



### RESEARCH ARTICLE

## TYOLOGIE ET CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUES DES PRINCIPAUX SOLS DES OASIS DU KAWAR (NORD-EST DU NIGER)

### TYOLOGY AND PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERIZATION OF THE MAIN SOILS OF THE KAWAR OASIS (NORTH-EASTERN NIGER)

Malam Moussa Dagrama, Aboubacar Moustapha Moustapha, Adamou Didier Tidjani and Ambouta Karimou Jean Marie

Département de Sciences du Sol, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni BP : 10960 Niamey-Niger.

#### Manuscript Info

##### Manuscript History

Received: 18 January 2025

Final Accepted: 21 February 2025

Published: March 2025

##### Key words:-

Oasis System, Typology, Physicochemical Characterization of Soils, Cultural Capabilities and Kawar

#### Abstract

The Kawar Oasis system constitutes a unique ecosystem located between the Ténéré erg and the Bilma erg. The oases mainly occupied by date palms are spread out to the east, along the sandstone cliff, of Tertiary age. They support the economic activities of local populations such as agriculture and artisanal salt exploitation. The aim of the present study is on the one hand to categorize these oases and on the other hand to characterize these soils for better cultural suitability. Twelve villages distributed in the communes of Dirkou, Bilma, Fachi and Djado served as study areas. Focus group surveys made it possible to collect data related to the typology, characterization and agricultural suitability of the soils. The results obtained show that these oases are classified into three categories, namely Spring Water Oases (OES), Relic Fossil Lake Oases (ORLF) and Outcropping and Brackish Water Oases (OEAS). As for the results of the physico-chemical characterization show that the textures of the soils are sandy to sandy-loamy. The pH ranges from alkaline to extremely alkaline, the electrical conductivity is from non-saline to extremely saline. The organic matter content is low to very high. The development of these sites requires the use of crops more tolerant to salinity other than date palms. This study can serve as a basis for decision-makers and operators to have ideas on the vocations of each type of Oasis. It will also enable their cultivation skills to boost agrosylvopastoral production.

"© 2025 by the Author(s). Published by IJAR under CC BY 4.0. Unrestricted use allowed with credit to the author."

#### Introduction:-

Les changements climatiques et la forte croissance démographique que connaît le monde depuis le début du XX<sup>ème</sup> siècle obligent l'humanité à mieux gérer les ressources naturelles en général et celles du sol en particulier. A l'image des sols oasiens, le Niger dispose des potentialités en terres qui peuvent permettre d'améliorer la situation agricole et tendre vers l'autosuffisance alimentaire [1]. Le terme Oasis est définie comme une association d'agglomération humaine et d'une zone cultivée (souvent une palmeraie) en milieu désertique [2]. Les ressources de ces milieux sont

**Corresponding Author:- Malam Moussa Dagrama**

Address:- Département de Sciences du Sol, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni BP : 10960 Niamey-Niger.

peu exploitées et leur mode d'exploitation est quasi artisanal et cela malgré la bonne qualité des sols et la disponibilité en eau. Les contraintes majeures de ces Oasis demeurent la dégradation des sols dues principalement à l'ensablement, à l'alcalinisation et la salinisation. L'essentiel des travaux en lien avec le sol concernant les systèmes oasiens du Niger se sont déroulés dans les cuvettes oasiennes du Sud-Est du Niger et un peu dans les Oasis de l'Air dans des zones relativement humides où la pression démographique est relativement importante. Les travaux de PLECO [3], COGERAT [4] en sont des exemples parfaites. Les rares documents relatant l'état des sols oasiens du Kawar [5] ne donnent pas assez de détail pour servir d'outil d'aide à la décision. La dynamique de ces ressources a dû aussi être impactée par le changement climatique. Cette étude est conduite pour pallier au manque des données dans ce domaine. Elle a pour but de catégoriser ces oasis et de caractériser les sols pour une meilleure appréciation de l'aptitude culturale des sols. Les objectifs se déclinent comme suit : de : (i) classer les Oasis du Kawar ; (ii) caractériser les compositions physico-chimiques des sols en fonction des types d'Oasis et (iii) dégager les aptitudes culturales des sols des oasis du Kawar.

## Materiel Et Methodes:-

### La zone d'étude

Situé à l'extrême Nord-Est du pays, le département de Bilma est limité au Nord par l'Algérie et la Libye, au Sud par les départements de Tesker et de N'Gourti, à l'Est par la République du Tchad et à l'Ouest par les départements de Tchirozérine, Iférouane et d'Aderbissinat. Compris, entre  $18^{\circ}$  et  $23^{\circ}25''$  de latitude Nord et  $11^{\circ}$  et  $16^{\circ}$  de longitude Est, ce département couvre une superficie de  $278880 \text{ km}^2$ . Les Oasis s'étendent principalement sur  $89146 \text{ km}^2$  et sont alimentées par les nappes d'eau fossiles et très peu rechargées par des précipitations [6]. La figure 1 montre la localisation des Oasis du Kawar dans le département de Bilma.

