ESJ Natural/Life/Medical Sciences Peer-reviewed

Caractérisation des sols du système de la riziculture en aménagement de bas-fonds de type Smart-Valleys de la région de Tahoua-Niger

Ibrahima Abdou Abdoul Madjidou
Faculté des Sciences et techniques,
Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger
Sido Yacouba Amir
Institut National de la Recherche Agronomique du Niger, Niamey, Niger
Abdou Maman Manssour
Faculté des Sciences Agronomiques,
Université Boubacar Bâ de Tillabéry, Niger
Alzouma Mayaki Zoubeirou
Faculté des Sciences et techniques,
Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

Doi:10.19044/esj.2026.v22n30p300

Submitted: 26 January 2026
Accepted: 27 October 2026
Published: 31 October 2026

Copyright 2026 Author(s)
Under Creative Commons CC-BY 4.0
OPEN ACCESS

Cite As:
Ibrahima Abdou, A.M., Sido Yacouba, A., Abdou, M.M., & Alzouma Mayaki, Z. (2026). *Caractérisation des sols du système de la riziculture en aménagement de bas-fonds de type Smart-Valleys de la région de Tahoua-Niger.* European Scientific Journal, ESJ, 22 (30), 300. https://doi.org/10.19044/esj.2026.v22n30p300

Résumé

L'exploitation des terres rizicoles est confrontée à des contraintes liées notamment à la méconnaissance des propriétés physico-chimiques des sols et à l'application, par les producteurs, d'itinéraires techniques parfois inadaptés. Cette étude vise à établir un référentiel des propriétés physico-chimiques des sols rizicoles de bas-fonds aménagés de la région de Tahoua. Au total, 30 carottes de sol, à raison de 10 par site, ont été prélevées dans les bas-fonds de Tarka (site de Sabon Guida), de Rima (Maggia) (site de Louhoudou) et du Dallol Maouri (site d'Abonkor-Tounga Fouri), dans les horizons [0-10] cm et [10-30] cm, avant semis et après récolte. Elles ont été regroupées en 12 échantillons composites, analysés au laboratoire des sols du Centre Régional de Recherche Agronomique de Niamey (CERRA). Les sols présentent une texture limono-argilo-sableuse à Tarka et à Rima (Maggia), et limoneuse à

ISSN: 1857-7881 (Print)
e-ISSN 1857-7431 (Online)

limono-sableuse au Dallol Maouri, avec des teneurs moyennes en sable d'environ 50 à 60 %. Le pH eau varie de 6,56 à 7,74, ce qui correspond à une réaction neutre à légèrement alcaline, favorable à la culture du riz. Les teneurs en carbone organique (0,57 à 1,09 %) sont faibles à moyennes, et le taux de saturation en bases est élevé (95,32 % en moyenne). Les sols sont en revanche très pauvres en azote total (0,06 à 0,10 %), en phosphore assimilable (0,52 à 11,01 ppm) et en potassium échangeable (0,008 à 0,026 meq/100 g). Aucune différence significative n'a été observée entre les bas-fonds au seuil de 5 %. Ces résultats justifient une fertilisation raisonnée, notamment phosphatée et potassique, et ouvrent la voie à l'étude de la symbiose mycorhizienne du riz dans ces sols.

Mots-clés: Riz, bas-fonds, Smart-Valleys, fertilité des sols, Propriétés du sol, Niger

Soil Characterisation of the Rice-Growing System in the 'Smart-Valleys-Type Lowland Development Project in the Tahoua-Niger Region

Ibrahima Abdou Abdoul Madjidou
Faculty of Science and Technology,
Abdou Moumouni University, Niamey, Niger
Sido Yacouba Amir
National Institute for Agricultural Research of Niger, Niamey, Niger
Abdou Maman Manssour
Faculty of Agricultural Sciences,
Boubacar Bâ University, Tillabéry, Niger
Alzouma Mayaki Zoubeirou
Faculty of Science and Technology,
Abdou Moumouni University, Niamey, Niger

Abstract

The exploitation of rice-growing land faces constraints, particularly due to a lack of knowledge of soil physicochemical properties and to the use of sometimes unsuitable crop management practices by farmers. This study aims to establish a reference framework for the physicochemical properties of soils in developed rice-growing lowlands of the Tahoua region. A total of 30 soil cores (10 per site) were collected in the Tarka (Sabon Guida site), Rima-Maggia (Louhoudou site) and Dallol Maouri (Abonkor-Tounga Fouri site) lowlands, from the [0–10] cm and [10–30] cm horizons, before sowing and

ISSN: 1857-7881 (Print)
e-ISSN 1857-7431 (Online)

after harvest. They were pooled into 12 composite samples and analyzed at the soil laboratory of the Regional Center for Agricultural Research of Niamey (CERRA). Soils had a sandy clay loam texture at Tarka and Rima (Maggia) and a loam to sandy loam texture at Dallol Maouri, with mean sand contents of about 50–60%. Water pH ranged from 6.56 to 7.74, indicating a neutral to slightly alkaline reaction that is favorable to rice cultivation. Organic carbon contents (0.57–1.09%) were low to moderate, and base saturation was high (95.32% on average). However, the soils were very poor in total nitrogen (0.06–0.10%), available phosphorus (0.52–11.01 ppm) and exchangeable potassium (0.008–0.026 meq/100 g). No significant difference was found between lowlands at the 5% level. These results call for balanced fertilization, particularly with phosphorus and potassium, and open the way to studying the mycorrhizal symbiosis of rice in these soils.

Keywords: Rice, lowlands, Smart-Valleys, soil fertility, Soil properties, Niger

Introduction

Le sol joue un rôle essentiel dans la culture du riz en fournissant à la plante les éléments nutritifs, l'eau et le support physique nécessaires à sa croissance et à son développement. C'est un milieu dynamique, dont la qualité peut être dégradée de manière irréversible par des actions humaines inadaptées (Hinde *et al.,* 2009). Son utilisation durable par les producteurs et sa conservation exigent donc une caractérisation régulière. Au Niger, comme dans la plupart des pays africains, la productivité des terres connaît une baisse importante (Shepherd et *al.,* 2003 ; Saidou *et al.,* 2009). Par ailleurs, les terres et les eaux restent sous-exploitées, notamment en raison de pratiques inadaptées aux caractéristiques des sols et d'une connaissance insuffisante de ces derniers (Mbonigaba et *al.,* 2009 ; Sido *et al.,* 2018). Une gestion rationnelle des ressources visant à accroître les rendements exige ainsi une caractérisation continue des sols (Osujieke et *al.,* 2018).

Dans la région de Tahoua, les rares études agro-environnementales disponibles (Saley, 2019) abordent peu les caractéristiques pédologiques des systèmes d'exploitation agricole. De telles études pourraient pourtant contribuer à l'établissement d'un référentiel pédologique et à la réalisation de diagnostics agronomiques. Or, les recommandations de fertilisation devraient s'appuyer sur les caractéristiques des sols. Les formules de fertilisation actuellement utilisées, mises au point par le Centre Régional de Recherche Agronomique de Niamey (CERRA), ont souvent une portée régionale et ne tiennent pas compte des spécificités des exploitations rizicoles de bas-fonds. Il en résulte des difficultés de mise en valeur des bas-fonds rizicoles de la région, souvent liées à l'inadéquation des pratiques culturales aux caractéristiques des sols. À ces contraintes s'ajoute une consommation

ISSN: 1857-7881 (Print)
e-ISSN 1857-7431 (Online)

croissante de riz, aliment désormais ancré dans les habitudes alimentaires des populations rurales comme urbaines, avec une consommation record à Niamey, estimée à 41,27 kg/habitant/an (INS, 2011).

