

DÉGRADATION DES TERRES ET ÉVALUATION DU POTENTIEL PHYSICOCHEMIQUE DES TERRES DÉGRADÉES DU SUD-OUEST DU NIGER : CAS DES SOLS DU TERROIR VILLAGEOIS DE BOUBON

Bachirou HAMADOU YOUNOUSSA^{1*}, Tahirou HASSANE YAOU¹,
Amadou ABDOURHAMANE TOURE², Zalika MAMOUDOU
JAUDAR² et Zibo GARBA^{1,2}

¹ Université de Dosso, Faculté des Sciences et Techniques, Département de Numérisation des Sciences Environnementales, BP 230 Dosso, Niger

² Université Abdou Moumouni, Faculté des Sciences et Techniques, Département de Géologie BP 10662 Niamey, Niger

*Correspondance, e-mail : bachirouhamadou31@yahoo.fr

RÉSUMÉ

La dégradation des terres impacte négativement la production agricole au Niger. Cette étude a pour objectif de caractériser le potentiel physicochimique des terres dégradées de Boubon. Ainsi, quatre échantillons de sols ont été prélevés sur divers états de surface afin de déterminer leurs caractéristiques physiques et chimiques. Par ailleurs, l'évolution de la densité de la végétation, indicatrice de l'état de dégradation des terres, et une cartographie des surfaces dégradées ont été réalisées. Les résultats montrent que les sols du terroir villageois de Boubon sont des sols essentiellement sableux et pauvres en nutriments. Le cortège ionique des bases échangeables dominé par le Ca^{2+} a varié entre 1,15 et 2,77 Meq/100g. La dégradation par encroûtement de ces sols s'est matérialisée par une diminution du Ca^{2+} de 0,40Meq/100g et une augmentation de Mg^{2+} de 0,18 Meq/100g relativement au sol non dégradé. La matière organique est très faible (teneur maxi : 1,01 %) et est très minéralisée. La stabilité structurale calculée (inférieure à 5,03) met en évidence des sols à risque élevé de dégradation (sol non dégradé) et/ou des sols dégradés sévèrement (croûte de décantation et croûte d'érosion).

Mots-clés : *Boubon, sol dégradé, granulométrie, potentiel physicochimique.*

ABSTRACT

Degradation of the soils and evaluation of the physiochemical potential of the degraded soils of the south-west of Niger : case of the local soils of Boubon

The soils' degradation negatively affects the agricultural production in Niger. The objective of this study is to characterize the physiochemical potential of the

degraded soils of Boubon. Thus, four samples were taken for various surface states in order to determine their physical and chemical characteristics. Otherwise, the evolution of the density of the vegetation, indicator of the state of the soils' degradation, and a mapping of the degraded surfaces were carried out. The results show that the local soils of Boubon are essentially sandy and poor in nutrients. The ionic train of exchangeable bases, dominated by the Ca^{2+} , varied between 1.15 and 2.77 mEq/100 g. The degradation by crusting of these soils are indicated by a reduction of the Ca^{2+} of 0.40mEq/100g and an increase of the Mg^{2+} of 0.18 mEq/100g relatively to the non degraded soil. The organic matter is very low (maximum content : 1.01 %) and very mineralized. The calculated structural stability (lower than 5.03) indicates obviously soils of high risk of degradation (non degraded soil) and/or soils severely degraded (sedimentation crust and erosion crust).

Keywords : *Boubon, degraded soil, granulometry, physiochemical potential.*

I - INTRODUCTION

Les pays sahéliens sont très sensibles aux changements climatiques [1]. Ces changements climatiques se sont manifestés par une baisse de 20 à 40 % des pluies annuelles à la fin des années 1960 [2]. Aussi, plusieurs sécheresses ont impacté le Sahel particulièrement au début des années 70 et 80 [3]. Ces sécheresses ont décimé plusieurs espèces animales et végétales [4]. La dégradation du milieu sahélien due aux sécheresses a été exacerbée, par une forte pression démographique. En effet, au cours des dernières décennies, le Sahel enregistre la plus forte croissance démographique du monde (3 % par an) [5]. Cette croissance a engendré une extension de surfaces cultivées pour satisfaire les besoins alimentaires [6]. La satisfaction des besoins énergétiques par la consommation du bois de chauffe a augmenté de 275 % dans les pays sahéliens entre 1960 et 1997 [7]. La croissance démographique au Niger est la plus forte au Sahel [8]. La population du Niger double, en effet, presque chaque 20ans et est passée de près de 3 millions d'habitants en 1960 à 20,6 millions d'habitant en 2017 [9]. Cette croissance démographique a entraîné, comme partout, au Sahel une extension des surfaces cultivées [7]. Au sud-ouest du Niger, par exemple, les surfaces cultivées ont augmenté de 80 % entre 1950 et 2000 [10]. La transformation des savanes en des surfaces cultivées a favorisé l'emprise des érosions éolienne et hydrique [11,12] qui produisent des pertes en terres et en éléments nutritifs. Ainsi l'érosion éolienne provoque une perte de près de 20 T / Ha / an de surfaces cultivées. Quant à l'érosion hydrique, elle mobilise des milliers de tonnes de sable qui vont concourir à ensabler les plans d'eau [11, 12]. Cette mobilisation des particules et des nutriments entraîne une dégradation des terres qui impacte négativement l'économie du Niger basée essentiellement sur le secteur agricole [13]. L'encroûtement est la forme de dégradation la plus sévère dans les sols sableux sahéliens [14]. Il modifie les propriétés hydrauliques de la surface, en

particulier le taux d'infiltration à travers l'épaisseur de la croûte et/ou sa conductivité hydraulique [14]. Les impacts du développement des croûtes sur la fertilité chimique des sols, ont cependant, été moins bien abordés. Le présent travail a pour objectif la caractérisation physico-chimique des surfaces dégradées par encroûtement dans le terroir villageois de Boubon.

