

IMPACTS DES AMÉNAGEMENTS ANTIÉROSIFS DE TYPE SURFACE ENHERBÉE SUR LA FERTILITÉ DES SOLS DUNAIRES DU SUD-OUEST NIGER

**Issoufou IDE^{1*}, Amadou ABDOURHAMANE TOURE¹,
Bouba HASSANE¹, Jean Louis RAJOT^{2,3} et Zibo GARBA¹**

¹ *Université Abdou Moumouni, Faculté des Sciences et Techniques,
Département de Géologie, BP 10662 Niamey, Niger*

² *Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques,
UMR CNRS 7583, UPEC, UPD, IPSL, Créteil, France*

³ *Institut d'Ecologie et des Sciences de l'Environnement de Paris, UMR IRD
242, UPEC, Sorbonne Université, CNRS, INRA, UPD, Bondy, France*

(reçu le 08 Avril 2022; accepté le 27 Mai 2022)

* Correspondance, e-mail : ideissoufou82@gmail.com

RÉSUMÉ

La péjoration climatique et les pressions anthropiques ont entraîné une dégradation biophysique des sols dunaires avec à la clé la réactivation de d'une vive. Pour faire face à cet ensablement éolien, des aménagements antiérosifs de type surface enherbée ont été réalisées sur le cordon dunaire de Namaro en 2006. L'objectif de ce travail était de déterminer l'impact de ces aménagements sur la fertilité sols dunaires. Des fosses pédologiques ont ainsi été réalisées sur une parcelle témoin (champ de mil) et sur une surface enherbée. Les échantillons prélevés le long des profils ont été analysés. La granulométrie, le pH et les teneurs en carbone organique, phosphore assimilable et en azote ont été dosés. Il est ressorti que la surface enherbée a entraîné un accroissement de 2,3 fois l'épaisseur de l'horizon A. Dans cet horizon exploré par les racines des plants de mil et des herbes, la surface enherbée a induit au moins un doublement des stocks de carbone et d'azote. Au vu des résultats, il apparait que les surfaces enherbées pourraient être proposées pour la récupération des terres dunaires dégradées.

Mots-clés : *dune, fertilité, surface enherbée, champ de mil, Namaro.*

ABSTRACT

Impacts of anti-erosive devices such as grassed surface on the fertility of dune soils in southwestern Niger

The climatic deterioration and anthropic pressures have led to a biophysical degradation of dune soils with the reactivation of the mobile dune. In order to face the wind silting, anti-erosive measures such as grassy surfaces were implemented on the Namaro dune cordon in 2006. The objective of this work is to determine the impact of grassy surfaces on dune soil fertility. Soil pits were made on a control plot (millet field) and on a grassed area. Samples taken along the soil profiles were analyzed. The granulometry, pH, organic carbon, assimilable phosphorus and nitrogen contents were measured. It was found that the grassed area increased the thickness of the A horizon by 2.3 times. In this horizon explored by the roots of millet plants and grasses, the grassed area induced at least a doubling of carbon and nitrogen stocks. In view of the results, it appears that grassed areas could be proposed for the recovery of degraded dune lands.

Keywords : *dune, fertility, grassed area, millet field, Namaro.*

I - INTRODUCTION

La péjoration climatique et la forte pression anthropique ont entraîné la dégradation des environnements sahéliens au cours des 5 dernières décennies [1, 2]. En effet au Sahel, la variabilité des pluies a été marquée par des sécheresses récurrentes qui ont été particulièrement sévères dans les décennies 1970 et 1980 [3, 4]. Depuis 1990, une année sur deux est déficitaire en pluie occasionnant ainsi une dégradation du milieu biophysique [5]. L'effet de cette péjoration climatique a été accentué par la pression de l'homme [6, 7]. La dégradation biophysique a été particulièrement importante sur les sols dunaires où des parties ont été réactivées en dunes vives. C'est l'exemple du cordon dunaire de Namaro qui est un écosystème particulier car situé le long du fleuve Niger dans un environnement relativement arrosé (500 mm de pluie par an). Cet écosystème est fortement cultivé et pâturé. La dégradation de sa surface et le risque d'ensablement éolien ont amené le programme de lutte contre l'ensablement du fleuve Niger (PLCE/BN) a réalisé des aménagements antiérosifs et de restauration écologique depuis 2006 avec l'édification de surfaces enherbées. Ce programme visait à lutter contre l'ensablement du fleuve par la stabilisation des surfaces sensibles que sont les champs de mil et les parcours qui couvrent plus de 90 % de la surface de de la dune de Namaro. La bonne production végétale de ces surfaces dépend de leur fertilité. L'impact des surfaces enherbées sur les indicateurs physicochimiques de la fertilité du