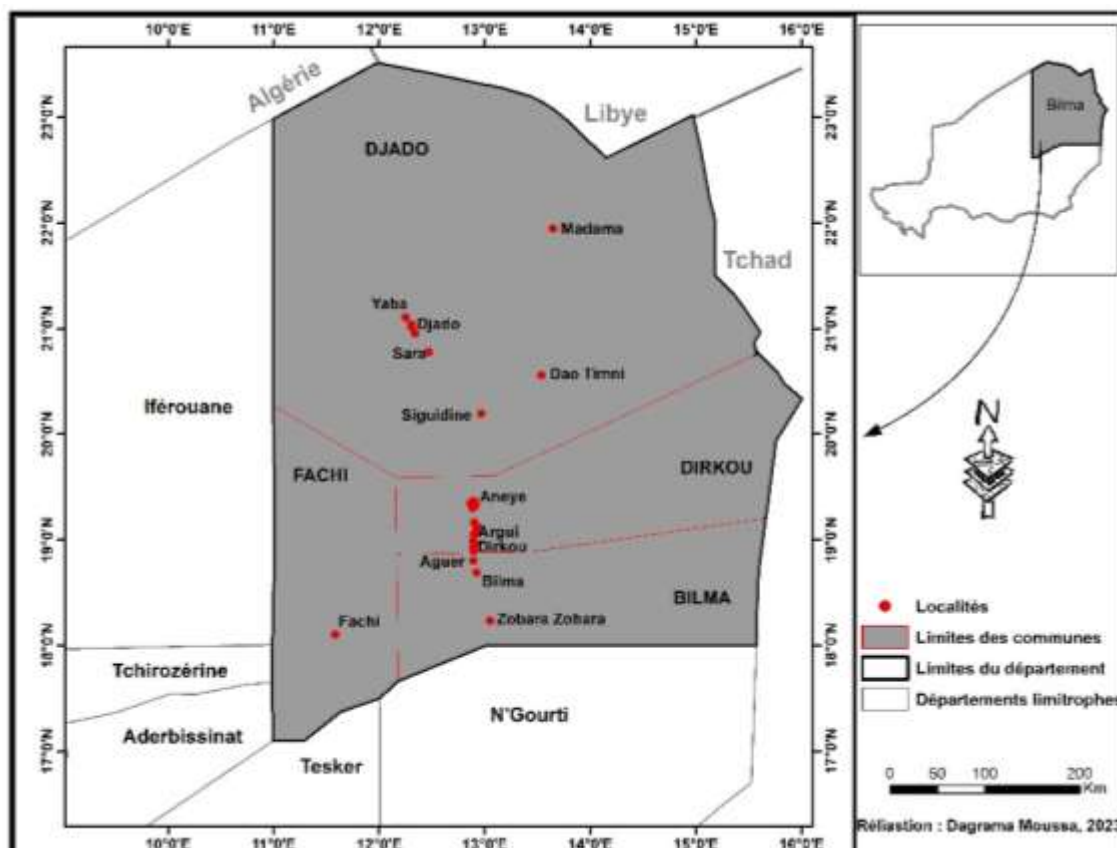


Figure 1:- Localisation des Oasis du Kawar objet de la caractérisation du sol.

### Echantillonnage et analyses des sols

Compte tenu de l'hétérogénéité des sols des oasis du Kawar et pour un échantillonnage représentatif au sein de chaque oasis et sur chaque unité, par ce que ces sols sont organisés en unité présentant des caractéristiques physicochimiques différentes. Les échantillons sont prélevés à l'aide de la tarière. Les caractéristiques physiques des

sols ont été déterminées in situ : la texture a été déterminée par la méthode du toucher, la structure est déterminée de visu sur une motte de terre. Quant aux couleurs des échantillons, elles sont déterminées à l'aide du code Munsell. Le carbone organique a été déterminé suivant la méthode décrite par Walkley et Black. La teneur en matière organique a été obtenue en multipliant le carbone organique par le facteur Sprengel qui est 1,724 pour les sols sous végétation naturelle. Le pH<sub>eau</sub> est mesuré pour une solution sol/eau dans un rapport 1/2,5 (1g de sol sur 2,5ml d'eau) avec un pH-mètre muni d'une électrode en verre. La conductivité électrique a été mesurée pour une solution sol/eau dans un rapport 1/5 avec un conductimètre. Le guide d'interprétation des sols de FAO de 1992 a été utilisé pour interpréter les résultats obtenus.

### Enquêtes socioéconomiques et agro-écologiques

Une enquête a été réalisée à travers un focus group composé des hommes et des femmes dans ces Oasis pour s'enquérir des différents types de dégradation environnementale auxquelles le potentiel en terre est confronté. Les entretiens ont porté sur la salinisation et l'ensablement des sols, la baisse de la fertilité des sols et les terreaux fertilisants utilisés dans la zone d'étude. Aussi, plusieurs rencontres avec les services techniques départementaux ont été tenues pour compléter les informations.

### Resultats-Discussion:-

#### Typologie des Oasis du Kawar

##### Oasis à eau des sources (OAS) non salée

Ces Oasis sont situées au tour des sources d'eau permanente et parfois artésienne et elles sont localisées généralement non loin des agglomérations. C'est le secteur le plus actif où le maraîchage associé aux palmiers dattiers denses est bien pratiqué. Les plus importantes sont celles situées aux alentours des villages de Bilma et de Fachi. Le niveau de la nappe est affleurant à subaffleurant. Les arbres dominants sont ; le Phoenix dactylifera, des Prosopis juliflora, des arbres fruitiers tels que les citronniers, les manguiers, les goyaviers, les bananiers...

La végétation herbacée, très dense dans les zones inexploitées, est composée de *Cyperus laevigatus* L, *Silene villosa* Forssk, et *Cynodon dactylon* (L.) Pers. Ces flores adventices sont arrachées pour donner aux animaux. On trouve sur la partie exploitée les cultures commelalaitue verte, le chou, la tomate, l'aubergine, la pastèque, le melon, le moringa, le piment, l'oseille, l'oignon, le pois d'angole, la carotte, la menthe en polyculture. Dans ce type d'Oasis, ils existent des petits jardins où l'irrigation se fait autour des points d'eau. Certaines oasis ont une vocation agropastorale notamment celle d'Aboubou à Bilma où les tapis herbacés sont très denses. Sur leur front dunaire, ils existent des palmeraies dispersées et d'autres ligneux de tout âge tels qu'*Acacia raddiana*, *Acacia nilotica*, *Hyphaene thebaica* et *Tamarix aphylla*.