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

II-1. Zone d'étude

La zone de l'étude est située dans le terroir villageois de Boubon (13,6°N et 1,93° E) (*Figure 1*). Elle se trouve à 25 Km au Nord-Ouest de Niamey où la pluviométrie moyenne annuelle est de 525 mm [15]. La population pratique essentiellement l'agriculture développée sur des sols sableux, ferrugineux tropicaux et peu évolués [16]. Elle pratique secondairement des activités pastorales et sylvicoles. Le site de l'étude situé à l'est de Boubon est une toposéquence développée sur un ensemble dunaire qui se trouve entre les plateaux latéritiques et le fleuve Niger (*Figure 1*).

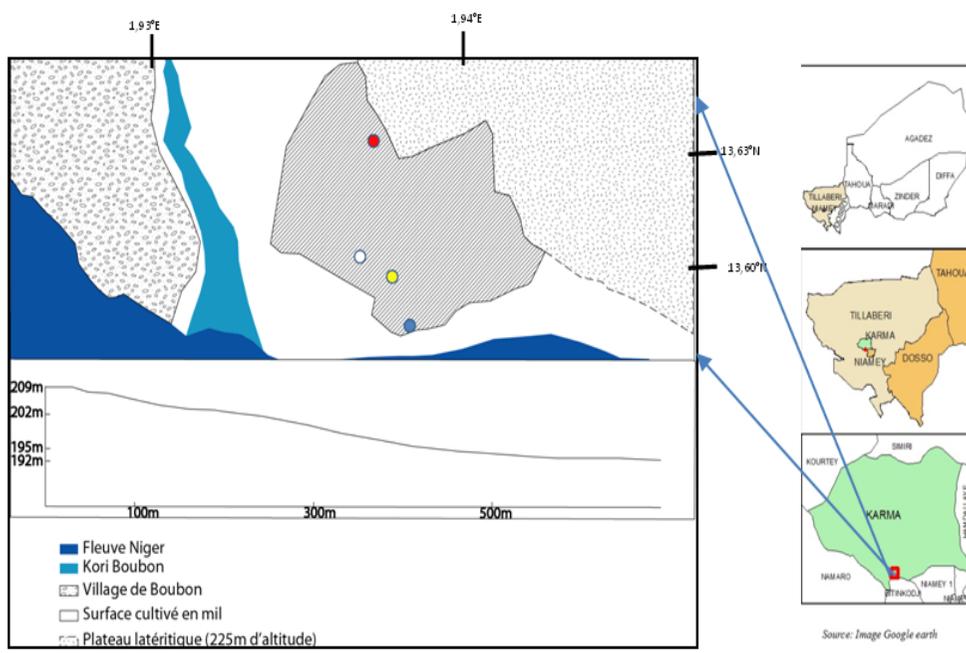


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude et des points d'échantillonnage de sol: (●) croûte d'érosion dans champ (ech 1) ; (●) croûte de décantation (ech 2) ; (●) sol non dégradé(ech 3) ; (●) croûte d'érosion au pied du plateau (ech 4), et profil topographique de la toposéquence

II-2. Caractérisation diachronique de la densité des arbres et arbustes

L'évolution de la densité des arbres est un important indice de la péjoration des milieux sahéliens et de la dégradation des terres par encroûtement. Ainsi, une photographie aérienne de mars 1975 et deux (2) images Google Earth de décembre 2002 et décembre 2017 ont été utilisées pour caractériser l'évolution de la densité des arbres et arbustes. Les houppiers de ces végétaux apparaissent sous forme de tache noirâtre sur les images qui ont été traitées automatiquement sous ImageJ © pour déterminer leur densité sur la toposéquence.

II-3. Cartographie des surfaces dégradées par encroûtement

Pour mesurer la dégradation physique des sols dans les surfaces cultivées, les croûtes d'érosion et de décantation ont été cartographiées sur une toposéquence de Boubon (*Figure 1*). Pour ce faire, nous avons délimité les surfaces dégradées en traçant leurs périmètres sur le terrain au moyen d'un GPS de type Garmin. Les périmètres délimités ont été ensuite traités sous ArcGis où la cartographie et la détermination des superficies des surfaces encroûtées ont été réalisées.

II-4. Caractérisation physico-chimiques des sols

II-4-1. Échantillonnage des sols

Quatre (4) points d'échantillonnage ont été réalisés sur quatre états de surface : une croûte d'érosion et une croûte de décantation situées dans un champ, un sol non encroûté et une croûte d'érosion au pied du plateau. Seuls les trois premiers centimètres du sol de chaque état de surface ont été échantillonnés. Les échantillons ont subi des analyses physiques et chimiques au laboratoire des sols de l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN).

II-4-2. La granulométrie

Elle a été réalisée avec la méthode Bouyoucos [17]. Celle-ci a consisté à constituer une solution formée de 100 mL d'eau distillée, 10 mL de dispersant (pyrophosphate de sodium d'une concentration de 50g/L), et de 50g de sol. Après 24 heures de repos, le mélange est transvasé dans un cylindre et complété à 1000 mL avec de l'eau de distribution. Un hydromètre est immédiatement plongé dans le mélange remué pour déterminer la densité et la concentration en argile et limon de l'échantillon de sol. La solution est ensuite tamisée avec deux tamis superposés de 0,25 mm et 0,020 mm de mailles pour déterminer les pourcentages massiques de sables grossier et fin.

II-4-3. Détermination des paramètres biogéochimiques

Le cortège ionique (Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; Na^+ ; K^+) a été quantifié selon deux procédés. En effet, le spectrophotomètre à flamme (Spectro 410 © Sherwood) a permis la quantification du Na^+ et K^+ tandis que le dosage de Ca^{2+} et Mg^{2+} a été réalisé avec un spectrophotomètre à absorption atomique (model 2380 © Perkingelmer) à partir d'une solution de sol formée de 3 mL de lantane de chlorure (LaCl_3), 1 mL de la solution de sol contenu dans une fiole conique de 50 mL qui est complétée au volume avec de l'eau distillée. Le carbone total a été déterminé selon la méthode de Walkey et Black en oxydant le carbone et la matière organique du sol [18]. Le dosage de l'azote a, lui, été fait selon la méthode de Kjeldhal par dégradation de la matière organique du sol à chaud avec l'acide sulfurique [19]. Le phosphore assimilable a été déterminé par la méthode de Bray en traitant le sol avec une solution de fluorure d'ammonium et d'acide chlorhydrique.