sol n'a pas été étudié sur cet écosystème perturbé. Le présent travail vise à déterminer l'effet des surfaces enherbées sur la fertilité du sol en se basant sur 3 indicateurs physicochimiques : le carbone, l'Azote, le phosphore assimilable.

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

II-1. Site et surfaces de mesures

Le cordon dunaire de Namaro est une accumulation sableuse en moyenne de 25 m de puissance, 2 km de large et 44 km de long (**Figure 1**). Sa surface est essentiellement dominée par des champs de mil (65 %), des parcours (25 %) et des ouvrages anti-érosion (6 %). Les mesures sont conduites près du village Bangou koirey (13°36'3,52" Nord et 1°52'44" Est) à 30 km au Nord-Ouest de Niamey (**Figure 1**). Les vents de mousson, de direction SW et chargés d'humidité, apportent les pluies qui tombent entre mai et septembre. La pluviométrie moyenne annuelle est de l'ordre 500mm. Les sols sont à 95 % sableux et sont acides avec un pH variant entre 4,3 à 5,5. Les mesures ont été réalisées sur 2 types d'usages de sols. Il s'agit :

- d'un champ de 0,5 ha cultivé en mil (*Pennisetum glaucus*) de 2010 à 2018 puis en jachère 2019 puis cultivé en 2020 (**Photo 1 B**). Le semis est réalisé en juin après les premières pluies. Le champ de mil est ensuite désherbé une première fois en juillet et une seconde fois en août. Le millet arrive à maturité et est récolté en septembre. Après la récolte, le champ est ouvert aux animaux qui broutent les résidus de culture.
- des aménagements anti-érosion de type surface enherbée (**Photo 1 A**) à la surface des dunes qui ont été construits et protégés par le Programme de lutte contre l'ensablement du fleuve Niger en 2006. Ces surfaces ne sont que partiellement protégées. En effet, les herbacées qui poussent ne sont pas pâturées et ne sont récoltées qu'en fin de saison sèche (mai) et vendues en bottes aux agropasteurs par le comité de gestion du village.

