie Appliquée, Faculté des Sciences Agronomiques (LEA),
Université d'Abomey-Calavi, Bénin. 01 BP 526 Cotonou, kindomihou@gmail.com ;
bsinsin@gmail.com

²Laboratoire de Cartographie (LaCarto), Faculté des Sciences Humaines et
Sociales (LSHS), Université d'Abomey-Calavi, Bénin. 01 BP 526 Cotonou,
ismael_toko@yahoo.fr

³Laboratoire de Microbiologie des Sols et d'Ecologie Microbienne (LMSEM),
Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin. 01 BP
526 Cotonou, felix.kouelo@gmail.com

⁴Laboratoire des Sciences du Sol (LSS), Faculté des Sciences Agronomiques,
Université d'Abomey-Calavi, Bénin. BP 499 Calavi, gamadji@yahoo.fr
Auteur correspondant : julioavak@gmail.com

Résumé

L'érosion hydrique est un processus majeur de dégradation des sols à Karimama au nord du Bénin. Elle entraîne la dégradation de la structure du sol, en particulier, les attributs fonctionnels des pores du sol, permettant de transmettre et de retenir l'eau afin de faciliter la croissance des racines. L'objectif de la présente étude est d'établir la typologie des *dongas* en fonction des matériaux résiduels qui s'y trouvent, de leur forme, de leur ampleur et de mettre en évidence les effets de l'érosion hydrique sur l'acidité et la teneur en matière organique du sol. Pour atteindre cet objectif, des profils pédologiques ont été ouverts, aussi bien dans le Parc National du W que dans les terroirs. Des échantillons de sol (i) à trois profondeurs du sol H₁ : 0-20 cm (surface du sol), entre 20 et 50 cm (H₂) et au-delà (H₃ : > 50 cm), (ii) dans trois types de ravins (*donga*), du moins profond au plus profond, sur leur plateau proche et plateau éloigné ont été

prélevés et expédiés au laboratoire pour des analyses. Le sol est légèrement acide sur le terroir et le Parc W, les deux sites retenus pour l'étude. La topographie a influencé significativement l'acidité du sol. Au niveau des sites étudiés, la teneur en matière organique, déjà très faible dans le sol, est significativement différente en surface ($MO = 13,00 \text{ g.Kg}^{-1}$) qu'en profondeur ($4,40 \text{ g.Kg}^{-1}$). La distribution de l'azote sur le profil a montré que le sol est deux fois plus riche à la surface ($N = 0,46 \text{ g.kg}^{-1}$) qu'en profondeur ($N = 0,18 \text{ g.kg}^{-1}$) et de façon significative.

Mots clés : Processus de dégradation des sols, ravine, structure du sol, Parc National du W, terroir.

Abstract

Water erosion is a major land degradation process in Karimama in northern Benin. It leads to soil structure degradation, in particular, the functional attributes of the soil pores, which transmit and retain water to facilitate root growth. The objective of this study is to establish the typology of dongas according to the residual materials found in dongas, their shape, their magnitude and to highlight the effects of water erosion on acidity and the organic matter content of the soil. To achieve this goal, pedological soil profiles have been opened, both in the W National Park and in the land use area. Soil samples (i) at three depths of soil H_1 : 0-20 cm (soil surface), between 20 and 50 cm (H_2) and beyond (H_3 : > 50cm), (ii) in three types of soil ravines (donga), from the least deep to the deepest one and on their plateaus (nearby and distant plateau) were collected for laboratory analyzes. The soil is slightly acidic on the soil and the Park W, the two sites selected for the study. The topography significantly influenced the acidity of the soil. At the sites studied, the organic matter content, already very low in the soil, is significantly different in surface ($MO = 13,00 \text{ g.kg}^{-1}$) than in depth ($MO = 4.40 \text{ g.kg}^{-1}$). The nitrogen distribution on the soil profile showed that the soil is twice as rich at the surface ($N = 0.46 \text{ g.kg}^{-1}$) as in depth ($N = 0.18 \text{ g.kg}^{-1}$) and significantly but is not significantly influenced by the erosion intensity.

Keywords: Land degradation process, gully, soil structure, W National Park, Land use area.

Contexte et problématique

Les écosystèmes intertropicaux africains subissent une dégradation accrue par la péjoration climatique et l'anthropisation croissante. Les facteurs naturels et anthropiques interagissent sur la dynamique des formations végétales (Guire,

1997). Il en résulte la déforestation, la désertification et la dégradation des terres qui constituent des problèmes environnementaux majeurs (PNUE, 1991; Vacca *et al.*, 2000). L'intensité et la fréquence de dégradation (ruissellement et taux d'érosion) sont contrôlées par le mode d'utilisation ou de gestion des terres (Vacca *et al.*, 2000). L'érosion détruit la terre arable et réduit sa productivité agricole (Hiepe, 2008). L'érosion hydrique, avec d'importantes pertes de terre de surface, peut accélérer la détérioration des propriétés physiques et chimiques du sol.

Les sols du Parc W sont dégradés par l'érosion et les « *dongas* » (Toko, 2005). Le « Donga » est un terme Zulu qui signifie lieu de cachette contre les guerriers envahisseurs (McCarthy *et al.* 2001; Toko, 2005) à ne pas confondre avec le département de la Donga au Bénin où la rivière Donga a donné son nom au Département. Le donga est alors un témoin d'érosion où l'on observe un phénomène d'effondrement naturel du sol (Toko & Sinsin 2008). Ils sont de vastes dépressions à parois abruptes et sans contact direct avec un cours d'eau et constituent des menaces aux habitats et à la disponibilité de fourrages pour les animaux (Toko & Sinsin, 2008).