III-RÉSULTATS ET DISCUSSION

III-1. Évolution de la densité de la végétation de 1975 à 2017

La densité de recouvrement par les arbres et arbustes a varié entre 1975 et 2017 (**Figure 2**). Elle a été de 8 ; 3,7 et 4,3 % en 1975, 2002, et 2017 respectivement. Il apparait, alors, une diminution de la couverture arborée et arbustive de près de 2 fois entre 1975 et 2002. Entre 2002 et 2017, la densité de recouvrement a été du même ordre de grandeur bien qu'une légère augmentation de 0,6 % a été observée. La densité a été plus importante en 1975, période ayant suivi une sécheresse qui a duré entre 1972 à 1973 [20]. L'importante baisse de la densité des arbres observée entre 1975 et les années 2000 est sans doute liée à une exacerbation des pressions anthropiques et/ou climatiques sur la végétation [21]. En effet, la sécheresse des années 1980 a entraîné une baisse importante dans les forêts et savanes au Sahel [20, 22]. Aussi, le terroir de Boubon a connu un déboisement important suite au défrichement et la mise en culture, ainsi que le commerce du bois de chauffe [21]. Malgré une pluviométrie redevenue meilleure dans les années 1990 [23], la densité des arbres et arbustes a baissé dans les années 2000 relativement à 1975 (**Figure 2**). Cette baisse de la couverture végétale au cours des dernières décennies est générale au sud-ouest du Niger où une réduction de près de 75 % de la végétation de la brousse tigrée a été enregistrée entre 1950 et 2003 [24]. La diminution de la végétation s'est traduite par une augmentation des surfaces de sol nues qui ont atteint des proportions élevées de près de 68 % dans le bassin de Gorouol et de 56 % dans le bassin de la Sirba [24]. La légère augmentation du recouvrement par les arbres et arbustes dans le terroir de Boubon entre 2002 et 2017 conforte la

dynamique globale de reverdissement du Sahel observée depuis les années 1990 [25]. Cette dynamique est majoritairement expliquée par le retour des précipitations et la résilience des écosystèmes sahéliens aux sécheresses [25, 26]. Les observations des images ont révélé, cependant, que le nombre d'arbres et arbustes dans les années 2000 est largement plus nombreux qu'en 1975 (**Figure 2**). Il apparaît ainsi que le reverdissement au Sahel, et dans le terroir de Boubon en particulier, s'expliquerait par l'augmentation du nombre des arbres et arbustes (**Figures 2**). Cependant, nous n'avons pas mis en évidence les espèces d'arbres et arbustes au point de lier l'augmentation de leur nombre au développement d'espèces exogènes. Ce reverdissement lié à la prolifération des petits arbres dans les champs a été aussi observé Au Burkina Faso [26].

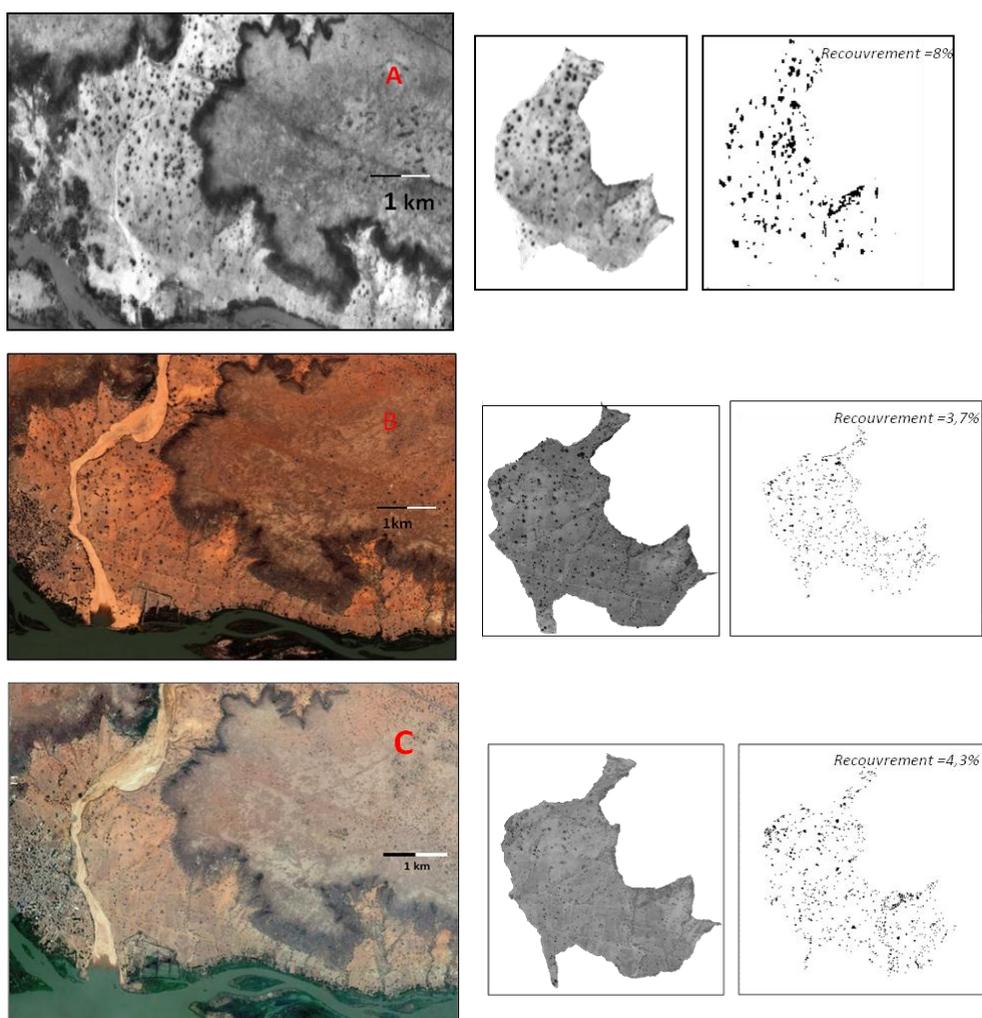


Figure 2 : Évolution du recouvrement par la végétation de 1975 à 2017 (images brutes et traitées : A) 1975 ; B) 2002 ; C) 2017)