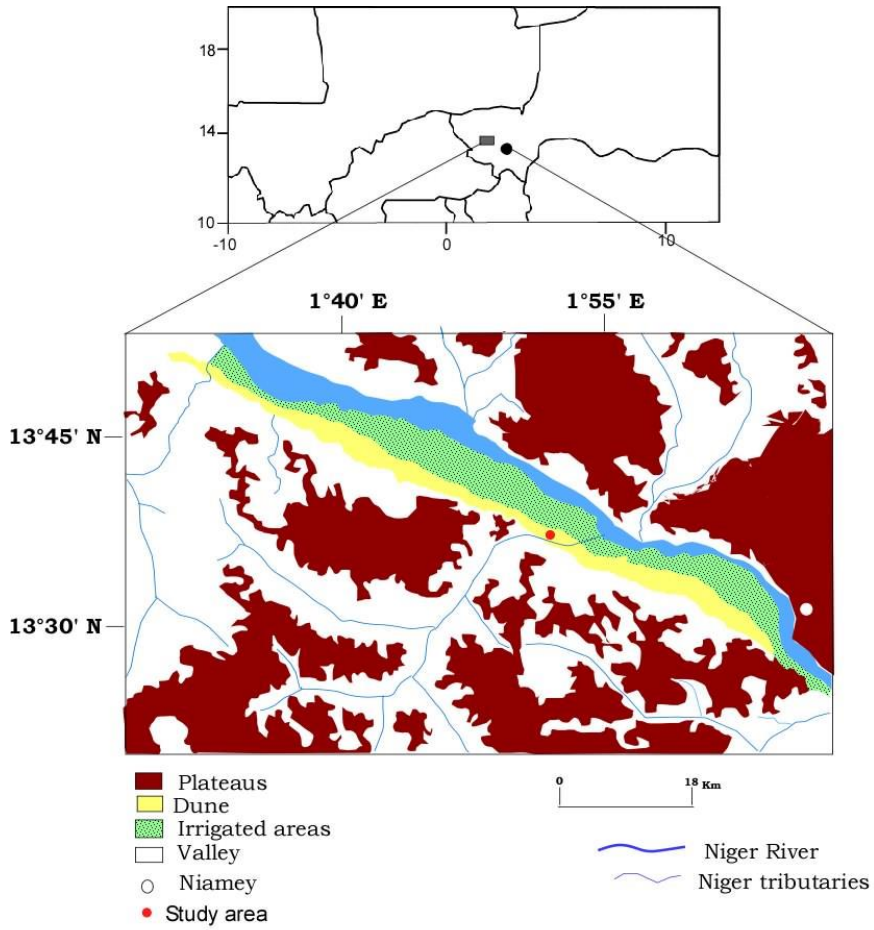
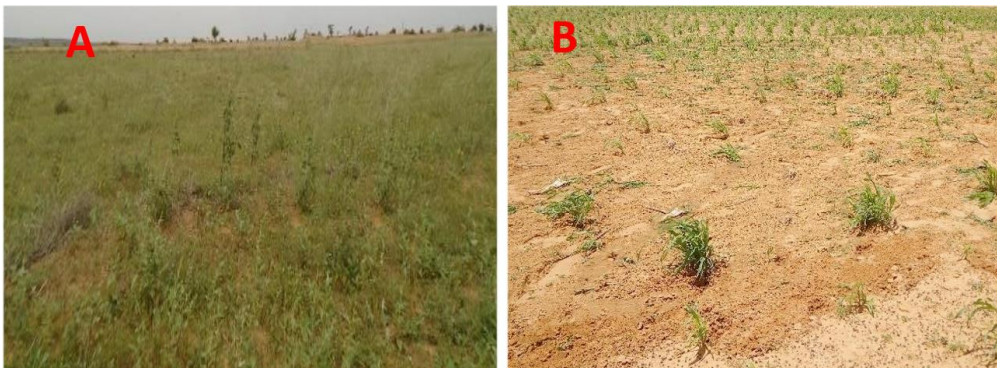


Figure 1 : Localisation et unités géomorphologiques de la zone d'étude



Photos 1 : Aperçus en saison des pluies : A) d'une surface enherbée et B) d'un champ de mil

II-2. Fosses pédologiques et échantillonnage

Les fosses pédologiques ont été réalisées en janvier 2020. Deux fosses pédologiques ont été creusées sur la surface enherbée et deux autres dans un champ de mil. Les fosses ont une profondeur de 120 cm. Trois horizons ont été identifiés dans chacune des fosses en se basant sur la couleur déterminée avec le code Munsell. Les épaisseurs des deux premiers horizons ont été mesurées avec un décimètre. Les échantillons ont été prélevés dans tous les horizons mis en évidence. Ainsi, trois échantillons ont été prélevés dans l'horizon A à 10, 20 et 30 cm de profondeur dans la fosse de la surface enherbée. Ces échantillons ont été mélangés pour former un échantillon composite. Dans l'horizon B, 2 échantillons ont été prélevés à 50 et 60 cm qui ont été mélangés pour former un échantillon composite. Dans le troisième horizon un seul échantillon a été prélevé à 90 cm. La même technique d'échantillonnage a été utilisée sur le champ où les échantillons ont été prélevés dans l'horizon A à 3, 10 et 15 cm, puis à 40, et 50 cm dans l'horizon B enfin à 90 cm dans l'horizon C. Les échantillons des différents horizons ont été amenés au laboratoire des sols de l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN) pour être analysés. Par ailleurs, un cylindre de 100mL a servi pour prélever des échantillons qui ont ensuite été pesés pour déterminer la densité apparente de chaque horizon.