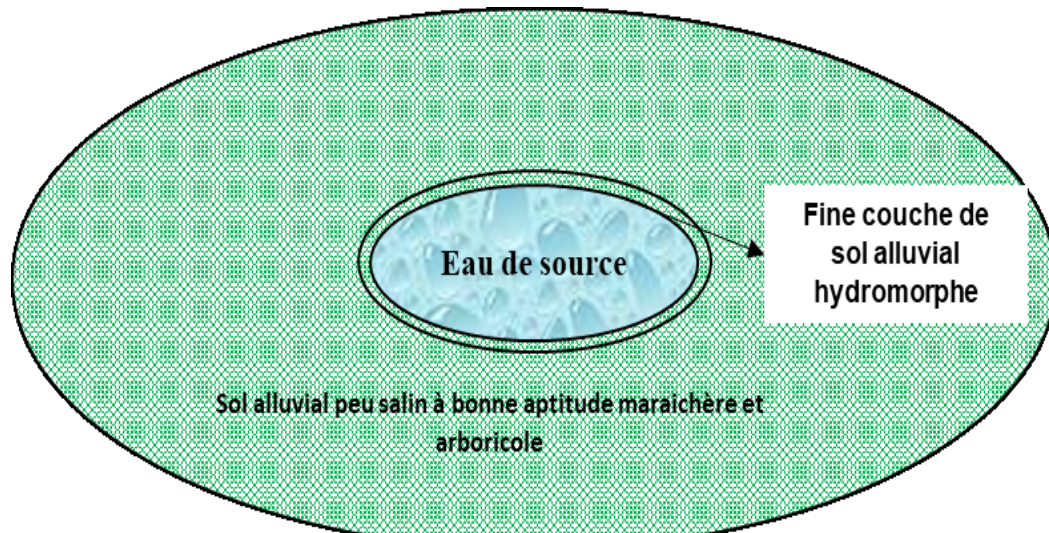
Le sol et la végétation de ces Oasis sont agencés autour du point d'eau en deux couronnes de l'intérieur vers l'extérieur :

- ✓ une première auréole dite auréole externe, boisée (palmeraie dense), sur un sol alluvial est associée le plus souvent au maraîchage. La nappe est affleurante.
- ✓ une deuxième auréole dite auréole interne sur un sol alluvial hydromorphe. Son épaisseur est très faible. La palmeraie est dense et dominée essentiellement par des palmiers dattiers en état asphyxie du fait de l'excès d'eau et des touffes. Les herbacés dominants sont *Cyperus laevigatus*, *Silene villosa*, et *Cynodon dactylon*. La nappe est subaffleurante.

Les figures 2 et 3 illustrent respectivement une vue d'une Oasis à Eau de Source (OES) à Bilma et une organisation en auréoles de ce type d'Oasis.



**Figure 2:-** Vue de l'Oasis à Eau des Sources d'Aboubou de Bilma : (a) :Auréole externe (Sol alluvial) (b) :Auréole interne (Sol hydromorphe, (c) :Eau de source.



**Figure 3:-** Organisation en auréole des Oasis à Eau des Sources (OES).

### **Oasis à Eau Saumâtre (OEAS)**

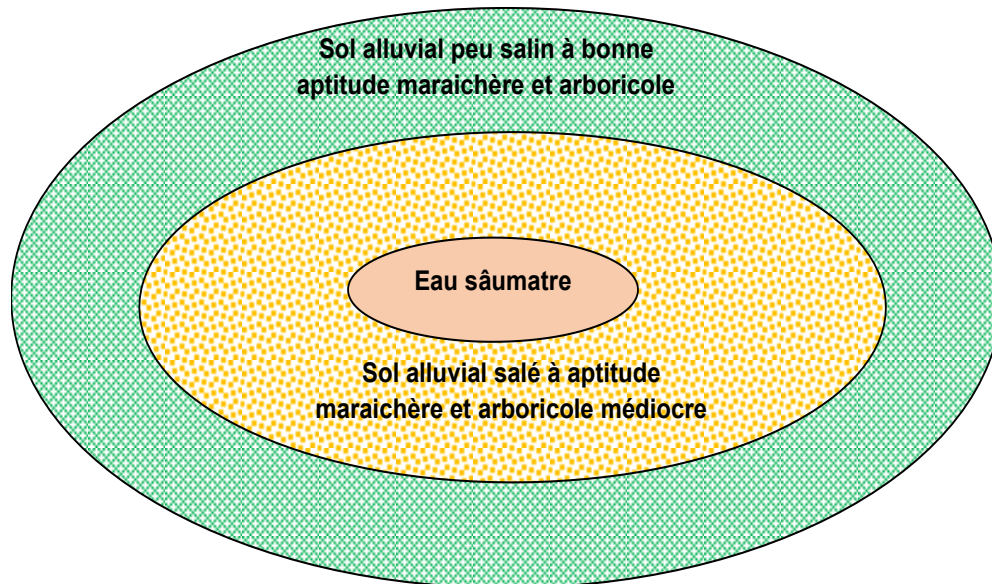
Ces Oasis sont situées autour des mares salifères ou natronières. Il s'agit des Oasis d'Argui, Achounouma dans la commune de Dirkou et Djado dans la commune de Djado. Elles ont pour vocation l'exploitation artisanale du natron, des dattes et le maraîchage. Les végétations dominantes juste autour des mares saumâtres dominées par :Phragmites australis, Juncus maritimus, Tamaris canariensis et Cyperus laevigatus. Il existe aussi des palmiers dattiers denses de

tout âge ceinturant les mares. Le niveau de la nappe est subaffleurate à peu profond. Dans ces Oasis, autour des points d'eau s'organisent les auréoles de sols occupées par une végétation spécifique de l'extérieur vers l'intérieur. Ainsi :