III-2. Distribution spatiale des surfaces dégradées sur la toposéquence de Boubon en 2017

Les croûtes d'érosion sont majoritairement localisées au pied des plateaux où l'érosion en nappe liée à la pente (*Figure 2*) est très active. Elles sont aussi disséminées à l'intérieur de la toposéquence (*Figure 1*). Ces croûtes d'érosion couvrent 8,37 % (6,36 Ha) de la superficie cartographiée. Les croûtes de décantation, localisées près du lit du fleuve couvrent 0,89% (0,68 Ha) de la superficie cartographiée. Au total, les surfaces dégradées par encroûtement couvrent ainsi une superficie totale de 9,26 % (7,04 Ha) de la toposéquence. Les surfaces dégradées cartographiées en 2017 (9,26 %) ont, alors, connu une expansion en atteignant presque le double de leur superficie mesurée en 2005 (5 %) dans le terroir de Boubon [21]. Cette augmentation relative des surfaces encroûtées peut s'expliquer par l'intensification généralisée de l'érosion des terres observée partout au Sahel [12, 24].

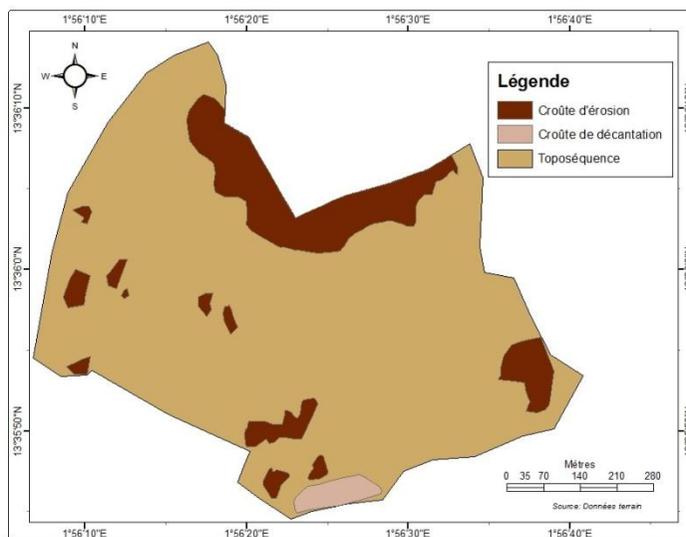


Figure 3 : Répartition des surfaces encroûtées sur la toposéquence en 2017

III-3. Granulométrie des sols des états de surface

Les sols des différents états de surface échantillonnés sont dominés par le sable. La teneur en sable a varié entre 78 et 93 % (*Tableau 1*). Les sols sont, donc, sableux, sablo-limoneux ou limono-sableux. Les sables fins sont la fraction dominante des sables. Elles sont moins représentées dans les sols non dégradés qui ont la grande proportion de sable grossier (66,4 %). Les sols des croûtes d'érosion développées dans les champs ou au pied des plateaux ont des taux de sables fins similaires (~70 %) tandis que dans les croûtes de décantation

développées à l'intérieur des champs ce taux a atteint près 87,71 %. Il ressort donc que la dégradation des sols par encroûtement se traduit par un enrichissement de la fraction des sables fins. La fraction des argiles et limons présente une évolution inverse de celle des sables. Elle est moins présente dans le sol non dégradé où les proportions d'argiles (2,8 %) et de limons (4,18 %) sont les plus faibles teneurs (**Tableau 1**). Le pourcentage d'argile est similaire à celui déterminé dans les sols sableux du sud-ouest du Burkina Faso qui, par contre, ont des teneurs en limons plus fortes [24]. Ceci met en exergue la variabilité des sols dans l'espace sahélien [27]. Les croûtes de décantation, à l'image des teneurs en sables fins, contiennent les plus fortes teneurs d'argile et limons (21,86 %). Ceci est très probablement lié au drainage par le ruissellement de ces particules qui sédimentent par décantation dans ces milieux microdépressionnaires. La teneur en particules fines des croûtes d'érosion a été marquée par une variation (**Tableau 1**). En effet, les croûtes d'érosion développées à l'intérieur des champs contiennent près d'une fois et demie plus de particules fines (argiles + limons) que celles développées au pied des plateaux (**Tableau 1**). L'important transport des particules lié à une plus forte pente (**Figure 1**) a sans doute contribué à baisser la fraction argilo-limoneuse dans les croûtes d'érosion développées au pied du plateau. Il ressort des analyses granulométriques des différents échantillons que la dégradation par encroûtement relativement au sol non dégradé se manifeste par :

- un enrichissement de la fraction des sables fins ;
- une augmentation de particules fines (argiles et limons) de près de 1,62 % dans le cas des croûtes d'érosion et 3,13% pour la croûte de décantation.