II-3. Analyses au laboratoire

Les échantillons composites prélevés dans les fosses du champ de mil et de la surface enherbée ont été séchés à l'air sous abri puis passés au tamis (2 mm). Les indicateurs de la fertilité physicochimique des sols dosés étaient le carbone organique (C_{org}), l'azote (N), le phosphore assimilable (P_{ass}). La matière organique a été déterminée selon la méthode de Walkey et Black [8]. Ainsi, la matière organique (MO) contenue dans trois grammes (3g) de l'échantillon composite a été oxydée avec un mélange de dichromate de potassium et d'acide sulfurique. Le taux de carbone organique contenu dans le sol a, lui, été ainsi calculé à partir de la teneur en MO (*Équation 1*).

$$MO (\%) = C (\%) \times 1,72 \quad (1)$$

Le dosage de l'azote a été fait selon la méthode de Kjeldhal [9]. Pour ce faire, dans 5 grammes de sols, la MO a été dégradé et convertie en sel d'ammonium. L'ammoniac a été ensuite dosé automatiquement au colorimètre après la transformation des ions ammonium en ammoniac (NH_3) par un ajout de soude (NaOH). Le phosphore assimilable a été déterminé par la méthode de Bray [10]. Le phosphore a été, de ce fait, quantifié par colorimétrie dans 4 g de sol préalablement traité avec une solution de fluorure d'ammonium et d'acide chlorhydrique.

III - RÉSULTATS ET DISCUSSION

III-1. Variation de l'épaisseur des horizons le long des profils de sol

Les épaisseurs des horizons ont été variables d'un usage de sol à un autre (**Tableau 1**). L'horizon A, secondairement l'horizon B, est le volume du sol le plus exploré par les racines des plants de mil et les herbacées. Sur la surface enherbée, l'horizon A mesure 40 cm d'épaisseur contre 17 cm sur le champ de mil où il est 2,3 fois moins épais. Il ressort donc que pour une même teneur dans l'horizon A et pour des densités apparentes légèrement supérieures sur les surfaces enherbées (**Tableau 1**), le stock en fertilisant serait au moins 2,3 fois supérieures dans les surfaces enherbées que le champ. L'épaisseur cumulé des horizons A et B a été de 65 cm sur la surface enherbée soit 14 cm de plus que sur le champ de mil. Les aménagements de type surface enherbée auraient entraîné un accroissement du volume des horizons subsurfaces : cet accroissement a été particulièrement marqué au niveau de l'horizon A.

Tableau 1 : Épaisseurs, densités et couleurs des horizons des profils de sol de la surface enherbée et du champ de mil

Horizons	Surface enherbée			Champ de mil		
	Epaisseur (cm)	couleur	Densité (T.m ⁻³)	Epaisseur (cm)	couleur	Densité (T.m ⁻³)
A	40	Brun rougeâtre	1,45	17	Brun rougeâtre	1,25
B	25	Rouge clair	1,50	34	Rouge clair	1,33

III-2. Variation de la teneur en carbone organique

L'analyse de la teneur en carbone organique montre une évolution à la baisse selon la profondeur et une variabilité selon les horizons à la fois dans le champ de mil que dans la surface enherbée (**Figure 2**). Sur les 2 surfaces, la teneur en C_{org} a été très faible, largement inférieur à 0,5 % (**Figure 2**). Elle est essentiellement concentrée dans l'horizon de surface (**Figure 2**). Dans cet horizon la teneur en C_{org} a été de 0,21 % sur la surface enherbée soit 2 fois plus que sur le champ de mil. Sur la surface enherbée, de l'horizon A à l'horizon B, la teneur en C_{org} a baissé de moitié et de plus de 3 fois dans l'horizon profond où elle n'est plus que de 0,06 % (**Figure 2**). La baisse du C_{org} selon la profondeur a été cependant moindre sur le champ de mil : la teneur a baissé de l'ordre de 20 % dans les horizons B et C relativement à l'horizon A. La baisse de la teneur en matière organique en profondeur a été largement moins importante sur les sols sableux du sud-Niger, 0,03 %, [11] que celle quantifiée sur le cordon dunaire de Namaro où la baisse peut atteindre 300 %., Une