En outre, le manque d'informations sur les propriétés physico-chimiques et biologiques des sols limite la mise en œuvre de pratiques de gestion adaptées aux aménagements rizicoles. C'est dans cette optique qu'a été mené le présent travail, qui vise à décrire et à caractériser les sols des bas-fonds rizicoles de la région de Tahoua. L'objectif général est de diagnostiquer les atouts et les contraintes physico-chimiques de ces sols afin de formuler des recommandations visant l'amélioration de la productivité rizicole. De façon spécifique, il s'agit : (i) de décrire la morphologie des profils pédologiques ; (ii) de caractériser les propriétés physico-chimiques des horizons échantillonnés, avant semis et après récolte ; (iii) de comparer ces propriétés entre les bas-fonds ; et (iv) d'analyser les relations entre les variables étudiées.

Matériel et méthodes

Présentation des sites de l'étude

La région de Tahoua (Figure 1), où se situe la zone d'étude, est comprise entre 13°42' et 18°30' de latitude Nord et entre 3°53' et 6°42' de longitude Est. Elle couvre notamment les bassins de la Tarka, du Dallol Maouri et de la Rima (Maggia). Elle est caractérisée par un climat de type subsahélien, avec une pluviométrie annuelle variant de 350 à 450 mm. Les sites étudiés sont des bas-fonds situés dans les départements de Madaoua, de Tahoua et de Malbaza, respectivement dans les communes de Sabon Guida (13° 52' 08'' N ; 5° 53' 28'' E), de Barmou, site d'Abonkor-Tounga Fouri (15° 09' 42'' N ; 5° 21' 32'' E), et de Dogaraoua, site de Louhoudou (14° 60' 22'' N ; 5° 33' 38'' E). Dans le cadre d'un échantillonnage stratifié, chaque site a une superficie de 990 m² (10 m × 6 m), est subdivisé en 3 blocs de parcelles de 21 m² (7 m × 3 m). Les espèces ligneuses dominantes observées sont : *Acacia nilotica*, *Acacia senegal*, *Adansonia digitata*, *Cassia sieberiana*, *Piliostigma reticulatum*, *Balanites aegyptiaca*, *Combretum glutinosum*, *Guiera senegalensis* et *Combretum micranthum*.

La prospection réalisée dans les bassins de la région de Tahoua a permis de répertorier les bas-fonds aptes à la riziculture et d'identifier trois (3) sites d'expérimentation, situés dans les bas-fonds de Tarka, de Rima (Maggia) et du Dallol Maouri, où se concentre l'essentiel des activités rizicoles de la région. Sur chaque site, des prélèvements de sol ont été réalisés à la tarière et dans des fosses pédologiques, avant semis et après récolte.

ISSN: 1857-7881 (Print)
e-ISSN 1857-7431 (Online)

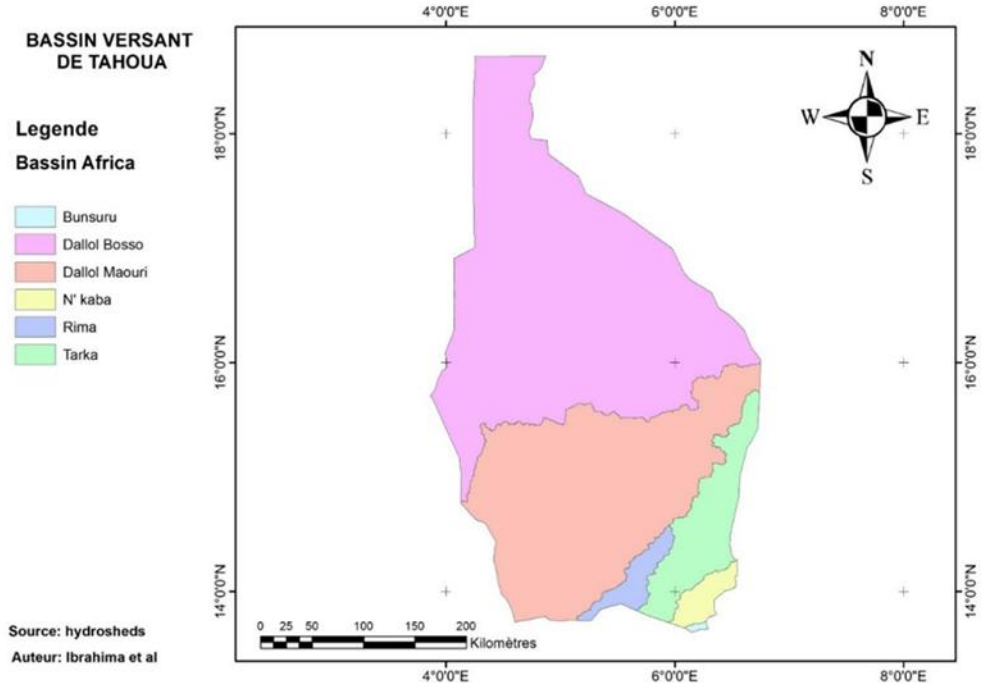

Figure 1 : Carte de localisation des bas-fonds de la zone d'étude

Le matériel utilisé pour le prélèvement des échantillons de sol sur les trois sites comprend :

- Variétés du riz : ARS767-B-B-B, ART143-24-B-1-B-B, ART143-150-B-1-B-B, ART143-44-B-1-B-B, ART478-13-3-1-1-B, NERICA L-19, Témoin local 1 (Balangaba), Témoin local 2 (May hijabi), Témoin local 3 (El ama/Mai Safi)
- Des outils pour creuser les profils et prélever des échantillons : bêches, pelles, pioches, pics et sondes (tarières hélicoïdales) ;
- Matériel d'étude et d'observation : piochon de pédologue (pour rafraîchir et protéger les échantillons) ; décamètre pour mesurer la profondeur et l'épaisseur ;
- Flacon d'eau distillée ; flacon d'acide chlorhydrique dilué (pour apprécier la présence et la charge en calcaire) ;
- Une tarière Edelman pour les prélèvements des échantillons du sol, charte Munsell pour la lecture des couleurs ;
- Appareil photo numérique ; appareils d'analyse ; fiches de description ;
- Sachets plastiques pour recueillir et transporter les échantillons ;
  Un GPS pour relever les coordonnées des limites des sites et la position des profils.

ISSN: 1857-7881 (Print)
e-ISSN 1857-7431 (Online)

Échantillonnage des sols et prétraitement des échantillons

Sur les trois sites, la surface du sol a d'abord été nettoyée par grattage des résidus organiques. Deux campagnes de prélèvement (avant semis et après récolte) ont été réalisées dans les horizons [0-10] cm et [10-30] cm afin de constituer des échantillons composites.