Tableau 1 : Teneur en fractions granulométriques des échantillons
(A : argile ; L : limon ; SF : sable fin ; SG : sable grossier)

Échantillons (Ech)	Pourcentage (%)						Texture
	A	L	A + L	SF	SG	SF + SG	
Croûtes d'érosion dans Champ (Ech 1)	8,91	6,16	15,07	60,70	24,22	84,92	Sablo-limoneuse
Croûtes de décantation dans champ (Ech 2)	8,50	13,36	21,86	68,50	9,60	78,10	Limono-sableuse
Sols non dégradés (Ech 3)	2,80	4,18	6,98	61,80	31,27	93,07	sableuse
Croûtes d'érosion pied du plateau (Ech 4)	7,04	4,26	11,30	61,50	27,18	88,68	Sablo-limoneuse

III-4. Bases échangeables (BE) dans les sols des différents états de surface

Les sols des différents états de surface ont des teneurs très faibles en base échangeables (**Tableau 2**). Ces sols dérivent des matériaux parentaux

(granitoïdes) qui sont pauvres en éléments nutritifs [28]. Par ailleurs, la faible teneur en bases échangeables peut être liée à la destruction partielle du complexe argilo humique par érosion sélective (entraînement préférentiel par les eaux de ruissellement des fines fractions du sol), [29]. Cependant, la teneur en base échangeable a varié d'un état de surface à un autre (*Tableau II*). Elle est deux fois plus élevée dans la croûte de décantation que le sol non dégradé et les croûtes d'érosion où les teneurs sont semblables (~1,24 Meq/100g). L'importance relative des BE dans la croûte de décantation est principalement due à un phénomène de transport de ces éléments depuis les surfaces environnantes et de leur dépôt dans les zones dépressionnaires où se forment les croûtes de décantation [30].

Tableau 2 : Teneurs en bases échangeables dans les sols des différents états de surface

Échantillons	Bases échangeables (Meq\100g)				
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	ΣBE
Croûtes d'érosion dans Champ (Ech 1)	0,55	0,38	0,13	0,09	1,15
Croûtes de décantation dans champ (Ech 2)	1,80	0,72	0,14	0,11	2,77
Sols non dégradés (Ech 3)	0,95	0,25	0,10	0,05	1,35
Croûtes d'érosion pied du plateau (Ech 4)	0,45	0,48	0,26	0,03	1,22

Le cortège ionique du complexe absorbant est dominé par le Ca²⁺. Il représente en moyenne 55,02 % (± 15,44 %) dans l'ensemble des sols échantillonnés. Le sol non dégradé contient la plus forte teneur de Ca²⁺ (70,37 %) suivi respectivement de la croûte de décantation (64,98 %), la croûte d'érosion développée dans les champs (47,83 %) et enfin la croûte d'érosion développée au pied des plateaux (36,88 %). Il ressort donc que la dégradation des terres par encroûtement s'est matérialisée par un appauvrissement des sols en Ca²⁺. Cependant, la teneur maximale en Ca²⁺ des sols de Boubon est maximum de 1,80 Meq\100g : ce qui les classe dans les sols pauvres voire très pauvres en Ca²⁺. Les sols des différents états de surface sont pauvres (entre 0,4 et 1 Meq\100g) à très pauvres (moins de 0,4 Meq\100g) en Mg²⁺ (*Tableau 2*). La teneur en Mg²⁺ a présenté cependant une dynamique inverse de celle du Ca²⁺. En effet, la teneur est minimale dans les sols non dégradés (18,52 %) et maximale dans les croûtes d'érosion (~36 %). Il est apparu par ailleurs que le Ca²⁺ et Mg²⁺ représentent à eux deux entre 75 et 90 % du cortège ionique du complexe absorbant dans l'ensemble des sols échantillonnés (*Tableau 2*). Cependant, la pauvreté des différents échantillons en magnésium (teneur inférieure à 1 Meq\100g) et calcium (teneur inférieure à 2,3 Meq\100g) peut être liée très probablement à l'importance des pertes par drainage [31]. Les teneurs faibles en K⁺ et Na⁺ classent les sols dans ceux pauvres en ces éléments. Ces teneurs ne montrent pas non plus une tendance claire entre les

sols dégradés et non dégradés. K^+ a la plus faible teneur du cortège ionique. Sa teneur moyenne est de 4,5% ($\pm 2,3$ %) tandis que celle de Na^+ est de 11,26 % ($\pm 7,2$ %). Cette basse teneur dans tous les échantillons est très probablement liée au fait que K^+ est facilement utilisable et échangeable par le complexe absorbant du sol.

III-5. Matière organique (MO) et phosphore

La teneur en matière organique a été très variable dans les différents états de surface (**Tableau 3**). Selon le tableau de bord de l'INRAN [32] les sols de la croûte de décantation sont pauvres (teneur légèrement supérieure à 1 %) tandis que ceux des croûtes d'érosion sont très pauvres en matière organique (teneur inférieure à 1 %). Ainsi la teneur de la MO des croûtes d'érosion est de 2 voire 3 fois plus faible que dans le sol non dégradé. La MO est plus importante dans les croûtes de décantation où la teneur dépasse de plus de 3 fois celle du sol non dégradé. La plus forte teneur en MO dans la croûte de décantation est certainement due à sa forte teneur en fraction fine (argile + limon) (21,86 %). L'azote est l'élément du cortège ionique le moins présent dans tous les types de sol échantillonné (**Tableau 3**). Sa teneur est en effet plus de 10 fois inférieure au seuil minimal des sols pauvres en azote selon le tableau de bord de l'INRAN [32]. Ceci traduit donc que les sols des différents états de surface de Boubon sont très pauvres en azote. Par ailleurs, contrairement au Ca^{2+} , Mg^{2+} et MO, la teneur en azote n'a pas permis de distinguer le sol non dégradé des sols dégradés par développement de croûte d'érosion.