- ✓ Une première auréole dite externe où il est pratiqué le maraîchage. Le sol est du type alluvial ensablé. Les palmiers dattiers sont denses à dispersés souvent associés à d'autres ligneux. Les niveaux des nappes sont affleurants à peu profonds.
- ✓ La deuxième auréole dite interne ceinturant l'eau salifère ou natronière. Le sol est du type alluvial à alluvial encrouté salé. Les palmeraies sont très dispersées. Le niveau de la nappe est affleurant à subaffleurant. La structure de ces Oasis est en similitude avec celle des cuvettes oasiennes à eau affleurante du Sud-Est Niger[3], [7]. Les figures 4 et 5 illustrent respectivement une vue de l'Oasis à eau saumâtre d'Achounouma et l'organisation auréolaire de ce type d'Oasis.



**Figure 4:-** Vue de l'Oasis à Eau Saumâtres d'Argui :(a) :Auréole externe (b) : Auréole interne, (c) : Eau saumâtre.



**Figure 5:-** Organisation en auréole des Oasis à Eau Affleurantes et Saumâtre (OEAS)

#### **Oasis Reliques des Lacs Fossiles (ORLF)**

Ce sont des Oasis formées autour des points d'eaux fossiles. La particularité de ces Oasis c'est l'exploitation artisanale des sels là où les nappes salifères ne sont pas profondes. On les retrouve un peu partout notamment à Bilma, Fachi, Aguer (Nord -Ouest de Bilma), Dirkou village (garin kawa), Beza, Chimindour, Aneye, Emitchouma et Lataye, Chirfa et Siguidine. Les ligneux dominants dans ces Oasis sont : Phoenix dactylifera, Hyphaene thebaica, Acacia raddiana et Acacia nilotica. Les Acacias sont relativement nombreux dans ces Oasis surtout dans celles de la commune de Dirkou et au Nord de la commune de Bilma. Ils poussent en majorité dans les jardins abandonnés. Ils sont utilisés comme bois de chauffe et de construction de maisons. Certaines Oasis ont pour vocation agropastorale et l'exploitation artisanale de sels. Elles sont organisées à deux niveaux de l'extérieur vers l'intérieur, qui sont :

- ✓ une première auréole dite externe, où le sol est alluvial ensablé. Les palmeraies sont dispersées, rarement denses. C'est aussi le secteur où le maraîchage est bien pratiqué. Les niveaux des nappes sont affleurants à profondes. Les arbres dominants sont : Le palmier dattier, le palmier doum, Acacia raddiana et Acacia nilotica ;
- ✓ une deuxième auréole dite interne ; elle est caractérisée par la présence ou non des dépôts de sels exploités ou pas, selon l'Oasis. Le sol est alluvial à alluvial encrouté salé. Le niveau de la nappe est affleurant à subaffleurant. Les palmiers dattiers sont rares ou en touffe du fait de la salinité très élevée du sol de ces secteurs. Les figures 6 et 7 illustrent respectivement une vue de l'Oasis relique des lacs fossiles de Siguidine et l'organisation auréolaire de ce type d'Oasis.



Figure 6:- Vue de l'Oasis Relique de Lac Fossile de Siguidine : (a) : Auréole externe (Sol alluvial ensablé, (b) : Auréole interne (Sol alluvial encrouté salé), (c) :Eau salifère.

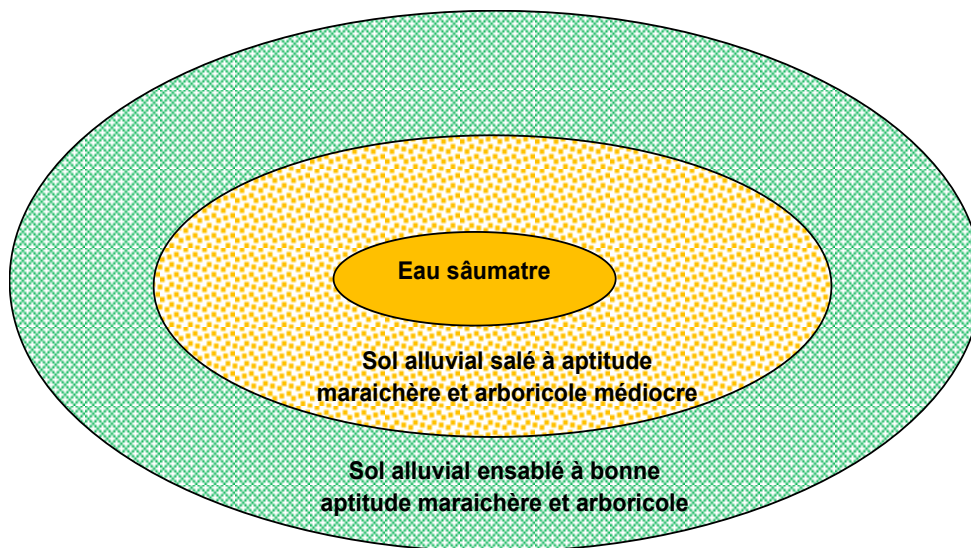


Figure7:- Organisation auréolaire des Oasis Relique des Lacs Fossiles (ORLF)

## **Caractérisation des sols des Oasis du Kawar**

### **Caractéristique physique**

La description in situ des sols prélevés du système oasien du Kawar montre une diversité de textures. Dans les Oasis à Eau des Sources (OES), la texture est limono-sableuse et dans les reliques des lacs fossiles, et les Oasis à eau affleurantes et saumâtres, elle est sablo-limoneuse à sableuse.