Développer des stratégies durables pour réhabiliter des zones dégradées requiert une meilleure connaissance des propriétés chimiques du sol notamment la teneur en matière organique et de l'acidité de ces *dongas*. Ainsi, la présente étude s'attèle à évaluer la Typologie des *dongas* et les effets de l'érosion hydrique sur l'acidité et la teneur en matière organique des sols à Karimama au nord-Ouest de Bénin.

1- Introduction

La perte de sol à la surface de la terre par l'érosion hydrique et éolienne a été identifiée comme l'un des éléments majeurs de la dégradation des sols cultivables dans la partie septentrionale du Bénin. De ce fait, elle peut affecter négativement les attributs fonctionnels des pores de transmission et de conservation de l'eau, et constituer un obstacle majeur pour produire suffisamment de nourriture en vue de satisfaire la demande alimentaire de la population mondiale en croissance (Pimentel, 2006). Les caractéristiques climatiques, pédologiques et topographiques

déterminent le ruissellement et les risques d'érosion des terres agricoles.

Au Bénin, l'érosion hydrique est un processus majeur de dégradation des sols. Malgré le relief relativement plat du pays, la dégradation des sols y est un problème considérable, car l'intensité des précipitations et des systèmes agricoles à faibles intrants sont répandus. La dégradation des sols est aggravée par une expansion rapide des terres agricoles résultant de la croissance de la population dans un contexte où le Parc National du W occupe les 5/6 de superficie de la Commune de Karimama, y compris la migration, le faible recours aux pratiques de conservation des sols et l'augmentation de la variabilité des précipitations, en raison du changement climatique (Hiepe, 2008). Dans la zone d'étude, la Commune de Karimama, au Nord-Ouest du Bénin, la dégradation des sols est marquée par le phénomène d'effondrement du sol et de perte massive des terres, appelé « *Donga* » (Toko & Sinsin, 2008, Avakoudjo *et al.*, 2013). Ce phénomène frappe aussi bien le Parc National de W que ses terroirs riverains. Il s'agit de l'érosion hydrique en nappe, liée au splash et au ruissellement, de l'érosion en filets, de l'érosion due au ruissellement dans les rigoles et de l'érosion par ravinement. Les *Dongas* représentent de vastes zones érodées, de formes diverses, mais souvent circulaires, de plusieurs dizaines de mètres de diamètre, et de profondeur variable (Avakoudjo *et al.*, 2013). Il est très important de connaître les effets de ces formes d'érosion hydrique sur l'acidité et la teneur en matière organique du sol afin de comprendre les dangers occasionnés sur la productivité du sol. Spécifiquement, il s'agit de comparer ces propriétés chimiques du sol à trois niveaux de dégradation du sol. Le premier niveau ou plateau éloigné est un sol non érodé ou très faiblement érodé. Le second niveau ou plateau proche est un sol sous l'érosion diffuse (faible intensité) et le troisième niveau appelé *donga* est un ravin, donc, un sol fortement érodé.

2- Matériel et méthodes

2.1- Zone d'étude

L'étude a été réalisée dans la zone soudanienne sèche du Bénin dans la Commune de Karimama (Latitude 11° 26'- 12°26' N ; longitude

2°17'-3°05' E). Les expériences ont été conduites sur des profils pédologiques, aussi bien dans le Parc National du W que dans ses terroirs riverains (figure 6.1) caractérisés par le phénomène de “donga”. Les *dongas*, étant de vastes dépressions dominées par des parois abruptes, de profondeurs comprises entre 0,20 et 8,5 m (Avakoudjo *et al.*, 2011) et de superficies variant entre 0,50 et 3,50 hectares (Toko & Sinsin, 2008). Leur présence est accentuée par la dégradation de la végétation et la vulnérabilité du sol à l'érosion due à l'agressivité des pluies, à la structure du sol peu développée, à l'écoulement souterrain, au vent, au surpâturage et aux feux tardifs non contrôlés (Toko & Sinsin, 2008). En fonction de la résistance des matériaux à l'érosion, trois types de *dongas* se sont distingués à savoir : les *dongas* à fond sableux, les *dongas* à reg et les *dongas* à butte.

2.2- Collecte et traitement des données

L'étude a été réalisée sur 26 profils pédologiques. Les données collectées ont concerné la pente du sol variant entre 2 et 5 %, le diamètre moyen des *dongas* et les caractéristiques physiques et chimiques du sol. La largeur des fosses pédologiques a été de 1 m et leur longueur de 3 m sur le terrain. Leur profondeur dépendait de celle de la roche mère et variait de 50 cm dans les *dongas* à 180 cm au niveau des plateaux proches (tableau 1).

Tableau 1 : Caractéristiques des plateaux et des *dongas* (characteristics of plateaux and *dongas*)

Ravinement	Plateau Proche	Plateau Eloigné	Donga (gully)
Pente	1 % à 3 %	2 % à 3 %	1 % à 5 %
Profondeur du profil pédologique	95 cm à 180 cm	91 cm à 162 cm	50 cm à 145 cm

Les facteurs étudiés ont été les suivants :

- le site avec 2 variantes : le Parc National du W et le terroir ;
- la topographie avec 3 variantes : donga, le plateau éloigné et le plateau proche ; deux profils pédologiques ont été installés dans chaque donga, et un profil pédologique sur chacun de ses plateaux;
- le type de donga avec trois variantes : microdonga de diamètre moyen compris entre 10 - 50 m et de profondeur ≤ 1 m),

mésodonga de diamètre moyen compris entre 50 - 100 m et profondeur 1 – 3 m) et mégadonga ayant un diamètre moyen >100 m et une profondeur > 3 m ;

- l'horizon du sol avec 3 variantes : H₁ : 0-20 cm ; H₂ : 20-50 cm ; H₃ : > 50 cm.