En effet, tous ces sols ont des teneurs du même ordre de grandeur (0,29 %) (**Tableau 3**). La croûte de décantation est, elle, marquée par une teneur en azote de 0,083 % soit 3 fois plus forte que le sol non dégradé (**Tableau 3**). [33] ont montré que dans les sols sahéliens les teneurs en BE et la MO sont très fortement liées à celle de la fraction argilo-limoneuse. Les teneurs en BE et MO dans les sols des différents états de surface échantillonnés à Boubon n'ont, cependant, pas montré une corrélation linéaire avec la fraction fine (**Figure 4**). Néanmoins, la croûte de décantation contenant la plus forte teneur en fraction (21,86 %) a contenu plus de BE et MO que le sol non dégradé et ceux des croûtes d'érosion (**Figure 4**). La stabilité structurale des sols ainsi que leur susceptibilité à se dégrader dépendent de ses teneurs en fraction fine et MO. La stabilité structurale des sols des différents états de surface de Boubon a varié entre 0,97 et 5,30 (**Tableau 4**). La dégradation physique sévère est prépondérante dans tous les sols encroûtés particulièrement dans les croûtes d'érosion. Le sol cultivé non dégradé a une stabilité relativement meilleure que les croûtes. Son indice de stabilité de 5,03 (**Tableau 4**) l'expose cependant à des risques élevés de dégradation physique selon la classification de Pieri [29].

Tableau 3 : Teneur des échantillons en composés organo-azoté et le rapport C/N

Échantillons	Teneur (%)			C/N
	Carb.	M.O	Azote	
Croûtes d'érosion dans Champ (Ech 1)	0,11	0,19	0,031	3,55
Croûtes de décantation dans champ (Ech 2)	0,59	1,01	0,083	7,11
Sols non dégradés (Ech 3)	0,22	0,37	0,028	7,86
Croûtes d'érosion pied du plateau (Ech 4)	0,06	0,11	0,029	2,07

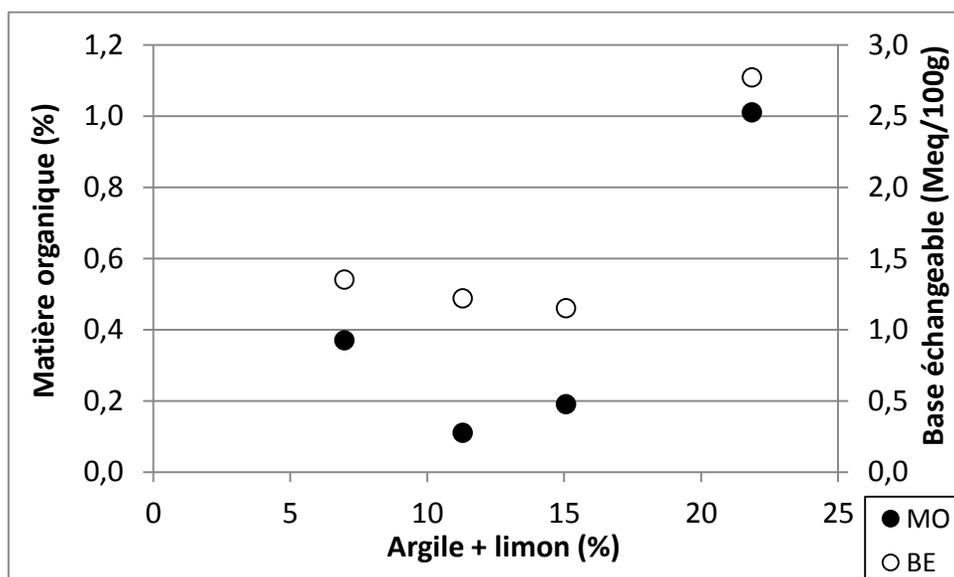


Figure 4 : Variation des teneurs en Matière organique et bases échangeables selon le pourcentage de la fraction fine

Tableau 4 : Valeurs critiques de la stabilité structurale des sols de Boubon

Échantillons	S	Type de dégradation
Croûtes d'érosion dans Champ (Ech 1)	1,26	dégradation physique sévère
Croûtes de décantation dans champ (Ech 2)	4,62	dégradation physique sévère
Sols non dégradés (Ech 3)	5,30	risques élevés de dégradation physique
Croûtes d'érosion pied du plateau (Ech 4)	0,97	dégradation physique sévère

Le rapport C/N est inférieur à 8 donc faible dans les sols des différents états de surface (**Tableau 3**). Le faible C/N traduit une bonne minéralisation de la matière organique. La minéralisation de la matière organique peut être liée à une bonne activité biologique ou le type de sol [34]. Au sahel, cependant, l'activité biologique est très faible surtout au niveau des croûtes nues où elle atteint à peine 1/5 de l'activité des zones végétalisées [34]. Par ailleurs, les sols sablonneux bien aérés de Boubon se réchauffent rapidement, à l'image des sols sableux sahétiens, ce qui leur impose une vitesse de minéralisation généralement très élevée. Les teneurs en phosphore assimilable sont très faibles dans le sol non dégradé et les croûtes d'érosion où elle est inférieure à 20ppm (**Tableau 5**). La teneur en phosphore assimilable du sol non dégradé de Boubon a été deux fois moins importante que celle déterminée dans les sols de Banizoumbou [33]. La croûte de décantation contient la plus forte teneur moyenne en phosphore assimilable (36,5ppm) des sols échantillonnés à Boubon (**Tableau 5**). L'évolution de cette teneur en phosphore assimilable dans les sols sableux de Boubon, à l'image de ceux cultivés au Sahel, est intimement liée à la fraction argilo-limoneuse avec qui elle s'accroît (**Figure 5**).