Dans chaque site rizicole, dix (10) carottes de sol ont été prélevées à la tarière pédologique selon un schéma en diagonale : deux sur chacun des quatre côtés du site et deux au point d'intersection des diagonales, soit 30 carottes pour les trois sites. Les prélèvements ont été effectués dans les horizons [0-10] cm et [10-30] cm, profondeurs choisies en fonction de la zone de concentration des racines du riz et de leur alimentation en eau et en nutriments (Touhtouh et *al.*, 2014 ; Sido et *al.*, 2018). Les échantillons (environ 300 g chacun) ont été soigneusement mélangés, puis regroupés en deux étapes afin de constituer des échantillons composites pour chaque bas-fond. La première étape a été réalisée sur le terrain : les 10 carottes de chaque site ont été combinées, et l'échantillon composite obtenu a été conditionné en sachet. La seconde étape a été réalisée au Centre Régional de Recherche Agronomique de Niamey (CERRA), où les échantillons ont été regroupés par niveau de toposéquence, ce qui a permis d'obtenir 4 échantillons par bas-fond. Au total, douze (12) échantillons ont été ensachés et étiquetés (codes T1-T1 à T6-T6) pour les sites de Tarka, de Rima (Maggia) et du Dallol Maouri.

Analyse des sols

Au total, douze (12) échantillons composites ont été analysés au laboratoire des sols du Centre Régional de Recherche Agronomique de Niamey (CERRA), selon les protocoles techniques du laboratoire. La classe texturale des échantillons a été déterminée à l'aide du triangle textural de l'USDA (Figure 2), et les résultats des analyses chimiques ont été interprétés en référence au guide d'interprétation des analyses de sol adopté par la FAO (2015).

ISSN: 1857-7881 (Print)
e-ISSN 1857-7431 (Online)

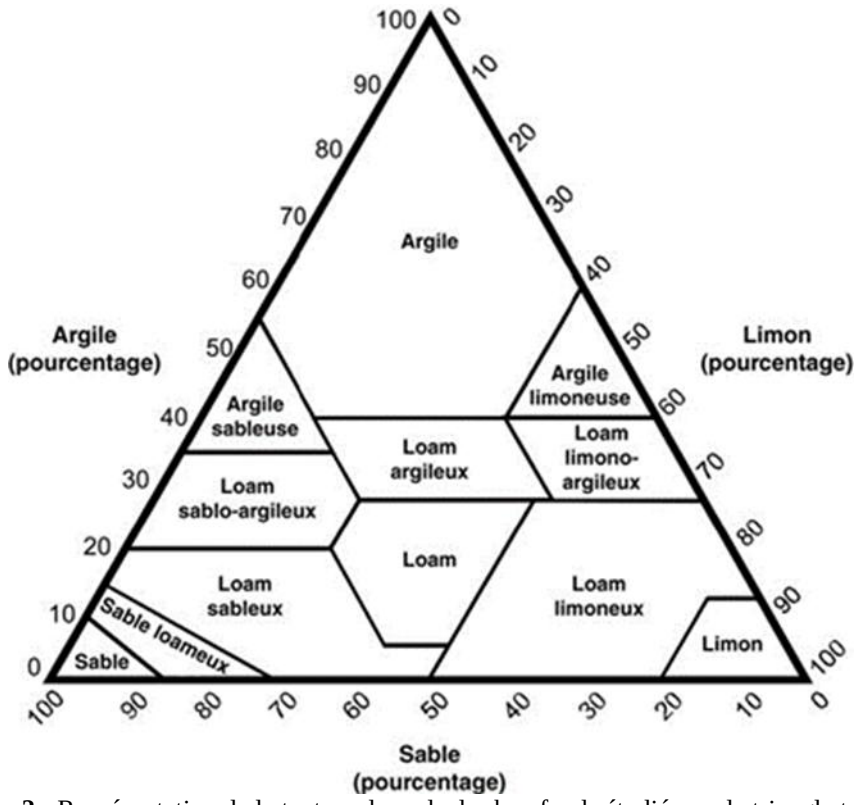

Figure 2 : Représentation de la texture des sols des bas-fonds étudiés sur le triangle textural USDA

Les valeurs de pH ont été interprétées à l'aide de la légende des séries de sol proposée par l'INP4 (1992). Le degré de salinité a été apprécié à partir de la conductivité électrique (CE) selon les normes de Durand, un sol dont la CE est inférieure à 12 µS/cm étant considéré comme non salin (FAO, 2015). Les teneurs en carbone (C), en matière organique (MO) et en azote (N) ont été interprétées à l'aide de l'échelle du CIRAD et du GRET (2002). Le rapport C/N a été calculé pour apprécier l'activité biologique du sol et le degré d'évolution de la matière organique (Ramade, 2008). Les teneurs en phosphore (P) assimilable et en bases échangeables [calcium (Ca), magnésium (Mg), potassium (K) et sodium (Na)], ainsi que la capacité d'échange cationique (CEC) et le taux de saturation en bases (TS), ont été interprétés à l'aide de l'échelle de Landon (1984).

Les méthodes d'analyse sont décrites en détail dans plusieurs ouvrages, notamment Van Ranst et al. (1999), Soil Survey Staff (1996, 2004) et Maurice et al. (2018). Le fractionnement granulométrique a été effectué après destruction de la matière organique par l'eau oxygénée et des carbonates par l'acide chlorhydrique, puis dispersion à l'hexamétaphosphate de sodium. La fraction sableuse a ensuite été récupérée sur un tamis de 50 µm. La

ISSN: 1857-7881 (Print)
e-ISSN 1857-7431 (Online)

séparation du limon et de l'argile a été réalisée sur le tamisat par sédimentation en colonne, l'argile étant siphonnée à 30 cm après 24 h. Chaque fraction a été pesée après séchage à l'étuve à 105 °C pendant 24 h. Le pH et la CE ont été mesurés dans des suspensions sol/eau au rapport 1/5 (m/v), à l'aide d'un appareil Consort C6010, après une heure d'équilibrage avec agitation toutes les 20 minutes. L'azote total a été dosé par la méthode de Kjeldahl et le carbone organique oxydable par la méthode de Walkley et Black. Le phosphore assimilable a été dosé par la méthode Olsen-Dabin. Les cations échangeables et la CEC ont été déterminés par la méthode de Metson (extraction des bases échangeables à l'acétate d'ammonium 1 M à pH 7, lavage de l'excès d'extractant à l'éthanol, puis extraction de NH_4^+ par KCl 1 M). L'acidité d'échange (Al^{3+} et H^+) a été mesurée après déplacement des ions acides par KCl 1 N.

Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel SPSS (version 2025). Une analyse en composantes principales (ACP), précédée du test de sphéricité de Bartlett, a été utilisée pour étudier les relations entre les variables physico-chimiques des sols. Le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été utilisé pour comparer les variables entre les deux périodes (avant semis et après récolte) au sein de chaque bas-fond, d'une part, et entre les bas-fonds, d'autre part. Une différence a été jugée significative lorsque la p-value était inférieure au seuil $\alpha = 0,05$. Des régressions linéaires ont été ajustées entre les variables significativement corrélées, et les modèles présentant le coefficient de détermination (r^2) le plus élevé ont été retenus ; le r^2 exprime la proportion de la variance de la variable dépendante expliquée par la ou les variables explicatives.

ISSN: 1857-7881 (Print)
e-ISSN 1857-7431 (Online)

Résultats

Caractérisation des sols

Caractérisation morphologique du bas-fond de Tarka

Planche 1 : État de surface du sol (A) avant l'ouverture de la fosse du site de Tarka et le profil PK (B)

L'analyse de la planche montre deux horizons :

0-10 cm : horizon très organique des milieux humides et folique avec organismes vivants et/ou traces d'activités biologiques ; de couleur brun sombre à l'état sec et brun sombre à l'état frais ; structure polyédrique moyennement développée en éléments fins et moyens ; consistance légère à l'état sec ; très nombreux pores très fins ; très nombreuses racines très fines.