### **Caractéristique chimique**

Le Tableau 1 présente le pH (1/2,5), les teneurs en matière organique, la conductivité électrique (1/5) et la texture au niveau des sols des trois types d'Oasis du Kawar. L'analyse des données fait ressortir une variation du pH en fonction du type d'Oasis. Ces valeurs de pH sont des types alcalins à très alcalin et varient de 8,63 à 9,01 au niveau des Oasis à Eau des Sources « OES ». Des valeurs de pH de la neutralité à alcalin (7,00 à 8,29) pour les Oasis Relique des Lacs Fossiles (ORLF) et pour Oasis à Eau Saumâtre (OEAS), il est très alcalin et varie de 9,52 à 9,65.

Les concentrations en carbone de l'ensemble des sols des Oasis du Kawar varient en fonction de la profondeur. Dans les OES, ces teneurs sont faibles à très élevées et varient entre 1,41 % et 5,38 % dans les horizons superficiels. Au niveau des ORLF et OEAS, ces teneurs sont faibles à moyennes et fluctuent dans les horizons de subsurfaces et en profondeur.

Les teneurs en sels sont variables et très élevées à certains endroits dans toutes les Oasis. Les plus fortes valeurs de conductivité électrique ont été observées dans le ORLF et OEAS. Dans les OES, la conductivité varie de non salin à moyennement salin.

## **Discussion:-**

### **Caractéristiques physiques des sols**

Les sols des Oasis à Eau des Sources du Kawar ont des textures fines (limoneuses à limono-sableuses) par rapport aux sols des deux autres types d'Oasis (ORLF et OEAS) en surface. Ces sols dits à textures fines [8], sont moins filtrants et lourds et présentent une susceptibilité à l'engorgement faisant d'eux des sols à hydromorphie temporaire en particulier dans les zones où la nappe est subaffleurante.

Dans les sols les ORLF, OEAS et sur les parties dunaires du Kawar, les textures sont classées dans la gamme des sols à texture grossière. La forte présence de sable dans ces différents horizons leur confère un caractère filtrant et léger, une faible capacité de rétention d'eau et une forte susceptibilité à l'érosion éolienne [9], [10], [11]. Une relation similaire a été trouvée dans une étude sur les sols oasiens de Métouia en Tunisie par [12]. Par contre, [3] et [13] ont parvenu à trouver des textures des sols plus fines par rapport aux sols des oasis du Kawar Nord-est du Niger respectivement dans les cuvettes et bas-fonds de Mainé-Soroa, et dans les Oasis de l'Air au Nord du Niger à des textures des sols plus fines par rapport aux sols des Oasis du Kawar.

### **Caractéristiques chimiques des sols**

Le pH du sol est un élément très important dans l'appréciation de la qualité et de l'aptitude d'un sol en ce sens, qu'il gouverne l'activité des micro-organismes telluriques et la nutrition des plantes [14]. L'alcalinité des sols des Oasis du Kawar varie selon que, le sol est dans les Oasis à Eau des Sources, les Oasis Relique des Lacs Fossiles et les Oasis à Eau Affleurantes Saumâtre. Les sols des Oasis à Eau Affleurantes et Saumâtre (OEAS) et l'auréole externe des Oasis à Eau des Sources présentent des valeurs de pH plus élevées pouvant être qualifiées d'alcalins à très alcalins selon les normes de la FAO [8]. Pour l'ensemble des autres types d'Oasis, les valeurs de pH sont restées inférieures à celles mesurées au niveau des Oasis à Eau Affleurante et Saumâtre et dans les Oasis à Eau des Sources. Des valeurs proches de la neutralité ont été trouvées dans le secteur de Fachi. Les valeurs du pH des Oasis du Kawar sont beaucoup plus élevées que celles trouvées par [15], [16] dans la partie Sud-Est du Niger. Dans les secteurs où les pH sont élevés à très élevés, il semble que l'état de la couverture végétale ait influencé le pH, en ce sens que les valeurs de pH sont supérieures à celles des autres types d'Oasis. En effet, la couverture végétale permet une amélioration de la fertilité du sol à travers l'incorporation de la matière organique morte. Le pH peut être positivement corrélé aux paramètres physico-chimiques de la fertilité en occurrence le carbone organique total ainsi que les éléments fins (argiles + limons fins) dans ces sols. Une relation similaire a été trouvée dans une étude sur les sols agricoles au Maroc par [14]. Par contre [17], [18] ont parvenus à des pH beaucoup plus acides dans les cuvettes oasiennes du Sud-Est et dans la vallée de l'Irhazer au Nord Niger.