diminution du C_{org} de 0,25 % selon la profondeur a été mise en évidence en Tunisie [12]. En tenant compte de l'épaisseur, l'aménagement de type surface enherbée aurait accru d'au moins 4 fois le stock en C_{org} dans l'horizon A comparativement au champ de mil. Les systèmes d'aménagement et de récupération des sols dégradés des environnements arides sont très diversifiés. La technique des zaï, très répandue au Sahel, a par exemple permis une amélioration du taux de la matière organique 1,5 % sur les sols traités que les champs non amendés au Burkina Faso [13]. La même tendance a été observée en Tunisie où les stocks de carbone dans les systèmes aménagés est augmenté de près de 10 % comparativement aux systèmes traditionnels non aménagés [14].

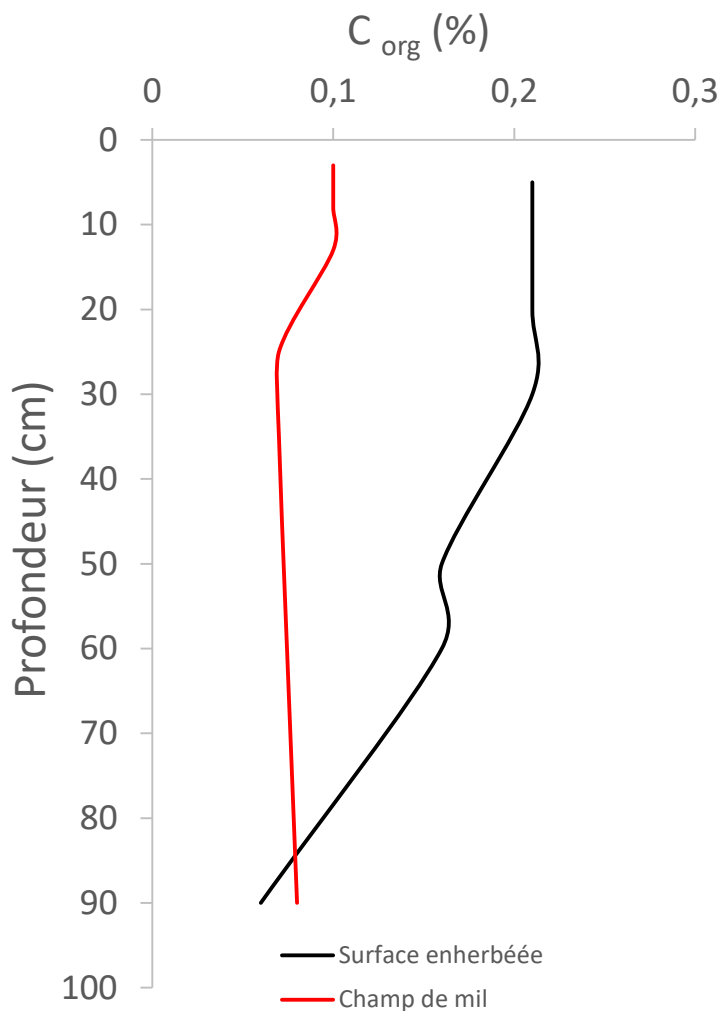


Figure 2 : Variation du carbone organique sur la surface enherbée et le champ en fonction des profondeurs