Les échantillons de sols ont été prélevés à l'aide d'un cylindre de densité sur tous les sites au niveau de chaque horizon du profil pédologique et sur tous les sites pour les analyses en laboratoire. Ces échantillons ont été séchés à l'air libre et tamisés à l'aide d'un tamis de 2 mm de maille. Les paramètres physiques et chimiques suivants ont été déterminés à savoir :

- l'acidité actuelle (pH_{eau}) du sol avec un ratio sol/solution de 2/5 à l'aide d'un pH-mètre à électrode; la solution étant l'eau distillée
- l'acidité potentielle (pH_{KCl}) avec un ratio sol/solution de 2/5 à l'aide d'un pH-mètre à électrode, dans une solution normale de KCl;
- le taux de carbone organique du sol, par l'oxydation de la matière organique au dichromate de potassium K₂Cr₂O₇ dans une solution d'acide sulfurique (96%), et la détermination des ions Cr³⁺ formés (Aubert, 1978) ;

l'azote total, par la méthode Kjeldahl (Okalebo *et al.*, 2002) ;

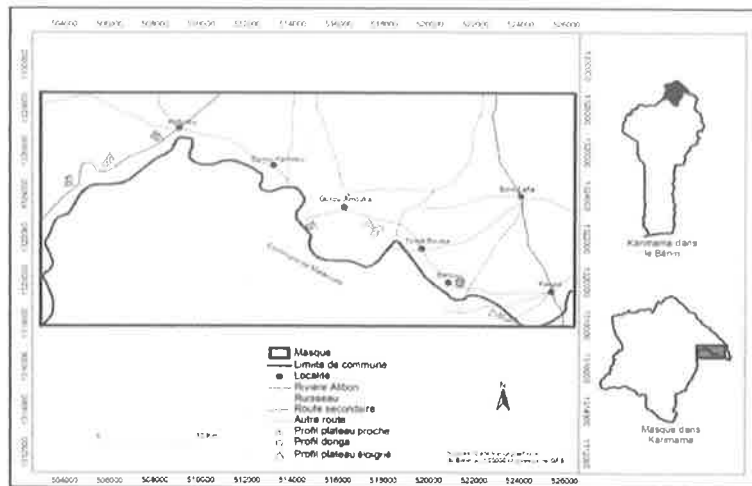


Figure 1 : Localisation des profils pédologiques dans la Commune de Karimama (Location of soil profiles in Karimama district)

2.3- Analyse statistique des données

Le Microsoft Excel version 2010 a été utilisé pour la saisie des données et la réalisation des graphes. Le Logiciel SAS version 9.2 a été utilisé pour l'analyse statistique des données. L'analyse de variance ANOVA et la comparaison des moyennes ont été faites avec le test LSD : Least Significant Difference.

3- Résultats

3.1- La typologie des *Dongas*, leur repartition spatiale dans le Parc National du W et sa périphérie

3.1.1. Diversité des *dongas*

Environ neuf faciès de *dongas* se rencontrent dans la zone soudanienne sèche au Bénin en fonction des variables telles que la morphologie, la forme et l'ampleur du phénomène. L'érosion met en évidence la morphologie : (a) *dongas* sableux, (b) *dongas* à reg et (d) *dongas* à butte témoin. La forme offre trois types de *donga* : *donga* rectangulaire et chevauché (f), circulaire (c, e, g) L'ampleur définit trois types: (a, b, c) *microdongas* ($10 \text{ m} \leq \text{diamètre} \leq 50 \text{ m}$; $0 < \text{profondeur} \leq 1 \text{ m}$), (e) *mésodongas* ($50 \text{ m} \leq \text{diamètre} \leq 100 \text{ m}$; 1

<profondeur \leq 3 m et (f, g) mégadongas (diamètre > 100 m; profondeur > 3 m. Méso et méga dongas semblaient être vaste et abrupte.

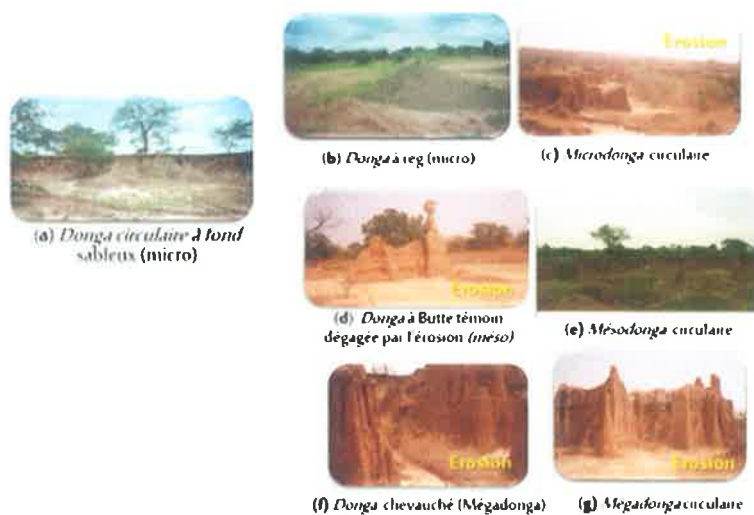


Figure 2 : Diversité des dongas en zone soudanienne sèche du Bénin

3.1.2- Répartition spatiale des dongas

La figure 3.3 met en évidence la distribution spatiale des *dongas* à partir de données analysées avec le logiciel ArcGIS.