**Tableau 1:-** Caractéristiques chimiques des sols des trois types d'Oasis du Kawar.

Type d'Oasis	Type de sol	Prof Cm)	PH eau (1/2,5)	MO %	CE (1/5) mS/Cm	Texture
<b>Oasis à Eau des Sources</b>	Sols hydromorphes l'aurole interne F0	0-15	8,63	5,38	1,028	Limono-sableuse
		15-80	7,16	6,11	0,328	Sableuse
	Sols alluviaux alcalins de l'aurole externe F1	0-50	9,01	2,89	0,092	Limono-sableuse
		50-90	8,29	1,27	0,048	Sableuse
	Sols alluviaux alcalins de l'aurole externe F2	0-80	8,6	2,27	224	Limono-sableuse
		80-120	8,38	1,94	89	Sablo-limoneuse
	Sols alluviaux alcalins de l'aurole externe F3	0-50	8,19	1,40	1348	Sablo-limoneuse
		50-100	8,01	0,92	2051	Sableuse
		100-120	8,19	0,90	2200	Sableuse
	<b>Oasis Reliques des Lacs Fossiles</b>	Sols alluviaux salés de l'aurole interne F0	0-20	8,24	8,27	75,3
20-30			8,1	1,25	45,9	Sableuse
30-60			8,02	1,65	0,572	Sablo-limoneux
60 +			8,29	1,35	0,858	Sableuse
Sols alluviaux salés de l'aurole externe F1		0-50	7,86	0,97	1,583	Sableuse
		50-80	7,8	1,24	3,27	Sablo-limoneuse
		80-115	7,89	1,83	1,485	Sablo-limoneuse
Sols alluviaux de l'aurole interne F2		115-150 +	7,76	3,48	2,088	Sablo-limono-argileuse
		0-45	8,03	0,57	235	Sablo-limoneuse
		45-80	8,1	0,83	497	Sablo-limoneuse
		80-130	7,89	1,47	1516	Limoneuse
Sols alluviaux de l'aurole interne F3		130-200	8,04	1,61	2551	Limoneuse
		0-20	7	0,43	1222	Sableuse
		20-45	7,88	0,71	3300	Limono-sableuse
<b>Oasis à Eau Affleurante et Saumâtre</b>		Sols alluviaux alcalins et salés de l'aurole interne F0	45-70+	7,69	1,14	1875
	0-30		9,65	1,52	77,9	Limono-sableuse
	30-90		9,31	1,12	1,3	Sableuse
	Sols alluviaux alcalins de l'aurole externe F1	0-35	9,52	0,41	0,2884	Sableuse
		35-70	9,27	0,43	0,478	Limono-sableuse
	Sols alluviaux alcalins de l'aurole externe F2	70-110+	9,94	2,43	0,362	Limoneuse
		0-40	9,38	0,34	123,2	Sableuse
		40-65	9,15	1,37	143,8	Sablo-limoneuse
Sols alluviaux alcalins de l'aurole externe F3	0-35	9,52	0,41	288,4	Sableuse	
	35-70	9,27	0,43	478	Limono-sableuse	
		70-110+	9,94	2,43	362	Limoneuse

Le carbone est l'un des composants de base de la matière organique. Il joue un rôle important dans la fertilité chimique et physique des sols et son effet sur le rendement des cultures est connu depuis longtemps. Les formes de carbone organique du sol sont dérivées de la décomposition d'organismes vivants, mais aussi d'autres sources sont celles qui sont dérivées à la suite d'une contamination par des activités anthropiques[19]. Naturellement, les sols des régions sèches sont pauvres en carbone organique du fait de la faible productivité des agroécosystèmes qu'ils supportent. Néanmoins, l'importance des surfaces concernées fait que le stock de carbone organique des régions arides et semi arides est loin d'être négligeable avec près de 750 Gt de carbone [20].

Selon la norme de la FAO, les teneurs en matière organique des Oasis à Eau de Sources (OES) du Kawar, varient de moyennes à élevées. Cette situation serait liée au fait que la végétation est le principal pourvoyeur de la matière organique. Cependant, des valeurs faibles à très élevées ont été trouvées dans les Oasis Reliques des Lacs Fossiles et très faibles à faibles dans les Oasis à Eau Affleurantes et Saumâtre. Par conséquent, leur complexe adsorbant est réduit à cause de leur faible taux en colloïdes minéraux et organiques. Ils sont caractérisés par de pH alcalins, une forte salinité, et une faible capacité de rétention en eau et en éléments nutritifs, expliquant la faible activité biologique régnant dans ces sols [21].

Ces résultats sont en accord avec les travaux de [22] qui ont rapporté sur la connaissance des sols du Sahara algériens des teneurs en matière organique faible en surface, moins de 0,5 % et 0,2 % en subsurface et en profondeur respectivement. La déficience en carbone organique des sols sableux des Oasis du Kawar s'explique d'une part par le faible débris végétal au sol. Ainsi, [23] a noté que la teneur en matière organique du sol baisse lorsqu'on passe des sols sous forêt aux sols sous savane. [24] ont rapporté que la teneur en matière organique est positivement corrélée avec la teneur en éléments fins (argiles et limons) et inversement avec la teneur en sable. En effet, les terrains légers et sableux peuvent être fertiles avec un taux de matières organiques nettement inférieur. Cependant, [13], [17] ont obtenu respectivement dans les cuvettes oasiennes et dans les Oasis de l'Air des sols beaucoup plus riches en matière organique par rapport aux sols des Oasis Relique des Lacs Fossiles et les Oasis à Eau Affleurante et Saumâtre des Oasis du Kawar. Dans tous les profils des sols des Oasis, on observe une accumulation de la matière organique dans les horizons de subsurface et en profondeur. Cette situation pourrait s'expliquer soit par le lessivage, soit par des recouvrements des sols alluviaux par des dépôts sableux. Les traces des sols autochtones (alluviaux) sont peu visibles. On observe aussi au niveau des horizons de surface des ORLF et OES où la Salinité est élevée, une accumulation de la matière organique.