10-30 cm : horizon organo-minéral avec organismes vivants et/ou traces d'activités biologiques ; de couleur gris-noir à l'état sec et tourbeux à l'état frais ; structure polyédrique moyennement développée en éléments fins et moyens ; consistance dure à l'état sec ; très nombreux pores très fins ; très nombreuses racines très fines.

ISSN: 1857-7881 (Print)
e-ISSN 1857-7431 (Online)

Caractérisation morphologique des bas-fonds de Rima (Maggia)

Planche 2 : État de la surface du sol (A) avant l'ouverture de la fosse du site de Rima (Maggia) et le profil PK (B)

L'analyse de la planche montre deux horizons :

0-10 cm : horizon organo-minéral et folique avec organismes vivants et/ou traces d'activités biologiques ; de couleur gris-noir à l'état sec et tourbeux à l'état frais ; structure polyédrique faiblement à moyennement développée en éléments fins et moyens ; consistance dure à l'état sec ; très nombreux pores très fins ; très nombreuses racines très fines.

10-30 cm : horizon où se concentrent certains éléments tels que l'argile, le fer, etc. ; de couleur gris à brun sombre à l'état sec et brun sombre à l'état frais ; structure polyédrique non à faiblement développée en éléments fins, moyens et grossiers ; consistance dure à l'état sec ; très nombreux pores très fins ; nombreuses racines fines et/ou très fines ;

ISSN: 1857-7881 (Print)
e-ISSN 1857-7431 (Online)

Planche 3 : État de surface du sol (A) avant l'ouverture de la fosse du site de Dallol Maouri et le profil PK (B)

L'analyse de la planche montre deux horizons :

0-10 cm : horizon très organique en milieux forestiers drainés, avec organismes vivants et/ou traces d'activités biologiques ; de couleur gris à l'état sec et brun sombre à l'état frais ; structure polyédrique faiblement à moyennement développée en éléments fins et moyens ; consistance dure à l'état sec ; très nombreux pores très fins ; très nombreuses racines très fines.

10-30 cm : horizon exclusivement minéral, appauvri en fer, de couleur brun sombre à l'état sec et brun sombre à l'état frais ; structure polyédrique non à faiblement développée en éléments fins, moyens et grossiers ; consistance légère à l'état sec ; très nombreux pores très fins ; nombreuses racines fines et/ou très fines.

L'examen des deux horizons suggère que ces bas-fonds offrent des conditions globalement favorables à la riziculture : l'abondance de pores très fins est compatible avec une bonne rétention en eau, y compris en contre-saison ; la densité des racines fines et très fines et les traces d'activité biologique traduisent un sol biologiquement actif ; enfin, la présence d'horizons organo-minéraux à structure polyédrique est favorable à la rétention des éléments fertilisants. Ces interprétations, fondées sur des observations de terrain, restent à confirmer par des mesures (rétention en eau, densité apparente, activité biologique).

Granulométrie et texture des sols

L'analyse granulométrique (Tableau 1) montre que, selon la classification de l'USDA, les sols de Tarka et de Rima (Maggia) sont des limons argilo-sableux (sandy clay loam), tandis que ceux du Dallol Maouri sont limoneux en surface et limono-sableux en profondeur. La classe limono-

ISSN: 1857-7881 (Print)
e-ISSN 1857-7431 (Online)

argilo-sableuse est considérée comme l'une des plus équilibrées en agriculture : elle offre une bonne aération, une facilité de travail du sol, un compromis entre capacité de rétention en eau et perméabilité, et permet une bonne pénétration des racines.

Le test de Kruskal-Wallis ne révèle aucune différence significative entre les bas-fonds pour les teneurs moyennes en argile, en limon et en sable ($p > 0,05$; Tableau 1).

Tableau 1 : Composition granulométrique et texture des sols des bas-fonds étudiés

Bas-fonds	***Périodes***	***Horizon (Cm)***	***Granulométrie***			***Texture***
			A%	***L%***	***S%***	
Tarka	Avant semis	[0-15]	*27,19*	*13,24*	*59,55*	Las
		[15-30]	*27,64*	*15,50*	*56,84*	Las
	Après récolte	[0-15]	*26,98*	*12,34*	*58,44*	Las
		[15-30]	*28,11*	*15,34*	*57,54*	Las
	Moyenne	**[0-15]**	**27,085**	**12,79**	**58,995**	**Las**
		[15-30]	**27,875**	**15,42**	**57,19**	**Las**
Rima (Maggia)	Avant semis	[0-15]	21,38	28,16	50,45	Las
		[15-30]	25,80	23,70	50,48	Las
	Après récolte	[0-15]	23,60	23,24	53,05	Las
		[15-30]	23,54	23,48	52,96	Las
	Moyenne	**[0-15]**	**22,49**	**25,7**	**51,75**	**Las**
		[15-30]	**24,67**	**23,59**	**51,72**	**Las**
Dallol Maouri	Avant semis	[0-15]	10,50	39,53	49,95	L
		[15-30]	10,50	29,25	60,30	Ls
	Après récolte	[0-15]	14,93	35,37	49,68	L
		[15-30]	12,71	35,20	52,07	**Ls**
	Moyenne	**[0-15]**	**12,715**	**37,45**	**49,815**	**L**
		[15-30]	**11,605**	**32,225**	**56,185**	Ls
		P-value	***0,956***	***0,954***	***0,826***	
Test Kruskal-Wallis		Alpha	***0,05***	***0,05***	***0,05***	

Las : Limono-argilo-sableux ; Ls : Limono-sableux ; L : Limoneux

Les teneurs moyennes en sable sont comparables entre les bas-fonds et entre les périodes, avec des valeurs comprises entre 50 % et 60 % environ. Elles augmentent de l'horizon [0-15] cm à l'horizon [15-30] cm au Dallol Maouri (de 49,82 % à 56,19 %), restent stables à Rima (Maggia) (51,75 % et 51,72 %) et diminuent légèrement à Tarka (de 59,00 % à 57,19 %). Les teneurs moyennes en limon sont nettement plus élevées au Dallol Maouri (37,45 % et 32,23 %) qu'à Rima (Maggia) (25,70 % et 23,59 %) et à Tarka, qui présente les plus faibles valeurs (12,79 % et 15,42 %).

À l'inverse, les bas-fonds de Tarka présentent les teneurs moyennes en argile les plus élevées (27,09 % et 27,88 %), suivis de ceux de Rima (Maggia)

ISSN: 1857-7881 (Print)
e-ISSN 1857-7431 (Online)

(22,49 % et 24,67 %) ; les plus faibles teneurs sont observées au Dallol Maouri (12,72 % et 11,61 %).

Variables physico-chimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques sont présentés dans les tableaux 2 et 3.

pH et conductivité électrique

Le pH eau des 12 échantillons est compris entre 6,56 et 7,74, ce qui correspond à une réaction neutre à légèrement alcaline. La conductivité électrique (CE), qui augmente avec la concentration en sels solubles, est couramment utilisée comme indicateur de la salinité. Tous les sols étudiés sont non salins, leur CE étant très inférieure au seuil de 12 µS/cm (Tableau 2).