Figure 3. Répartition spatiale des *dongas* dans le Parc W et sa périphérie

La répartition de ces *dongas* dans le Parc National du W et le terroir est présentée dans le tableau 2.

Tableau 2: Répartition spatiale des *dongas* dans le Parc National du W et sa périphérie dans les Communes de Karimama et de Bani-koara.

Zone	Karimama		Bani-koara		Total %
	N	%	N	%	
Parc	12	29,3	14	34,2	63
Terroirs	13	31,7	2	4,9	37
Total	25	61	16	39	100

Il ressort du tableau 2 qu'il y a plus de *dongas* retrouvés dans le Parc National du W (> 60%) que dans les terroirs (<40%) et Karimama détient presque deux fois plus le nombre de *donga* obtenu à Bani-koara. Ces résultats indiquent que l'occurrence des *dongas* dans les zones protégées du Parc W est deux fois plus nombreuse que dans

les Terroirs. Les dongas ont été trouvés sur six types de sols ferrugineux.

Les différents types de sol et la proportion de *dongas* qui s'y établissent sont respectivement présentés dans les figures 4 et 5.

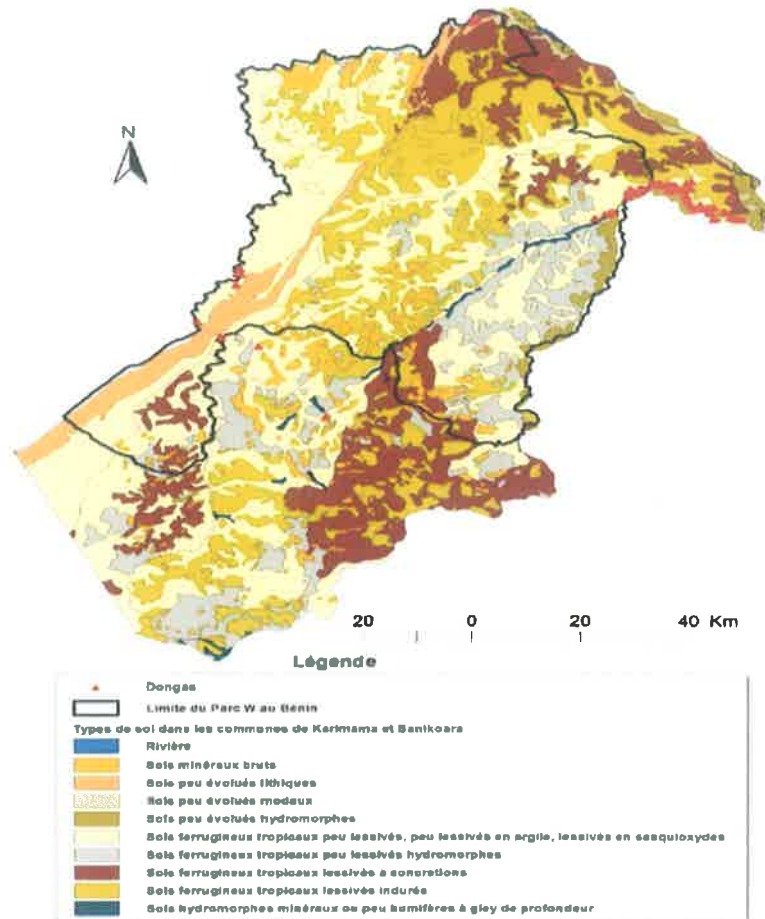


Figure 4 : Type de sol et distribution des dongas dans les Commune de Karimama et de Banikoara

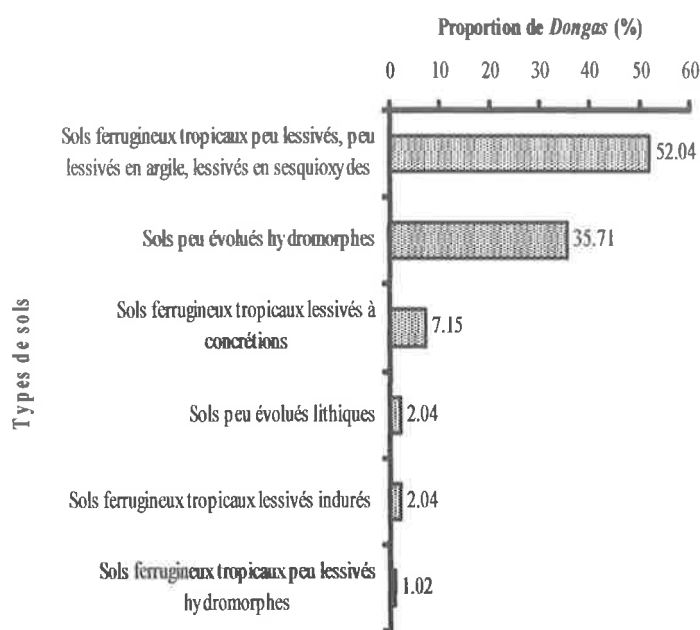


Figure 5. La proportion de dongas selon le sol ferrugineux

Les résultats mettent en évidence que les dongas apparaissent sur quatre (04) sols ferrugineux tropicaux et deux (02) sols hydromorphes. De plus, Il existe deux (02) principaux types de sols ferrugineux sur lesquels les dongas s'établissent préférentiellement. Il s'agit de : i) Sols ferrugineux tropicaux peu lessivés, peu lessivés en argile et lessivés en sesquioxydes contenant 52,04% de dongas et ii) sols peu évolués hydromorphes avec environ 35,71% de dongas.