III-3. Variation de la teneur en azote

La teneur en azote est faible sur les deux usages de sol (**Figure 3**). Elle suit la même tendance que la variation du C_{org} le long des profils de sol et est particulièrement concentré dans l'horizon superficiel (**Figure 3**). Dans cette couche, la teneur en azote a été de 0,0634 % sur le champ soit 2,7 fois celle de la surface enherbée (0,0234 %). Le taux de l'Azote est faible partout dans les sols sableux cultivé du Niger. Dans un parc agroforestier du sud-ouest Niger [15] et dans une surface cultivée en mil et une jachère [16] ont déterminé des taux de similaires à ceux de la surface enherbée. En tenant compte de l'épaisseur, le stock de l'azote dans l'horizon A du champ de mil et de la surface enherbée serait équivalente sur les 2 usages de sol. Il apparait ainsi que les aménagements antiérosifs de type surface enherbée n'avait pas une incidence dans le stock de l'azote. La baisse de la teneur selon la profondeur a été plus importante sur le champ où l'horizon B est moins concentré que celui de la surface enherbée. Le rapport C/N est inférieur à 8 sur le champ de mil et compris globalement entre 8 et 12 sur la surface enherbée. Le faible taux de C/N traduit une forte et moyenne minéralisation de la matière organique sur le champ et la surface enherbée respectivement. La minéralisation de la matière organique peut être liée à une bonne activité biologique ou au type de sol [17]. Au Sahel, cependant, l'activité biologique est très faible dans les sols sablonneux dunaires qui se réchaufferaient rapidement. Ceci leur impose une vitesse de minéralisation généralement très élevée [17].

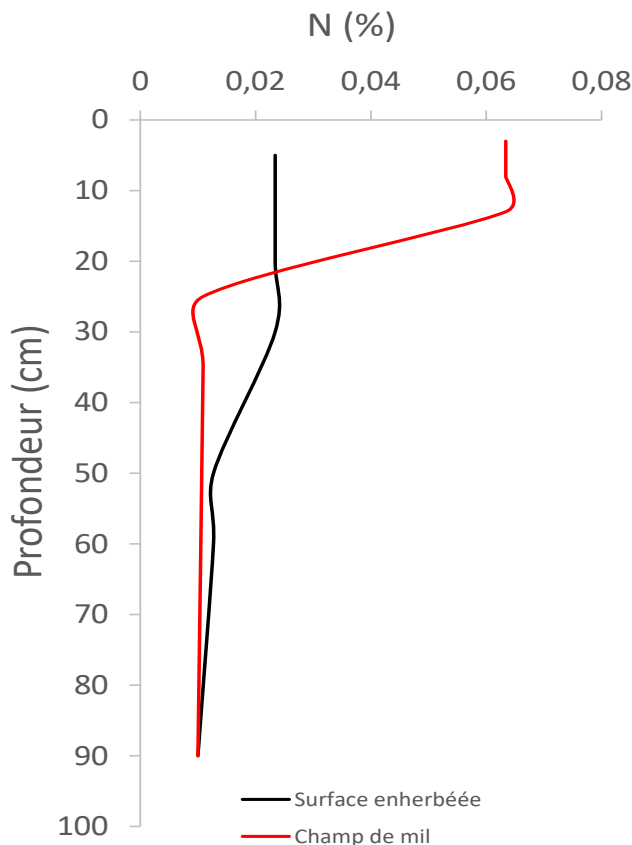


Figure 3 : Variation de l'azote le long des profils de sol du champ de mil et de la surface enherbée

III-4. Variation de la teneur en phosphore assimilable

La teneur en phosphore a évolué suivant la même tendance que l'azote et le carbone organique le long des profils de sol des usages de sol à la fois sur le champ de mil que la surface enherbée. Elle est essentiellement concentrée dans l'horizon de surface (**Figure 4**). Dans cet horizon, la teneur en phosphore a été de 26,22 ppm sur la surface enherbée contre 33,57 ppm sur le champ de mil. La faible teneur en phosphore est un facteur limitant de la production végétale des sols au sud du Niger où par exemple des teneurs en phosphore du même ordre variant entre 6 et 42 ppm ont été mesurées dans un parc agroforestier [18]. Relativement à son épaisseur 2,3 fois plus importante et à leurs teneurs presque équivalentes, le stock en phosphore de l'horizon de surface de la surface enherbée serait 2 fois plus importante que celui du champ de mil. Les surfaces enherbées développées sur la dune accroissent donc le stock de phosphore dans les sols. Dans les horizons B et C, la teneur en phosphore en baisse a été de l'ordre de 17,3 ppm sur les deux usages de sol (**Figure 4**).