Tableau 2 : Le pH et la conductivité électrique (CE) des sols analysés

Bas-fonds	***Périodes***	***Horizons (Cm)***	***pH eau***	***CE µS/cm***
Tarka	Avant semis	[0-15]	7,74	0,01
		[15-30]	7,32	0,05
	Après récolte	[0-15]	7,5	0,01
		[15-30]	7,5	0,04
	Moyenne	**[0-15]**	**7,62**	**0,01**
		[15-30]	**7,41**	**0,045**
Rima (Maggia)	Avant semis	[0-15]	6,56	0,13
		[15-30]	6,93	0,06
	Après récolte	[0-15]	7,12	0,06
		[15-30]	7,33	0,04
	Moyenne	**[0-15]**	**6,840**	**0,095**
		[15-30]	**7,13**	**0,05**
Dallol Maouri	Avant semis	[0-15]	7,36	0,06
		[15-30]	7,3	0,07
	Après récolte	[0-15]	7,32	0,06
		[15-30]	7,42	0,06
	Moyenne	**[0-15]**	**7,340**	**0,06**
		[15-30]	**7,36**	**0,065**
	P-value		**0,345**	**0,718**
Test Kruskal-Wallis	**Alpha**		***0,05***	**0,05**

Les sols de Tarka sont légèrement alcalins (pH moyens de 7,62 et 7,41 respectivement dans les horizons [0-15] et [15-30] cm). Ceux de Rima (Maggia) ont un pH proche de la neutralité (6,84 et 7,13), et ceux du Dallol Maouri un pH neutre à légèrement alcalin (7,34 et 7,36).

ISSN: 1857-7881 (Print)
e-ISSN 1857-7431 (Online)

La CE moyenne est très faible : 0,010 à 0,045 µS/cm à Tarka, 0,050 à 0,095 µS/cm à Rima (Maggia) et 0,060 à 0,065 µS/cm au Dallol Maouri.

Carbone organique, azote total, rapport C/N et phosphore assimilable

Les teneurs en carbone organique des échantillons sont comprises entre 0,57 et 1,09 % (Tableau 3), ce qui correspond à des teneurs faibles à moyennes en matière organique. Tous les sols étudiés présentent des teneurs **très** faibles en azote total (0,06 à 0,10 %).

Le rapport C/N permet de caractériser globalement la matière organique du sol ainsi que les apports et restitutions organiques. Dans l'horizon de surface, le C/N moyen est supérieur à 12 au Dallol Maouri (14,70) et à Rima (Maggia) (13,55), ce qui indique une minéralisation relativement lente de la matière organique ; à Tarka, il est faible (7,65), ce qui traduit au contraire une minéralisation avancée (Tableau 3).

Le phosphore est, avec l'azote et le potassium, l'un des macronutriments majeurs de la nutrition des plantes, et il compte souvent parmi les principaux facteurs limitants de la productivité agricole. Dans la présente étude, les teneurs en phosphore assimilable (méthode Olsen-Dabin) varient de 0,52 à 11,01 ppm, les valeurs extrêmes étant observées respectivement au Dallol Maouri et à Rima (Maggia) (Tableau 3). Ces teneurs sont faibles et laissent prévoir une réponse marquée du riz à la fertilisation phosphatée.

Cations échangeables et capacité d'échange cationique

Les résultats consignés dans le tableau 3 montrent que le calcium (Ca^{2+}) est le cation échangeable dominant, suivi du magnésium (Mg^{2+}), tandis que le potassium (K^{+}) et le sodium (Na^{+}) sont les moins représentés. La teneur en Ca échangeable varie de 8,08 à 22,24 meq/100 g, valeurs supérieures au seuil de carence. Les teneurs en Mg échangeable (0,86 à 15,36 meq/100 g) sont également suffisantes. En revanche, les teneurs en K échangeable sont très faibles (0,008 à 0,026 meq/100 g), ce qui traduit une déficience en potassium dans la zone d'étude. Aucune différence significative n'a été observée entre les bas-fonds pour ces éléments au seuil de 5 % (Tableau 3). La teneur moyenne en C est plus élevée à Rima (Maggia) (0,99 % et 0,87 % respectivement dans les horizons supérieur et inférieur) et au Dallol Maouri (0,95 % et 0,84 %) qu'à Tarka (0,62 % et 0,87 %). La teneur en MO suit la même tendance que celle du C.

Les sols étudiés sont très pauvres en phosphore assimilable. Les teneurs moyennes varient de 1,31 à 1,18 ppm à Tarka, de 7,47 à 2,29 ppm à Rima (Maggia) et de 4,32 à 0,85 ppm au Dallol Maouri, respectivement dans les horizons [0-15] et [15-30] cm ; la valeur individuelle la plus élevée (11,01 ppm) a été observée dans l'horizon de surface à Rima (Maggia), après récolte.

ISSN: 1857-7881 (Print)
e-ISSN 1857-7431 (Online)

Les teneurs moyennes en Na et en K ne varient que très légèrement entre les bas-fonds, et les différences observées pour le Ca, le Mg, la CEC et le TS ne sont pas significatives ($p > 0,05$; Tableau 3).

Les sols de Tarka présentent les teneurs moyennes en Ca les plus faibles (8,64 et 8,96 meq/100 g), contre 15,08 et 20,32 meq/100 g à Rima (Maggia) et 16,00 et 17,76 meq/100 g au Dallol Maouri.

Les teneurs en Mg sont élevées ([Mg] > 0,5 meq/100 g) dans l'ensemble des bas-fonds. La valeur la plus élevée (15,36 meq/100 g) a été observée au Dallol Maouri, dans l'horizon [15-30] cm après récolte.

Les teneurs en sodium sont faibles ([Na] < 1 meq/100 g) : les sols des bas-fonds étudiés ne sont pas sodiques.

Les teneurs en K sont très faibles ([K] < 0,5 meq/100 g) : 0,026 meq/100 g dans les deux horizons à Tarka, 0,013 meq/100 g à Rima (Maggia) et 0,014 à 0,018 meq/100 g au Dallol Maouri. Une réponse marquée aux engrais potassiques est donc probable.

La CEC moyenne varie de 11,72 à 12,24 meq/100 g à Tarka, de 16,90 à 22,43 meq/100 g à Rima (Maggia) et de 17,88 à 26,80 meq/100 g au Dallol Maouri, soit des valeurs faibles à Tarka et moyennes à élevées dans les deux autres bas-fonds selon l'échelle de Landon (1984). Le taux de saturation en bases (TS) est élevé dans tous les bas-fonds : 93,80 % et 97,09 % à Tarka, 93,99 % et 95,97 % à Rima (Maggia), 94,42 % et 96,70 % au Dallol Maouri, respectivement dans les horizons [0-15] et [15-30] cm.