3.2- Effet de l'érosion hydrique sur l'acidité et la teneur en matière organique des sols

3.2.1- Caractéristiques chimiques du sol

Les résultats concernant l'influence du site, des unités topographiques, de la profondeur des horizons et du type de *donga* (ravinement) sur les caractéristiques chimiques du sol ont été présentés dans les Tableaux .3 et 4.

Tableau 3 : Caractéristiques chimiques des sols dans la Commune de Karimama : Impact du site et de la topographie

Paramètres	Site			Topographie			
	Terroir	Parc W	Lsd	PE	PP	Ravin	Lsd
Acidité actuelle	6,22a	5,99a	0,269	5,79b	5,54b	6,45a	0,3678
Acidité potentielle	5,26a	5,05a	0,2936	4,95b	4,58b	5,46a	0,4017
Matière organique	8,40a	7,90a	1,502	8,20a	7,40a	8,50a	2,054
Azote total	0,32a	0,30a	0,043	0,31a	0,28a	0,32a	0,059
Rapport C/N	15,11a	14,54a	1,2363	14,79a	15,03a	14,47a	1,6904

PP : Plateau proche ; PE : Plateau éloigné. Lsd: Least significant difference.

Les moyennes suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 %.

Tableau 4. Caractéristiques chimiques des sols dans la Commune de Karimama : Impact des horizons et de la taille des ravins (*dongas*)

Paramètres	Horizon				Ravinement			
	H1	H2	H3	Lsd	MiD	MeD	MaD	Lsd
Acidité actuelle	6,05a	6,09a	6,22a	0,3274	6,19a	6,2a	5,91a	0,3323
Acidité potentielle	5,27a	5,08a	5,15a	0,3565	5,07a	5,32a	5,05a	0,3625
Matière organique	13,00a	7,30b	4,40c	1,829	8,60a	8,40a	7,40a	1,856
Azote total	0,46a	0,29b	0,18c	0,052	0,32a	0,32a	0,28a	0,053
Rapport C/N	16,04a	14,4b	14,13b	1,5048	14,95a	14,67a	15,02a	1,5275

H₁: 0-20 cm ; H₂ : 20-50 cm ; H₃ : > 50 cm ; MiD=Microdonga; MeD=Mesodonga; MaD=Megadonga Lsd: Least significant difference

• **Acidité du sol**

Le sol est légèrement acide (5,91 < pH eau < 6,22.) sur les deux sites d'étude (terroir et Parc W). La topographie a eu d'influence sur l'acidité du sol (p < 0,05). En effet, le sol a été moins acide au niveau du donga. Le pH_{eau} et pH_{KCl} du donga ont différé significativement de ceux du plateau proche (Figure 6). L'acidité n'a pas été significativement différente (p > 0,05.) suivant la profondeur du donga. Toutefois, on constate que, plus le donga est profond, plus le sol est acide.

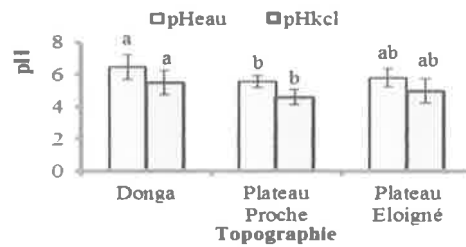
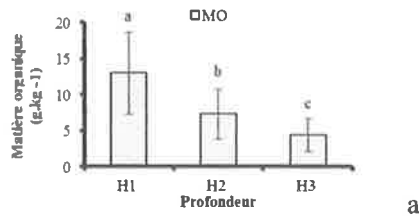


Figure 6 : Effet de la topographie sur le pH du sol sous l'érosion

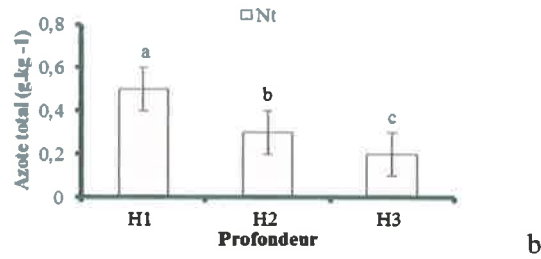
• **Matière organique du sol**

Tous les sites ont un sol pauvre en matière organique ($4,40 \text{ g.Kg}^{-1} < \text{MO} < 13 \text{ g.Kg}^{-1}$). La teneur en matière organique du sol a varié de façon significative ($p < 0,05$) de la surface vers la profondeur. A la surface, le sol a été plus riche en matière organique qu'en profondeur (Figure 7 a et 7 b). Ces sites sont donc effectivement sous les effets de l'érosion du sol. Ni la topographie, ni l'intensité de l'érosion n'ont affecté de façon significative la teneur en matière organique du sol. Les sites d'étude ont un sol dégradé et érodé. La teneur en azote du sol est faible au niveau des deux sites. Elle diffère significativement au niveau des trois horizons du sol. La distribution de l'azote sur le profil a montré que le sol est deux fois plus riche à la surface ($0,46 \text{ g.kg}^{-1}$) qu'en profondeur ($0,18 \text{ g.kg}^{-1}$) et de façon significative. Le rapport C/N étant supérieur à 10, la minéralisation de la matière organique du sol a été relativement bonne et n'a pas subi l'effet de l'érosion du sol sur les sites étudiés. La valeur du rapport C/N à la surface du sol est significativement différente de celle obtenue dans l'horizon de profondeur (Figure 7 c).