L'analyse des échantillons des sols montre que les différents sols des Oasis du Kawar appartiennent aux classes des sols non salines à très salins. Les fortes valeurs de salinité des sols ont été observées dans les horizons superficiels, en particulier au niveau des Oasis Relique des Lacs Fossiles et des Oasis à Eau Affleurante et Saumâtre. Elle est soixante-dix (70) fois plus élevée au niveau des horizons de surface dans ces Oasis par rapport aux OES. Ces résultats sont en accord avec les travaux de [29] et [30] sur les sols irrigués de périmètre oasien de Segdoud, située au Sud-ouest de la Tunisie. Par contre [31] sont parvenus à des CE plus faibles par rapport à celles des Oasis du Kawar variant de 0,035 dS/m à 2,13 dS/m dans les cuvettes oasiennes du Sud-Est du Niger. La répartition verticale de la salinité est ascendante dans tous les profils et dans toutes les Oasis. Cette situation est due à une forte évaporation à laquelle les horizons de surface sont exposés. Elle a été confirmée par les travaux antérieurs réalisés dans la cuvette de Ouargla par [25], [26] et celui de [27] dans la même cuvette. A la station de Bilma, l'évapotranspiration moyenne annuelle est très élevée. Pour la période 2010 à 2021, elle a été en moyenne de 4302 m/an. La pluviométrie moyenne annuelle ne dépasse guère 15,9 m/an (DMN, 2020). Ces données climatiques montrent que, quel que soit la période de l'année, l'évaporation est nettement supérieure aux précipitations et que la période favorable à la salinisation s'étale en conséquence tout au long de l'année. En effet, la conductivité serait influencée par divers facteurs naturels et anthropiques comme la géologie du bassin versant, la température, l'évaporation de l'eau et les variations du débit des apports qui alimentent les lacs et les apports d'eau d'origine domestique [28].

Dans l'ensemble, la fertilité chimique des sols traduite ici par les teneurs en carbone organique est fortement dépendante des types de sol et leur occupation. Les sols limono-sableux des Oasis du Kawar présentent des teneurs plus importantes en ces éléments que les sols sablo-limoneux et sableux.

Les problèmes majeurs des sols du système oasien du Kawar sont en général liés à la carence en matière organique, la salinité et l'alcalinité des sols. [3] et [32] ont signalé respectivement le même problème dans les cuvettes oasiennes du Sud-Est du Niger et au Sud-Est d'Algérie. Par conséquent, la mise en valeur de ces sols nécessite une approche qui consiste à ramener ces paramètres à l'optimum pour les cultures de la zone. Dans ces Oasis, le palmier dattier principale culture de la zone, est exploité généralement sur un sol limono-sableux et sableux, mais la production est plus importante sur le sol limoneux. [33], [34] ont abouti au même résultat respectivement dans les Oasis de la Wilaya de Biskra en Algérie et au Sud-Est de Tunisie.

#### **Aptitude culturale des sols des Oasis du Kawar**

Dans les Oasis à eau des sources (OES), au vu de leur texture sablo-limoneuse, de l'existence des nappes à faible profondeur et plus leurs teneurs relativement élevées en matière organique, ils présentent une bonne aptitude pour la culture maraîchère, phoenicicole et arboricole. Néanmoins, du fait de la salinité et l'alcalinité des horizons

superficiels, pour optimiser les productions de toutes les espèces qui y seront cultivées. Elles doivent être tolérantes à la salinité et à l'engorgement d'eau (cane à sucre, patate douce) ou de procéder à un labour profond et corrigé l'alcalinité. Cette pratique, constitue une alternative pour contourner la salinité de surfaces de ces sols.

Dans les ORLF et dans OEAS où les textures sont plus sableuses, leurs carences en matière organique, alcalinité et la salinité superficielle leur confèrent une aptitude moyenne à médiocre. La majorité des spéculations cultivées dans ce secteur (tomate, oignon, luzerne, pomme de terre, laitue...) supporte l'acidité. Pour optimiser la production, il y'a lieu de faire des amendements à base d'acide ou formant d'acide pour ramener le pH à l'optimum de ces cultures et faire la promotion des spéculations moins tolérantes aux sels.

Les contraintes majeures qui affectent l'exploitation rationnelle et durable des sols des oasis du Kawar demeurent l'ensablement et la salinisation des sols. Le bon sol, c'est-à-dire le sol alluvial est englouti en surface soit par le sable soit par l'encroutement en particulier salé. Ces situations sont pour conséquence direct sur la productivité des terres agricoles et pastorales. Pour atteindre le bon sol, les exploitants essaient de désensabler la couche du sable ou enlever l'encroutement salé superficielle. Malheureusement, ces actions ne sont pas durables. Au bout de quelques années, le sol redevient ensablé ou salé. Pour remédier ces fléaux, la lutte contre la désertification à travers la fixation des dunes constitue une solution louable pour atténuer la vitesse du vent. Quant à la salinisation, ils existent plusieurs approches (biologique et mécanique) qui peuvent lutter contre la salinisation des sols. La figure 8 et 9 présentent respectivement une vue du sol alluvial salé et un sol alluvial ensablé dans l'Oasis de Fachi au Kawar.



**Figure 8:-** Sol alluvial salé de l'Oasis de Fachi de l'auréole externe.



**Figure 9:-** Sol alluvial ensablé de l'Oasis de Fachi de l'auréole externe.

### Conclusion:-

Au terme de ce travail sur la classification et la caractérisation des sols des Oasis du Kawar on peut noter que, d'une manière générale, ces Oasis sont classées en trois (3) catégories à savoir OES, ORLF et OEAS. Les sols des Oasis ont des textures sableuses à limono-sableuses. Les sols présentent un pH variant d'alcalin à extrêmement alcalin et une salinité évoluant de non salin à extrêmement salin. Leur teneur en matière organique passe de basse à très élevée. La mise en valeur de ces Oasis nécessite l'utilisation des cultures plus tolérantes à la salinité autres que les palmiers dattiers. Cependant, l'identification de toutes les Oasis de la zone et une caractérisation plus approfondie permettrait de mieux connaître ces milieux uniques et leurs sols. Cette étude pourra servir de base aux décideurs et aux exploitants d'avoir des idées sur les vocations de chaque type d'Oasis et les bonnes pratiques de gestion.