ISSN: 1857-7881 (Print)
e-ISSN 1857-7431 (Online)

Tableau 3 : Variabilité de la teneur des éléments fertilisants, de la capacité d'échange cationique (CEC) et du Taux de saturation (TS)

Bas-fonds	*Périodes*	*Horizons (Cm)*	*% C*	*MO %*	*N %*	*C/N*	*P assimilable*	*Ca meq/100g*	*Mg meq/100g*	*Na meq/100g*	*K meq/100g*	*CEC meq/100g*	*%TS*
Tarka	Avant semis	[0-15]	0,568	0,568	0,061	5,685	1,31	8,64	2,88	0,074	0,026	11,72	94,56
		[15-30]	0,967	0,967	0,081	13,822	1,18	8,96	3,72	0,068	0,026	12,24	96,72
	Après récolte	[0-15]	0,668	0,768	0,071	9,607	1,31	8,64	2,88	0,074	0,026	11,72	93,05
		[15-30]	0,768	0,867	0,071	12,948	1,18	8,96	3,72	0,068	0,026	12,24	97,46
	Moyenne	**[0-15]**	**0,618**	**0,668**	**0,066**	**7,646**	**1,31**	**8,64**	**2,88**	**0,074**	**0,026**	**11,72**	**93,80**
		[15-30]	**0,868**	**0,917**	**0,076**	**13,385**	**1,18**	**8,96**	**3,72**	**0,068**	**0,026**	**12,24**	**97,09**
Rima (Maggia)	Avant semis	[0-15]	1,080	**1,080**	0,1	14,218	3,93	22,08	2,49	0,076	0,018	24,79	95,34
		[15-30]	0,907	0,907	0,07	13,155	3,14	18,4	1,44	0,056	0,014	19,97	95,37
	Après récolte	[0-15]	0,901	0,901	0,08	12,872	11,01	8,08	0,86	0,018	0,008	9,01	90,47
		[15-30]	0,827	0,827	0,067	11,039	1,44	22,24	2,49	0,062	0,012	24,89	96,45
	Moyenne	**[0-15]**	**0,990**	**0,990**	**0,09**	**13,545**	**7,47**	**15,08**	**1,675**	**0,047**	**0,013**	**16,9**	**93,99**
		[15-30]	**0,867**	**0,867**	**0,068**	**12,097**	**2,29**	**20,32**	**1,965**	**0,059**	**0,013**	**22,43**	**95,97**
Dallol Maouri	Avant semis	[0-15]	1,093	**1,093**	0,076	17,933	7,86	20	2	0,072	0,02	22,15	95,05
		[15-30]	0,748	0,748	0,069	9,236	0,52	17,12	2,48	0,034	0,016	19,73	95,96
	Après récolte	[0-15]	0,814	0,814	0,07	11,473	0,78	12	1,44	0,028	0,008	13,61	93,43
		[15-30]	0,934	0,934	0,075	13,159	1,18	18,4	15,36	0,03	0,02	33,87	97,14
	Moyenne	**[0-15]**	**0,954**	**0,954**	**0,073**	**14,703**	**4,32**	**16**	**1,72**	**0,05**	**0,014**	**17,88**	**94,42**
		[15-30]	**0,841**	**0,841**	**0,072**	**11,197**	**0,85**	**17,76**	**8,92**	**0,032**	**0,018**	**26,8**	**96,70**
Test Kruskal-Wallis	**P-Value**		***0,715***	***0,727***	***0,924***	***0,727***	***0,423***	***0,284***	***0,275***	***0,164***	***0,664***	***0,227***	***0,176***
	Alpha		***0,050***	**0,050**	***0,050***	**0,050**	***0,050***	**0,050**	***0,050***	**0,050**	***0,050***	**0,050**	***0,050***

C =Carbone, MO=Matière organique, N= Azote, P=Phosphore, Ca=Calcium, Mg=Magnésium, Na=Sodium, K=Potassium, CEC=Capacité d'échange cationique, TS=Taux de saturation, meq=milliéquivalent, g= gramme

ISSN: 1857-7881 (Print)
e-ISSN 1857-7431 (Online)

Corrélations des composantes physico-chimiques des sols

La matrice de corrélation entre les paramètres physico-chimiques des sols est présentée dans le tableau 4.

Tableau 4 : Matrice de corrélation entre les paramètres physico-chimiques des sols étudiés

	pH	CA	Na	K	CEC	P ass	TS	C	MO	Z	CN	CE	A	L	S	N	MG
pH	**1**																
CA	**-0,51**	**1**															
NA	0,04	0,07	**1**														
K	0,44	-0,32	**0,70**	**1**													
CEC	-0,28	**0,86**	-0,06	-0,13	**1**												
P ass	-0,34	0,01	-0,20	0,11	0,15	**1**											
TS	0,46	0,10	0,33	0,47	0,48	-0,06	**1**										
C	**-0,67**	**0,55**	-0,01	0,47	0,48	-0,06	-0,06	**1**									
MO	**-0,67**	**0,55**	-0,01	-0,04	-0,18	0,40	-0,06	**1,00**	**1**								
Z	0,210	-0,12	0,20	0,32	0,50	-0,05	0,40	-0,37	-0,37	**1**							
CN	-0,47	0,39	0,03	0,45	0,25	-0,28	-0,05	**0,92**	**0,92**	-0,36	**1**						
CE	**-0,87**	**0,59**	-0,16	**-0,55**	-0,09	-0,26	-0,28	**0,74**	0,74	-0,33	0,53	**1**					
A	0,05	**-0,51**	0,46	**-0,55**	-0,09	-0,26	-0,26	-0,34	-0,34	0,178	-0,29	-0,39	**1**				
L	0,05	**-0,51**	0,46	**0,62**	0,25	0,18	-0,26	-0,34	-0,34	0,17	-0,29	-0,39	0,000	**1**			
S	-0,30	**0,63**	-0,44	0,41	0,46	-0,14	0,18	**0,59**	0,59	-0,22	0,53	**0,56**	**-0,90**	**-0,90**	**1**		
N	**-0,63**	0,47	0,08	**0,63**	-0,29	0,05	-0,14	**0,97**	**0,97**	**-0,40**	**0,96**	**0,68**	-0,26	-0,26	**0,50**	**1**	
MG	0,22	0,16	-0,21	-0,13	0,15	-0,06	0,05	0,09	0,09	0,09	0,06	-0,00	-0,25	-0,28	0,23	0,1	**1**

Ca =Calcium, Na=Sodium, MO=Matière organique, N= Azote, Mg=Magnésium, K=Potassium, CEC=Capacité d'échange cationique, M.O =Matière organique, C/N = rapport carbone/azote, P ass = phosphore assimilable, S = sable, A = argile, L = limon, C =Carbone TS=Taux de saturation, CE=la conductivité électrique. En gras, valeurs significatives au seuil alpha=0,050 (test bilatéral), coefficient de corrélation R=0,80.

Le test de sphéricité de Bartlett indique que la matrice de corrélation diffère significativement de la matrice identité ($p < 0,01$). La teneur en sable est positivement corrélée au calcium, au carbone et à la matière organique (Tableau 4).

ISSN: 1857-7881 (Print)
e-ISSN 1857-7431 (Online)

Analyse comparative des composantes principales des sols des bas-fonds

La Figure 3 présente la carte factorielle de l'ACP réalisée sur les variables physico-chimiques des sols des bas-fonds de la région de Tahoua.