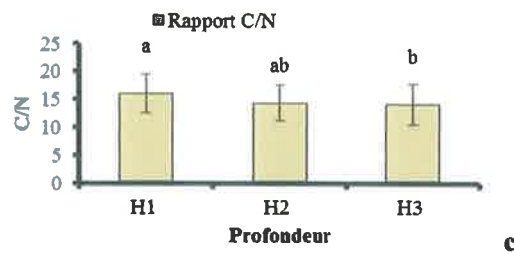
H₁: 0-20 cm ; H₂ : 20-50 cm ; H₃ : > 50 cm ; MO: Matière organique

Figure 7 a : Effet de l'érosion sur la teneur en matière organique du profil du sol



H₁: 0-20 cm ; H₂ : 20-50 cm ; H₃ : > 50 cm ; Nt : Azote total du sol

Figure 7 b : Effet de l'érosion sur la teneur en azote du profil du sol



H₁: 0-20 cm ; H₂ : 20-50 cm ; H₃ : > 50cm ; C/N : Ratio carbone/azote

Figure 7 c : Effet de l'érosion sur ratio carbone/azote du profil du sol

4- Discussion

4.1- Effet des types de *donga* sur l'acidité des sols

Le sol est légèrement acide sur les deux sites d'étude (terroir et Parc W). La topographie a une influence significative sur l'acidité du sol. Il n'a pas été démontré que le pH du sol affecte directement l'érosion par ravinement, cependant, une corrélation entre la variation du pH du sol et les processus de l'érosion a été observée (Gachene *et al.*, 1997). L'acidification du sol est liée à une perte de la qualité du sol (Nandi & Luffman, 2012). Lorsque la végétation est incapable de se

développer sur un sol acide : elle peut mourir ; ses racines ne seront plus conservées dans le sol et l'érosion du sol va commencer (Nandi & Luffman 2012). Un pH bas, dans la gamme 4,5 à 6 dans l'horizon A, a été observé, aussi bien dans les sols érodés que dans ceux non érodés. En effet, le sol est moins acide au niveau du *donga*. Le pH_{eau} du *donga* (6,45) diffère significativement de ceux du plateau proche (5,54) et du plateau éloigné (5,79). Selon Weill & Duval (2009), le pH est en général un reflet de l'état calcique du sol. Un pH_{eau} de 6,5 est un objectif général à atteindre, car il est convenable pour la plupart des cultures. C'est ce qui justifie peut être la mise en valeur de ces zones dégradées par les producteurs, surtout dans les terroirs de Mamassy-Gourman (85,68 %), Kofounou (77,78 %), Birni-Lafia (66,62 %) et Gouroukambou (55,56 %) où le problème de manque de terre cultivable se pose avec acuité. En effet, la présence du Parc National du W (sur les 5/6 de la Commune de Karimama) fait que face à la poussée démographique, la population exerce une forte pression sur la terre. Les exploitants agricoles sont contraints à la mise en valeur des zones dégradées (Godonou, 2011).

4.2- Teneur en matière organique et stratégie de gestion de la fertilité des sols

Les teneurs en matière organique et en azote du sol de tous les sites étudiés sont très faibles. Dans un contexte de pauvreté, les producteurs de Karimama exploitants ces zones dégradées n'utilisent pas des engrais minéraux, et très peu d'entre eux utilisent la fumure organique de façon satisfaisante pour relever cette baisse du potentiel agricole. La baisse de la fertilité se révèle par la chute des rendements agricoles (Agadjihouédé, 2008) et l'envahissement des champs par des espèces végétales indicatrices de la pauvreté des terres, dont *Striga hermonthica* (Agadjihouédé, 2008 ; Avakoudjo *et al.*, 2011). Face aux problèmes de dégradation des terres, les stratégies de gestion et de restauration de la fertilité des sols dans la zone d'étude doivent être centrées sur l'utilisation de la matière organique avec les paysans producteurs. L'amendement organique inclut l'apport de fumier d'étable, le parcage, les parcs agroforestiers. Dans les champs de case et les autres champs plus proches du village, la fertilisation du sol par l'apport du fumier est la pratique de reconstitution du stock organique et d'amélioration de la structure