Tableau 5 : Résultats des teneurs en phosphore assimilable

Échantillons	Phosphore Assimilable (ppm)
Croûtes d'érosion dans Champ (Ech 1)	10,08
Croûtes de décantation dans champ (Ech 2)	36,50
Sols non dégradés (Ech 3)	7,14
Croûtes d'érosion pied du plateau (Ech 4)	6,26

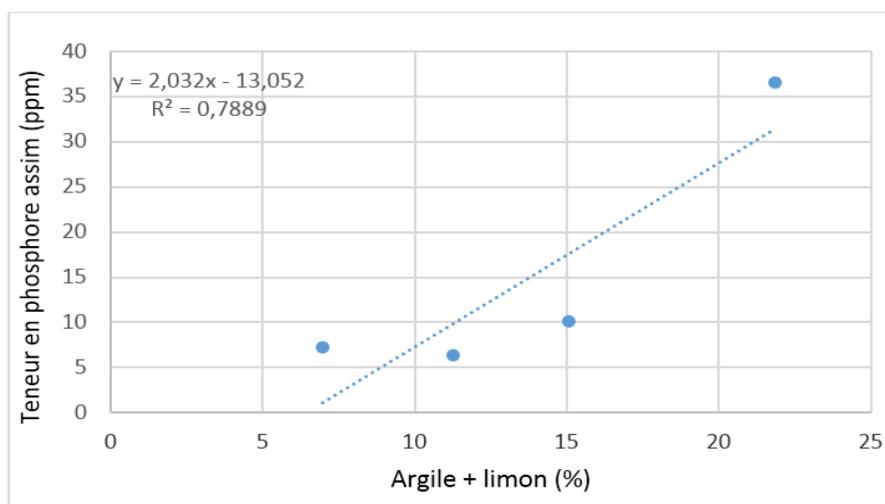


Figure 5 : Variation des teneurs en phosphore assimilable selon le pourcentage de la fraction fine

IV - CONCLUSION

L'objectif de ce travail a été de caractériser la dégradation et le potentiel physico-chimiques des sols dans le terroir de Boubon. Il est ressorti qu'à Boubon, les traitements d'images ont montré que la densité des arbres et arbustes dans le terroir de Boubon est passée de 8 % en 1975 à ~4 % dans les années 2000. Cependant, un retour au reverdissement a été observé entre 2002 et 2017 marqué par une augmentation de la densité des arbres et arbustes de l'ordre de 0,6 %. La dégradation du milieu s'est aussi manifestée dans les paramètres physico-chimiques du sol. En effet, dans ces sols sableux à 70 voire 93 %, la dégradation par encroûtement a induit une variabilité dans la granulométrie qui s'est traduite par une augmentation des particules fines et des sables fins de l'ordre de 13,80 et 63,12 % respectivement relativement au sol non dégradé. La matière organique qui est très minéralisée ($C/N < 8$) a été, elle, très faible dans tous les sols avec une teneur variant entre 0,11 et 1,01 %. La stabilité structurale déterminée à partir de la matière organique et la fraction fine (argile + limon) a mis en évidence des sols à risque élevé de dégradation (sol non dégradé cultivé en mil) et/ou des sols dégradés sévèrement (croûte de décantation et croûte d'érosion). Il est ressorti aussi que la teneur en phosphore assimilable a varié dans les différents états des sols de Boubon. La croûte de décantation est un environnement très riche en Phosphore (36,5 ppm) tandis que le sol non dégradé cultivé en mil et les croûtes d'érosion ont des teneurs moyennes à faibles (10,08 ; 7,14 ; 6,26 ppm). La teneur en bases échangeables qui a varié entre 1,15 et 2,77 Mèq /100g est faible dans les sols de Boubon. Elle est dominée par Ca^{2+} dont la teneur dans les divers sols a varié entre 70,37 et 36,88 %. La dégradation des sols par encroûtement à Boubon s'est manifestée par l'augmentation de Ca^{2+} dans le cortège ionique contrairement au Mg^{2+} qui est plus important dans le sol non dégradé.

RÉFÉRENCES

- [1] - P. OZER, O. LAMINOU MANZO, A. D. TIDJANI, B. DJABY & F. DE LONGUEVILLE, "Evolution récente des extrêmes pluviométriques au Niger (1950-2014)". *Geo-Eco-Trop*, 41, 3 (2017) 375 - 384
- [2] - Comité Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS), "Lutte contre le changement climatique : les réalisations du CILSS", *Bulletin CC*, (2016)
- [3] - K. GUILLAUMIE, C. HASSOUN A. MANERO, M. CHOURROT et M. SCHOELLER, "La sécheresse au Sahel, un exemple de changement climatique", Atelier Changement Climatique ENPC, (2005) 40 p.
- [4] - M. BRANDT, P. HIERNAUX, K. RASMUSSEN, C. MBOW, L. KERGOAT, T. TAGESSON, Y. Z. IBRAHIM, A. WÉLÉ, C. J. TUCKER and R. FENSHOLT, "Assessing woody vegetation trends in Sahelian drylands using MODIS based seasonal metrics", *Remote Sensing of Environment*, 183 (2016) 215 - 225