ANALYSE FACTORIELLE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

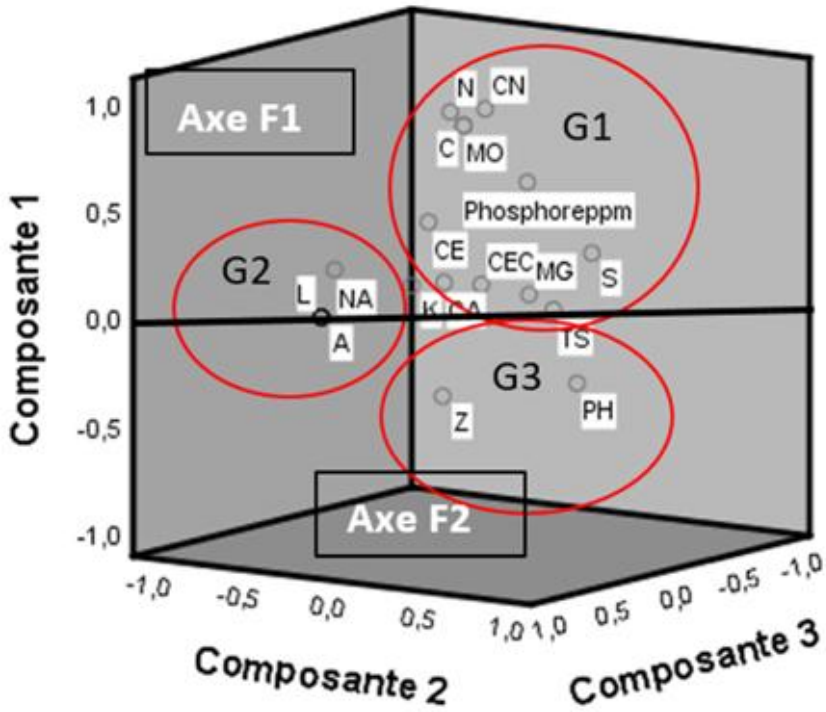

Figure 3 : Analyse des composantes principales des variables physico-chimiques et des indicateurs de la fertilité des sols

La projection des variables sur le plan factoriel F1–F2 fait apparaître trois groupes. Le groupe G1 (Na, MO, C et C/N), positivement corrélé à l'axe F1 et associé à la fraction sableuse (S), traduit la prédominance du sable dans la zone d'étude. Le groupe G3, constitué de l'azote et du pH, se situe également du côté positif de cet axe. Le groupe G2 (K et P assimilable), négativement corrélé à l'axe F1, est associé aux fractions argileuse (A) et limoneuse (L). Les sols plus riches en argile et en limon apparaissent ainsi associés aux teneurs en K et en P assimilable, par opposition aux sols plus sableux, davantage associés au carbone et à la matière organique.

Discussion

La discussion porte sur les caractéristiques physico-chimiques des sols des bas-fonds de la région de Tahoua. Avant semis comme après récolte, les résultats montrent une prédominance de sols limono-argilo-sableux, généralement favorables à la culture du riz. Les sols de Tarka et de Rima (Maggia) présentent cette texture aux deux périodes, tandis que ceux du Dallol

ISSN: 1857-7881 (Print)
e-ISSN 1857-7431 (Online)

Maouri sont limoneux dans l'horizon [0-10] cm et limono-sableux dans l'horizon [10-30] cm. Les fortes teneurs en sable, estimées en moyenne à 58,09 % à Tarka et à 53,00 % au Dallol Maouri, pourraient s'expliquer par les apports liés à l'érosion hydrique dans les bassins versants des bas-fonds. Dasylva et al. (2019) ont également observé une prédominance de sols limono-argilo-sableux dans des vallées agricoles, avec des teneurs en sable proches de 50 %. Ces résultats concordent avec ceux de Dan Lamso et al. (2015) et de Seydou et al. (2022). Dans ces conditions, un bon rendement en riz paddy pourrait être obtenu si des apports de matière organique contribuent à améliorer la structure et la capacité de rétention en eau des sols.

Le pH joue un rôle clé dans la chimie du sol, car il conditionne la disponibilité des nutriments et l'activité des micro-organismes (Doucet, 2006 ; Borah et al., 2010). Dans la présente étude, le pH varie peu entre les deux horizons et entre les deux périodes ; il est neutre à légèrement alcalin et convient à la culture du riz. Ces résultats sont conformes à ceux de Sido *et al.* (2018), qui ont observé un pH basique dans les horizons de surface.

Les teneurs moyennes en carbone organique (0,74 à 0,93 % selon les bas-fonds) sont faibles à moyennes. Elles pourraient refléter les restitutions de résidus de culture et les apports organiques dans ces bas-fonds. La matière organique contribue à la fois à l'alimentation des plantes, en libérant des éléments minéraux, et au stockage de ces éléments ; elle limite ainsi leur lessivage, d'autant que la capacité d'adsorption des colloïdes minéraux de ces sols à dominante sableuse est faible. Les bas-fonds de Rima (Maggia) et du Dallol Maouri, les plus riches en carbone, présentent toutefois des pH légèrement plus bas que ceux de Tarka, ce qui est cohérent avec la corrélation négative observée entre le carbone et le pH ($r = -0,67$; Tableau 4). Le taux de saturation en bases reste néanmoins élevé dans l'ensemble des bas-fonds (95,32 % en moyenne). Contrairement aux observations de Touhtouh et al. (2014), selon lesquelles la teneur en matière organique diminue avec la profondeur, la teneur en carbone augmente avec la profondeur à Tarka.

Les sols étudiés sont très pauvres en azote total et en phosphore assimilable dans l'ensemble des bas-fonds. Les faibles teneurs en phosphore suggèrent que cet élément constitue l'un des principaux facteurs limitants de la fertilité de ces sols. Le phosphore joue en effet un rôle essentiel dans le développement racinaire, le tallage et la formation des panicules chez le riz ; sa faible disponibilité pourrait donc limiter la croissance et le rendement des variétés cultivées. Dasylva et al. (2019) ont également rapporté des sols très pauvres en phosphore, malgré des rapports C/N supérieurs à 12.

Par ailleurs, la teneur en azote est étroitement liée à celle du carbone organique ($r = 0,97$; Tableau 4), ce qui indique que l'azote du sol dépend largement de sa richesse en matière organique. La pauvreté des sols en azote et en phosphore pourrait s'expliquer par les exportations successives de ces

ISSN: 1857-7881 (Print)
e-ISSN 1857-7431 (Online)

éléments par les cultures, en l'absence de restitutions suffisantes. Le phosphore intervient notamment dans la division cellulaire, la photosynthèse, la respiration et la croissance du système racinaire.

La CEC est faible à Tarka (11,72 à 12,24 meq/100 g) et moyenne à élevée à Rima (Maggia) et au Dallol Maouri (16,90 à 26,80 meq/100 g). Le taux de saturation en bases est élevé (90,47 à 97,46 % selon les échantillons), ce qui indique que le complexe adsorbant est bien pourvu en cations basiques. L'équilibre entre K et Mg mérite une attention particulière : un rapport K/Mg trop élevé dans un sol léger peut provoquer une carence en magnésium et réduire les rendements, tandis qu'en sol argileux, un rapport trop faible ralentit l'absorption du potassium (Giroux et Audesse, 2004 ; Pypers *et al.*, 2011). Or, les rapports K/Mg calculés dans la présente étude sont très faibles (environ 0,001 à 0,01), en raison des très faibles teneurs en K, ce qui pourrait limiter l'absorption du potassium par le riz. L'ACP met en évidence l'importance de plusieurs indicateurs de fertilité : pH, matière organique, carbone organique, azote, potassium, argile, somme des cations et CEC. La teneur en argile est négativement corrélée au potassium (r = -0,55) et faiblement au phosphore assimilable (r = -0,26), tandis que la CEC n'est que faiblement corrélée au pH (r = -0,28), au Na (r = -0,06) et au K (r = -0,13) (Tableau 4). Sur l'axe F1, l'azote total, le rapport C/N, le carbone organique et la matière organique sont fortement associés, ce qui souligne le rôle de la matière organique dans la structure du sol, la rétention en eau et la fertilité chimique. Des travaux menés dans la rizière de Saga (fleuve Niger) ont montré des sols riches en matière organique et à potentiel de fertilité élevé (Seydou et al., 2022) ; dans les régions de Tillabéri et de Niamey, Ibrahim et al. (2025) ont rapporté que les performances des variétés de riz étaient liées aux caractéristiques chimiques du sol.