du sol. Le fumier utilisé est constitué d'ordures ménagères et de fumier d'étable, produit par les animaux (petits et gros ruminants surtout). Ce fumier d'étable est en fait un mélange de déjections, d'urines, de pailles et de terre. L'apport du fumier se fait en saison sèche. Il est d'abord entassé sur les plages nues, encroûtées ou sur les parties du champ où le sol présente un éclaircissement prononcé, donc pauvre, de l'avis du paysan (Agadjihouédé, 2008). Les Peulhs (73,33%) utilisent le plus le fumier d'étable, tandis que pour l'utilisation des ordures ménagères et déchets de cuisine, ce sont les Dendi et Djerma (57,57%) qui les pratiquent. La technique de parcage des animaux est aussi utilisée pour fertiliser le sol à Karimama. Au total 83,82% des paysans pratiquent le parcage. Selon ces paysans, cette pratique est plus facile, compte tenu du fait qu'elle ne nécessite pas le transport du fumier (Agadjihouédé, 2008). La valorisation des résidus de récolte par leur transformation en fumier de ferme est une technique utilisée par les exploitants agricoles pour améliorer la fertilité des sols et les rendements agricoles. En intégrant les résidus de récolte dans l'alimentation du bétail, les refus du fourrage et les excréments (fèces et urines) sont transformés dans le parc, en fumier, utilisé pour les cultures suivantes. Mais Agadjihouédé 2008, lors de ses analyses sur la pratique du parcage, s'est demandé si la charge animale des exploitants suffisait pour améliorer substantiellement la fertilité des champs face au constat d'absence de contrat de parcage entre agriculteurs et éleveurs peulhs. Coly *et al.* (2013), en étudiant la transformation locale des résidus de récolte en fumier de ferme dans le terroir de la Néma, au Saloum (Sénégal), ont trouvé que la production de fumier apparaît très liée à la taille de l'exploitation, et donc, à l'effectif des animaux dans le parc, et surtout à l'apport de fourrage. Pour améliorer cette production, ils ont suggéré d'augmenter l'effectif des animaux dans le parc et d'ajouter aux refus des résidus de la litière non consommable. Des études spécifiques sont alors nécessaires dans la zone d'étude afin d'évaluer la production de fertilisants organiques en fonction de la taille des exploitations et de quantité de résidus (mil, sorgho, arachide ou maïs) disponibles sur l'exploitation. L'adoption de la culture du mil dans les parcs agroforestiers à *Piliostigma reticulatum* a été constatée dans la Commune de Karimama ; au niveau de toutes les exploitations agricoles. En effet,

dans le but de comprendre les logiques de la pratique des cultures sous *P. reticulatum* dans la région d'Aguié, au Niger, et de la justifier à travers des évaluations de rendement de mil, Abasse *et al.* (2013) ont encouragé les paysans à pratiquer la régénération naturelle assistée de *P. reticulatum*, du fait de son importance dans l'amélioration du rendement de mil, qui constitue la base de leur alimentation. La mise en œuvre d'un tel système de culture par les paysans de Karimama est alors bien pensée, pour régler les problèmes de surexploitation des terres et d'avoir des rendements acceptables. D'autres parcs agro-forestiers, moins pratiqués sont aussi observés telles les cultures sous *Balanites aegyptiaca*, ou *Vitellaria paradoxa* ou *Sclerocarya birrea*. La teneur en matière organique du sol varie de façon significative de la surface vers la profondeur. A la surface, le sol est plus riche en matière organique (13 g.Kg^{-1}) qu'en profondeur ($4,40 \text{ g.Kg}^{-1}$). La distribution de l'azote sur le profil montre que le sol est deux fois plus riche à la surface ($0,46 \text{ g.kg}^{-1}$) qu'en profondeur ($0,18 \text{ g.kg}^{-1}$) et de façon significative. Le rapport C/N étant supérieur à 10, indique que la minéralisation de la matière organique du sol est bonne et ne subit donc pas l'effet de l'érosion du sol sur les sites étudiés. Les différents équilibres minéraux Nt/P₂O₅ total et le Ca/Mg considérés dans cette étude montrent que la valeur du rapport Ca/Mg est faible ($\text{Ca/Mg} = 0,68 < 1,5$). Ce résultat suggère qu'il y a une légère déficience du calcium sur le magnésium dans le sol des *dongas*. En ce qui concerne le rapport Nt/P₂O₅ total, on constate que c'est inférieur à 0,5, ce qui suggère la faible teneur d'azote dans ces sols. L'azote pourrait constituer le facteur déterminant des rendements des cultures dans ces écosystèmes dégradés.

5- Conclusion

L'étude sur la typologie et l'effet de l'érosion sur l'acidité et la teneur en matière organique des sols dans les zones dégradées (*dongas*) dans la région soudanaïenne sèche du Bénin à Karimama, a contribué à une meilleure connaissance et compréhension de la diversité du phénomène de *dongas* et de leur répartition. Les *dongas* sont établis préférentiellement sur les sols ferrugineux tropicaux peu lessivés, peu lessivés en argile et lessivés en sesquioxydes (52,04% de *dongas*) et les sols peu évolués hydromorphes (35,71% de

dongas). Le sol est légèrement acide sur les deux sites d'étude (terroir et Parc W). La topographie a eu une influence significative sur l'acidité du sol. En effet, le sol a été moins acide au niveau du *donga*. Tous les sites ont un sol très pauvre en matière organique. La teneur en matière organique du sol a varié de façon significative de la surface (H₁ : 0-20 cm), vers la profondeur (H₂ : 20-50 cm et H₃ : > 50 cm). En effet, l'azote s'est révélé être l'élément déficient dans ces sols, d'où la nécessité d'apporter de l'azote si l'on veut accroître les rendements agricoles de manière durable. Les éléments fins sont drainés par le ruissellement, depuis les plateaux vers les *dongas* (ravins), qui sont moins acides et offrent un bon potentiel pour beaucoup de cultures. La mise en œuvre de l'agriculture nécessite l'apport de fertilisant organique et minéral pour compenser l'exportation liée à la récolte, et améliorer la fertilité des sols. Des études complémentaires doivent être réalisées pour évaluer la production de fertilisants organiques en fonction de la taille des exploitations et en fonction de la quantité de résidus (mil, sorgho, arachide ou maïs) disponibles dans les exploitations.

6- Remerciements

Ce travail a été réalisé grâce à l'appui financier et logistique de l'Union Européenne (FP6 INCO-dev 031685), à travers le Projet SUN (Sustainable Use of Natural Vegetation in West Africa) et du Laboratoire d'Ecologie Appliquée de la Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi (Bénin). Les auteurs remercient l'équipe du Laboratoire Sciences du Sol de la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi et le Dr. Azontondé Anastase pour leur contribution.