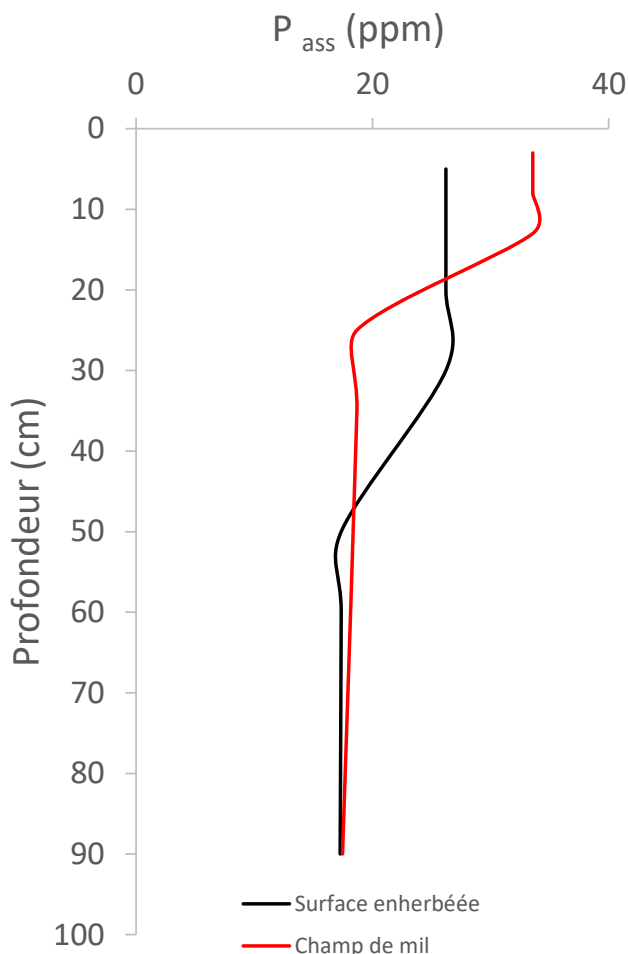


Figure 4 : Variation phosphore assimilable le long des profils de sol du champ de mil et de la surface enherbée

IV - CONCLUSION

Les surfaces enherbées sont basées sur le principe de fixation des dunes par la végétation herbacée. Elles ont induit une amélioration des indicateurs physicochimiques de fertilisants de sol. En effet, les surfaces enherbées ont entraîné un épaississement de l'horizon A et au moins un doublement des stocks du carbone organique et d'azote relativement au champ de mil. Elles n'ont cependant pas eu d'effet sur le stock de phosphore assimilable. Au vu des résultats, sur le cordon dunaire de Namaro, la technique des surfaces enherbées pourrait être une méthode efficace pour la stabilisation des dunes dégradées sahéniennes.

REMERCIEMENTS

Nous remercions l'UMR IEES-Paris (IRD) pour l'appui dans les campagnes de terrain, SFR-RACINES pour la prise en charge des analyses et les populations de Bangou Koiré.