Les teneurs plus élevées en argile à Tarka suggèrent une meilleure capacité de rétention en eau, tandis que les sols plus légers du Dallol Maouri sont plus favorables à l'infiltration, ce qui pourrait influencer la croissance et le comportement des variétés. Selon les travaux menés dans la vallée du fleuve Niger, les sols dont le pH est proche de la neutralité offrent de meilleures conditions pour l'absorption des nutriments et l'activité biologique. Le test de Kruskal-Wallis n'a révélé aucune différence significative entre les sites pour l'ensemble des paramètres étudiés ; toutefois, compte tenu du faible nombre d'échantillons (quatre par bas-fond), ce résultat ne permet pas de conclure à une homogénéité pédologique, d'autant que des différences de texture et de fertilité chimique sont apparentes. Ces résultats rejoignent ceux d'autres travaux ayant mis en évidence des corrélations entre indicateurs de fertilité et paramètres physico-chimiques des sols (Ballot et al., 2016 ; Nijimbere et al., 2020). Enfin, cette étude présente certaines limites : le nombre réduit d'échantillons composites, une seule campagne d'observation et l'absence de

ISSN: 1857-7881 (Print)
e-ISSN 1857-7431 (Online)

mesures directes des propriétés hydriques invitent à interpréter ces résultats avec prudence.

Conclusion

Au terme de cette étude, les sols des bas-fonds étudiés présentent, avant semis comme après récolte, une texture majoritairement limono-argilo-sableuse et un pH neutre à légèrement alcalin, favorable à la culture du riz. Ils offrent ainsi de bonnes potentialités agronomiques pour la riziculture de bas-fonds. Leurs teneurs en matière organique sont toutefois faibles à moyennes, et ils sont très pauvres en azote, en phosphore et en potassium, ce qui impose une fertilisation adaptée lors de la culture du riz dans les bas-fonds de la région de Tahoua.

Une meilleure maîtrise de l'eau en période de sécheresse, l'aménagement des bas-fonds, une utilisation raisonnée des fertilisants en fonction des propriétés des sols et la culture de variétés adaptées permettraient d'accroître sensiblement la production rizicole. La texture relativement équilibrée de l'horizon de surface suggère par ailleurs une capacité de rétention en eau favorable, qui reste à confirmer par des mesures directes.

Les carences en éléments majeurs observées peuvent être corrigées par une fertilisation adéquate en azote (N), en phosphore (P) et en potassium (K), indispensable pour atteindre le rendement potentiel du riz. Au vu de ces résultats, des études approfondies sur le couvert végétal et les champignons mycorhiziens arbusculaires sont nécessaires sur les sites étudiés, afin d'évaluer notamment leur contribution à la nutrition phosphatée du riz.

Remerciements

Nos sincères remerciements à l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN), au Centre Régional de Recherche Agronomique de Niamey (CERRA), à l'école doctorale des sciences de la vie et de la terre et à la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Abdou Moumouni de Niamey.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

ISSN: 1857-7881 (Print)
e-ISSN 1857-7431 (Online)

References:

1. Amir Sido Yacouba, Guero Yadji, Mella Mamane Tchicama et Nourou Abdourahamane Issa. (2018). Caractérisation des sols de Guillé Koira et Lassourou dans les communes rurales d'Imanan et Tondikandia au Niger pour une meilleure culture de riz autour des mares. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*(6099-IJBCS).
2. C. S. A. Ballot, G. Mawussi,W. Atakpama,M. Moita -Nassy, T. M. Yangakola ,I. Zinga1, Silla S., Kpérkouma W., G. Dercon, Komlan B. et Koffi A. (2016). Caractérisation physico-chimique des sols en vue de l'amélioration de la productivité du manioc (Manihot esculenta Crantz). *ajol-file-journals*.
3. D. Touhtouh, E.M. Elfaleh, Y. Moujahid. (2014). Caractérisations physico-chimiques et minéralogiques des sols du Saïs, Maroc. *J. Mater. Environ. Sci., 028-2508*(5).
4. Dan Lamso Nomaou, G. Y.-B. (2015). VARIATIONS TEXTURALES ET CHIMIQUES AUTOUR DES TOUFFES D'Hyphaene thebaica (MART) DES SOLS DANS LA REGION DE MARADI (NIGER). *Algerian journal of arid environment* (Vol. 5, n° 1), 47-48.
5. FAO. (2015). *Base de référence mondiale pour les ressources en sols 2014.*
6. Ibrahim, A., Sido, Y.A., Issa, Z.M. & Dan Lamso, N. (2025). Characterization and rational fertilization of soils with rice varieties cultivated in the regions of Tillabéri and Niamey in Niger. *International Journal of Innovation and Applied Studies*.
7. l'alimentationetl'agriculture, l. N. (1975). *Unesco-Paris-Cartemondiale.*
8. Maurice Dasylva, Ngor Ndour, Mamadou Abdoul Ader Diédhiou, Bienvenu Sambou. (2019, Mai). Caractérisation Physico-Chimique des Sols des Vallées Agricoles de la Commune. *Vol.15*(No.15).
9. N'guessan Kouamé Antoine, Diarrassouba Nafan, Kone Brahima, Alui Konan. (2015). Caractérisation morpho-pédologique et contraintes au. *Journal of Animal &Plant Sciences*, 15.
10. Osujieke, D.N., Tanimu, J., Osibe, K. O. and Angyu, M. D. (2018). Characterization and Erodibility Evaluation of Soils of Wukari Metropolis Northeast Nigeria. *Nigerian journal of soil science*, 8.
11. S.N. Obasi, C.C. Obasi, A.P. Okorie, D.N. Osujieke, P.E. Imadojemu. (2021). Pedological Properties and Classification of Soils Underlain by Asu River Group Parent Materials in Ohaozara, Southeastern Nigeria. *Bulgarian Journal of Soil Science, Volume 6*(Issue 2), 33-34.
12. Saley, A. K. (2019). Évaluation des ressources en eau de l'aquifère du Continental. *HAL Id: tel-02089629*, 296.

ISSN: 1857-7881 (Print)
e-ISSN 1857-7431 (Online)

13. Séverin Nijimbere, Salvator Kaboneka, Soter Ndihokubwayo, Willy Irakoze et Jonas Ndikumana. (2020). Caractérisation physico-chimique des sols d'une d'une exploitation agricole du Mumirwa en commune Rumonge (Burundi). *Revue de l'Université du Burundi*, 34-44.
14. Seydou Tahirou, Patrice Zerbo, Sadia Ouattara et Maman Nassirou Ado. (2022). Caractérisation des paramètres physico-chimiques du sol de la zone rizicole de. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*(9041-IJBCS).
15. Seydou Tahirou, Patrice Zerbo, Sadia Ouattara, Yacouba Sanou. (2022). Caractérisation des paramètres physico-chimiques du sol de la zone rizicole. *ajol.info*, 13.
16. Sido et al.,. (2018). Caractérisation des sols de Guillé Koira et Lassourou dans les communes. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 12.