Références bibliographiques

ABASSE Tougiani, YAYE Aissatou, ABDOUL HABOU Zakari Assoumane Issa ADAMOU Assoumane Issa, ADAM Toudou, 2013, « Influence des Parcs agro-forestiers à *Piliostigma reticulatum* sur l'infestation des plants de mil par les insectes floricoles et *Coniesta ignefusalis* (Hmps) (Lépidoptère : Pyralidae) dans la zone d'Aguié au Niger », *Journal of Applied Biosciences*, **66, 5140 - 5146**

- AGADJIHOUEDE Hyppolite, 2008**, *Zones dégradées des terroirs riverains du Parc National du W du Niger dans la Commune de Karimama et les potentialités de reboisement avec les essences locales d'intérêt socio-économique pour les populations locales*, Mémoire de DESS Protection de l'environnement et amélioration des systèmes Agraires sahéliens. Université Abdou Moumouni, Faculté d'Agronomie, Centre Régional d'Enseignement spécialisé en Agriculture (CRESA). 80 p.
- AVAKOUDJO Julien, KINDOMIHOU Valentin, SINSIN Brice, 2011**, « Farmers' perception and response to soil erosion while abiotic factors are the driving forces in Sudanian Zone of Benin », *Agricultural Engineering Research Journal*, 1 (2), 20-30.
- AVAKOUDJO Julien, KINDOMIHOU Valentin, AKPONIKPE Pierre Irénikatché, THIOMBIANO Adjima, SINSIN Brice, 2013**, « Essences végétales et techniques de restauration des zones d'érosion (*dongas*) du Parc W et de sa périphérie à Karimama (Nord-Bénin) », *Journal of Applied Biosciences*, 6, 5496 - 5509.
- COLY Ismaïla, DIOP Babacar, AKPO Léonard Elie, 2013**, « Transformation locale des résidus de récolte en fumier de ferme dans le terroir de la Néma au Saloum (Sénégal) », *Journal of Applied Biosciences* 70, 5640-5651.
- GACHENE Charles K., MBUVI Joseph. P., JARVIS N. J., et LINNER H, 1997**, « Soil erosion effects on soil properties in a highland area of central Kenya », *Soil Science Society of America Journal*, 61(2): 559-564.
- GODONOU Balbine Sylviane, 2011**, *Analyse des formes d'utilisation des terres dégradées par l'érosion (Dongas) au nord-Bénin : Cas de la Commune de Karimama*, Master en Gestion des Ressources Naturelles et de la Biodiversité (RESBIO), Université d'Abomey- Calavi, (Bénin), 49 p.
- GUIRE Moussa, 1997**, *Contribution à l'étude de la dégradation du couvert végétal à Karankasso-Vigué*, Mémoire de maîtrise au

Département de Géographie, Université de Ouagadougou,
Burkina Faso, 113 p.

HIEPE, Claudia, 2008, *Soil degradation by water erosion in a sub-humid West-African catchment a modeling approach considering land use and climate change in Benin*, Thesis, ULB, Bonn, 337 p.

LUJAN Lobo Deyanira, 2003, *Soil Physical Properties Affecting Soil Erosion in Tropical Soils*, Faculty of Agronomy, Institute of Soil Science, Central University of Venezuela, Maracay, Venezuela. Lecture given at the College on Soil Physics, Trieste, 3:232-243

McCARTHY T. S., TOOTH S., BRANDT D., HANCOX P. J., KENDALL G. J., 2001, *Controls on late quaternary river channel and alluvial fan activity in the semi-arid Steelpoort region*. South Africa: Mpumalanga Northern Province, <http://www.aber.ac.uk/rivers/staff/tooth.htm>.

NANDI Arpita et LUFFMAN Ingrid, 2012, « Erosion related changes to physico-chemical properties of ultisols distributed on calcareous sedimentary rocks », *Journal of sustainable development*, 5 (8), 52-68. <http://dx.doi.org/10.5539/jsd.v5n8p52>. (Consulté le 07 novembre 2014)

PIMENTEL David, 2006, « Soil erosion: A food and environmental threat, *Environ. Dev. Sustain.* 8, 119-137.

PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT, 1991, *Situation en ce qui concerne la désertification et la mise en oeuvre du plan d'action des Nations Unies pour lutter contre la désertification*, Rapport du Directeur Exécutif, UNEP/GCSS.III/S Nairobi, Kenya, 94p.

TOKO Ismaël, et SINSIN Brice, 2008, « Les phénomènes d'érosion et d'effondrement naturels des sols (*dongas*) du Parc national du W et leur impact sur la productivité des pâturages ». *Sécheresse*, 19 (3):193-200.

TOKO Ismaël, 2005, *Savannah'grassland productivity in relation with natural soil subsidence and slumpflation (*dongas*) in the*

W National Park, Msc Thesis. Ecosystem dynamics and land management, Department of Geography, Abomey-Calavi: Abomey-Calavi University Press, 88 p.

VACCA A., LODDO S, OLLESCH G., PUDDU R., SERRA G., TOMASI D., ARU A., 2000, Measurement of runoff and soil erosion in three areas under different land use in Sardinia (Italy). *Catena*, 40, 69-92.

WEILL Anne et DUVAL Jean, 2009, Gestion du sol: état de santé, drainage, chaulage et travail du sol : Guide de gestion globale de la ferme maraîchère biologique et diversifiée. Module 6, Gestion du sol et de l'eau. Chapitre 10. 20p.