RÉFÉRENCES

- [1] - A. ABDOURHAMANE TOURE, "Erosion en milieu sableux cultivé au Niger : Dynamique actuelle et récente en liaison avec la pression anthropique et les changements climatiques". PhD thesis, Université de Bourgogne, France, (2011) 224 p.
- [2] - A. ABDOURHAMANE TOURE, A. D. TIDJIANE, I. J. RAJOT, B. MARTICORENA, G. BERGAMETTI, "Dynamics of wind erosion and impact of végétation cover and land use in the Sahel : A case study on sandy dunes in southeastern Niger", *Catena*, 177 (2019) 272 - 286
- [3] - L. DESCROIX, A. DIONGUE NIANG, G. PANTHOU, A. BODIAN, T. SANE, H. DACOSTA, M. MALAM ABDOU, J. P. VANDERVAERE, G. QUANTIN, " Evolution récente de la mousson en Afrique de l'Ouest à travers deux fenêtres (Sénégal et le bassin du Niger Moyen) ". *Climatologie*, 12 (2015) 25 - 43
- [4] - V. S. F. GARNOT, A. GROTH, M. GHIL, " Coupled climate-economic modes in the Sahel's interannual variability", in *Ecological Economics*, 153 (2018) 38 p.
- [5] - I. IDRISSE, B. MOROU, D. ABDOULAYE, K. SALEY, M. ALI, "Caractérisation des pâturages herbacés sahéliens à accès limité: cas du centre Secondaire de Multiplication de Bétail de Sayam (Diffa)", *Journal of Applied Biosciences*, 156 (2020) 16087 - 16094
- [6] - F. GEMENNE, J. BLOCHER, F. DE LONGUEVILLE, S. VIGIL DIAZ TELENTI, C. ZICKGRAF, D. GHARBAOUI et P. OZER, "Changement climatique, catastrophes naturelles et mobilité humaine en Afrique de l'Ouest". *Geo-Eco-Trop*, 41 (2017) 317 - 337 p.
- [7] - O. BALDE, K. B. NDIAYE, B. FAYE, S. A. PASCAL, P. NDAYE, I. COLY, "Elevage extensif et restriction des parcours à Tankanto escale : effets de la pression foncière ou occupation et utilisation anarchique de l'espace. REMSES", (2020) 5 - 2. 193-21 <http://journals.openedition.org/belgeo/28836>

- [8] - R. I. ZOGHLAMI, N. BEN AISSA, H. HAMDI, 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, Agriculture and Biotechnology*, 31 (11) (2016) 1812 - 1821
- [9] - 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", *Agrosol.*, 15 (2) (2004) 107 - 110
- [10] - T. GERHARDT and K. LEY, "Monocyte trafficking across the vessel wall", *Cardiovascular Research*, 107 (2015) 321 - 330
- [11] - M. M. OUEDRAOGO, A. DEGRE, C. DEBOUCHE, J. LISEIN, "The evaluation of unmanned aerial system-based photogrammetry and terrestrial laser scanning to generate DEMs of agricultural watersheds", in *Geomorphology*, 214 (2014) 339 - 355
- [12] - M. GAVAUD, "Les sols bien drainés sur matériaux sableux du Niger essai de systématique régionale", in *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, Vol. 6, N° 3 - 4 (1968)
- [13] - R. MAJDOUB, M. BRAHIM, Z. LAHEDDINE, S. KHLIFI and A. BEN SALEM, "Contribution à l'Evaluation de l'Effet des Aménagements Antiérosifs Traditionnels Sur Certains Paramètres Chimiques du Sol : CAS du Meskat dans le Sahel Tunisien". In *European Journal of Scientific Research*, Vol. 69, N°2 (2012) 250 - 259 p.
- [14] - R. Z. ZOUGMORE, F. N. KAMBOU, " *réhabilitation des sols dégradés rôles des amendements dans le succès des techniques de demi-lune et de zaï au sahel* ", (2015) 536 - 550
- [15] - M. MAZOUR, M. BOUGHALEM et N. MEDEDJEL, "La gestion de la matière organique et ses effets sur la conservation de la fertilité du sol dans le nord-ouest de l'Algérie ", Communication orale au sein de la conférence ISCO de Marrakech (Maroc), (2006) 175 - 181 p.
- [16] - I. BOUBACAR, S. IDRISSE, B. YACOUBA et J. M. AMBOUTA KARIMOU, "Effet de *Balanites aegyptiaca* sur le niveau de fertilité chimique d'un sol de terrasse du fleuve Niger". *J. Appl. Biosci.*, (2019) 13940 - 13950
- [17] - A. D. ROUW, "*Gestion de la fertilité des sols pour la culture du mil au Niger.*" Actes de l'atelier 'Jachères et maintien de la fertilité', (1997) 77 - 88
- [18] - A. N'DAYEGAMIYE et M. GIROUX, "La contribution en azote du sol reliée à la minéralisation de la matière organique : facteur climatique et régies agricoles influençant les taux de minéralisation d'azote", *doc-developpement-durable.org*, (2007)