- [5] - J. F. MAY et J.-P. GUENGANT, “Les défis démographiques des pays sahéliens”, *Études*, Vol. juin. 6, (2014) 19 - 30
- [6] - N. VAN VLIET, A. REENBERG and L. V. RASMUSSEN, “Scientific documentation of crop land changes in the Sahel: A half empty box of knowledge to support policy?” *Journal of Arid Environments*, 95 (2013) 1 - 13
- [7] - P. OZER, “Bois de feu et déboisement au Sahel : mise au point”, *Revue Sécheresse*, 15 (3) (2004) 243 - 51
- [8] - M. GARENNE, “La pression de la population dans les Pays Sahéliens Francophones : Analyse des estimations et projections de population 1950-2100”, *Ferdi*, (2016) 30 p.
- [9] - INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE (INS) Niger, (2018)
- [10] - M. J. LEBLANC, G. FAVREAU, S. MASSUEL, S. O. TWEED, M. LOIREAU and B. CAPPELAERE, “Land clearance and hydrological change in the Sahel: SW Niger”, *Global and Planetary Change*, 61 (2008) 135 - 50
- [11] - A. ABDOURHAMANE TOURÉ, J. L. RAJOT, Z. GARBA, R. GUILLON, A. D TIDJANI, B. MARTICORENA, C. PETIT et D. SEBAG, “Six années de suivi du flux d'érosion éolienne sur un sol sableux cultivé au Sahel : impacts des résidus de culture et de l'encroûtement”, *Etude et Gestion des Sols*, Vol. 20, (2013) 55 - 68
- [12] - I. MAMADOU, “La dynamique accélérée des koris de la région de Niamey et ses conséquences sur l'ensablement du fleuve Niger”, Thèse de doctorat Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger, (2012) 290 p.
- [13] - INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE (INS) Niger “Rapport National sur les Progrès vers l'atteinte des Objectifs du Millénaire pour le Développement”, (2014)
- [14] - M. I. BOUZOU, M. O. FARAN, J. M. K. AMBOUTA, B. SARR, L. DESCROIX et A. M. MOUSTAPHA, “Les conséquences géomorphologiques de l'occupation des sols et des changements climatiques dans un bassin versant rural sahélien”, *Revue Sécheresse*, (2009) 8 p.
- [15] - G. PANTHOU T. VISCHEL and T. LEBEL, “Short Communication Recent trends in the regime of extreme rainfall in the Central Sahel” *International Journal of Climatology*, 34 (2014) 3998 - 4006
- [16] - I. OUSSEINI, I. et A. MOREL, “Utilisation de formations alluviales azoïques pour l'étude des paléoenvironnements du Pléistocène supérieur et de l'Holocène au sud du Sahara: l'exemple de la vallée du fleuve dans le Liptako nigérien”, *Bull. Soc. Géol. de France* 8, Vol. 1 (1989) 85 - 90
- [17] - A. BERETTA, V. SILBERMANN, L. PALADINO, D. TORRES, D. BASSAHUN, R. MUSSELLI and A. GARCÍA-LAMOHE, “Soil texture analyses by hydrometer: modifications of the Bouyoucos method”, *Cien. Inv. Agr.*, 41 (2) (2014) 263 - 271
- [18] - R. I. ZOGHLAMI, N. BEN AISSA, H. HAMDY, S. MOKNI-TLILI, M. N. KHELIL, N. JEDIDI “Minéralisation du carbone organique et sa corrélation avec la biomasse microbienne dans deux sols agricoles suite à un amendement de boues résiduaires”, *Journal of new sciences*, 31 (11) (2016) 1812 - 1821
- [19] - M. GIROUX et P. AUDESSE, “Comparaison de deux méthodes de détermination des teneurs en carbone organique, en azote total et du rapport C/N de divers amendements organiques et engrais de ferme”, *Agrisol.*, 15 (2) (2004) 107 - 110

- [20] - P. HIERNAUX et H. N LE HOUEROU, "Les parcours du Sahel", *Sécheresse*, 17 1-2 (2006) 1 - 21
- [21] - K. SOULEY YERO, "Evolution de l'occupation des sols dans l'Ouest du Niger : Influence sur le cycle de l'eau", Thèse de doctorat Université de Grenoble, France, (2013) 231 p.
- [22] - D. RUELLAND, A. TRIBOTTE, C. PUECH and C. DIEULIN, "Comparison of methods for LUCC monitoring over 50 years from aerial photographs and satellite images in a Sahelian catchment", *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 32, (2011) 1747 - 1777
- [23] - T. LEBEL and B. ALI, "Recent trends in the Central and Western Sahel rainfall regime (1990 - 2007)", *Journal of Hydrology*, 375 52 (2009) 64 p.
- [24] - O. AMOGU, "La dégradation des espaces sahéliens et ses conséquences sur l'alluvionnement du fleuve Niger moyen", Thèse de doctorat Université Joseph Fourier (Grenoble), France, (2009) 444 p.
- [25] - C. DARDEL, "Entre désertification et reverdissement du Sahel : Diagnostic des observations spatiales et in situ", Thèse de doctorat Université Paul Sabatier - Toulouse III, France, (2014) 200 p.
- [26] - O. M. SAVADOGO, K. OUATTARA, J. BARRON, I. OUEDRAOGO, L. GORDON, E. ENFORS et N.P. ZOMBRE, "Etats des écosystèmes sahéliens : reverdissement, perte de la diversité et qualité des sols", *Afrique Science*, 11 (5) (2015) 433 - 446
- [27] - H. SAWADOGO, L. BOCK, D. LACROIX et N. P. ZOMBRE, "Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du Zai et du compost dans le Yatenga (Burkina Faso)", *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 12 (3) (2008) 279 - 290
- [28] - A. BATIONO, "Constraints and new opportunity for achieving a green revolution in Sub-Saharan Africa through Integrated Soil Fertility Management. UC Davis", *The Proceeding of international Plant Nutrition Colloquium XVI*, (2009) 6 p.
- [29] - C. PIERI, "Fertilité des terres de savanes", *Agridoc International*, Paris, France, CIRAD, Montpellier, France, (1989) 444 p.
- [30] - S. VALET, P. LE COUSTOMER et M. MOTELICA-HEINO, "Rôle de l'encroûtement superficiel des sols sur leur fonctionnement hydrique : Conséquences hydrologiques et hydro-pédologiques", *Bulletin* 53, (2008) 61 - 67
- [31] - L. PASQUIER, "Guide du sol Largile et Lamotte", Enesad, Unité Informatique Pédagogique, (2016) 111 p.
- [32] - A. MANU et S. MOUSSA, "Manuel de méthodes d'analyses physico-chimiques des sols", Projet d'assistance au laboratoire INRAN, (1987)
- [33] - A. ABDOURHAMANE TOURE, A. D. TIDJANI, J. L. RAJOT, C. BOUET, Z. GARBA, B. MARTICORENA et K. J. M. AMBOUTA, "Impacts de la variabilité spatiale de l'occupation des sols sur l'érosion éolienne et les transports de nutriments dans le terroir de Banizoumbou (Sud-Ouest du Niger)", *Algerian journal of arid environment*, Vol. 7, 2 (2017) 78 - 89
- [34] - D. SOME, E. HIEN, K. ASSIGBETSE, J. J. DREVON, D. MASSE, "Dynamique des compartiments du carbone et de l'azote dans le sol cultivé en niébé et sorgho dans le système zai en zone Nord soudanienne du Burkina Faso", *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, Vol 9, N°2 (2015) 954 - 969