### References Bibliographiques:-

- [1]FAO, « Les agricultures familiales du monde : Définitions, contributions et politiques publiques », Contrat n°AFD/STR/RCH/REC/2012-MCT-001 entre l'AFD et le CIRAD, 2013.
- [2]V. Battesti, « Tourisme d'oasis. Les mirages naturels et culturels d'une rencontre? (Tourism in Oasis, Natural and Cultural Mirages of an Encounter?) », vol. 49, p. 31, 2009.
- [3]K. J. M. Ambouta, « Rapport de caractérisation des sols des cuvettes et bas-fonds de la zone d'intervention du PLECO : possibilités d'exploitation agricole et de valorisation », PLECO, Niger, 2006.
- [4]Cogestion des Ressources de l'Air et du Ténéré, « DIAGNOSTIC PARTICIPATIF TENDANCES SOCIO-ECONOMIQUES ET ECOLOGIQUES DANS LA ZONE D'INTERVENTION DU PROJET COGERAT », PNUD et GFF, Agadez-Niger, 2011.
- [5]S. Abdoulaye, « Caractérisation et gestion territoriales des cuvettes oasiennes de Bilma dans un contexte de changement climatique, rapport », DDE Bilma, Niger, 2012.
- [6] J. Creigert, « Atlas des eaux du Niger, état des connaissances », Niamey Niger, 1978.
- [7]M. Jahiel, « Phénologie d'un arbre méditerranéen acclimaté en région tropicale : Le dattier au Sud du Niger et son appropriation par la société Manga, 120 pages », Thèse de troisième cycle, Montpellier, Niger, 1996.
- [8] FAO, « Guide Pour l'Interprétation des Analyses de Sols. » 1992.
- [9]C. L. BIELDERS, J. L. RAJOT, et K. MICHELS, « L'érosion éolienne dans le Sahel nigérien : influence des pratiques culturales actuelles et méthodes de lutte », Sécheresse, vol. 15, no 1, p. 19-32., 2004.
- [10]S. IBRAHIM, I. OUSSEINI, et K. J. M. AMBOUTA, « Analyse comparée et interprétation des caractéristiques granulométriques des systèmes dunaires sahéliens et sahariens de l'est du Niger », Geo-Eco-Trop, vol. 33, no spécial, p. 31-38, 2009.
- [11]A. D. TIDJANI, A. A. TOURE, J. L. RAJOT, B. MARTICORENA, et C. L. BIELDERS, « Flux éolien et dynamique des fronts dunaires dans le Manga, sud-est du Niger », Rev.Ivoir.Sci.Technol, no 28, p. 323-332., 2016.
- [12]A. Hatira, L. Baccar, M. Grira, et T. Gallali, « Analyse de sensibilité du système oasien et mesures de sauvegarde de l'oasis de Métouia (Tunisie) », rseau, vol. 20, no 1, p. 59-69, 2007, doi: 10.7202/014907ar.
- [13]A. D. TIDJANI, « ETUDE DE DIAGNOSTIC DES TENDANCES SOCIO ECONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTALE DANS LA ZONE DU PROJET PGIEO-NN », PGIEO NN, Agadez Niger, Rapport d'étude, 2022.
- [14]F. RAFIK, N. SABER, F. ZAAKOUR, H. MOHCINE, K. MOUSTARHFER, et C. MARRAKCHI, « Caractérisation physico-chimique et estimation de la stabilité structurale des sols agricoles de La région Sidi Rahal, Sahel (Chaouia Côtière, Maroc) », European Scientific Journal, vol. 11, no n°27, p. 48-63., 2015.
- [15]M. M. ASSANE, K. J. M. AMBOUTA, C. L. BIELDERS, et A. TIDJANI, « Caractérisation de la végétation des dunes dégradées du sud-est du Niger », Environmental and Water Sciences, Public Health & Territorial Intelligence, vol. 2, n°4, p. 83-94., 2018.
- [16]A. S. MADJID, M. M. ABOUBACAR, et A. D. TIDJANI, « Dune fixation by Mulching and palisade improved the ecological restoration of Ambouram Ali dunes (Maine Soroa / Niger) », Environmental and Water Sciences, Public Health & Territorial Intelligence, vol. 4, no n°4, p. 471-483., 2020.
- [17]K. J. M. AMBOUTA, Z. TOUDJANI, G. MAMAN, et A. BACHIR, « Etude sur l'inventaire et la caractérisation pédologique et hydraulique des cuvettes oasiennes dans le Département de Maïné-Soroa : Typologie des cuvettes et bas-fonds et possibilité d'exploitation agricole et de valorisation (rapport d'étude). AFVP & ONG KARKARA (Rapport d'étude), » AFVP & ONG KARKARA (Rapport d'étude), Niger, 2005.
- [18]M. M. Dagrama, « Caractérisation physicochimiques des sols de l'Irhazer : Cas d'Agharous et de Tiguidan Tagait », Mémoire de Master, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niamey Niger, 2015.
- [19]B. A. Schumacher, « Methods for the determination of total organic carbon in soils and sediments », United States Environmental Protection Agency, 2022.

- [20]C. Lefevre, F. Rekik, V. Alcantara, et L. Wiese, « Carbone organique du sol: Une richesse invisible ». Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, Italie., 2017.
- [21]M. Oustani, « Influence des fertilisants organiques sur la réactivité physico-chimique et le fonctionnement microbiologique d'un sol sableux non salé et sableux salé en conditions d'irrigation par des eaux chargées en sels », Thèse de doctorat. Sciences en agronomie saharienne., 2016.
- [22]T. Idder, « La dégradation de l'environnement urbain liée aux excédents hydriques au Sahara algérien : impact des rejets d'origine agricole et urbaine et techniques de remédiation proposées : l'exemple de Ouargla », Thèse de doctorat, Angers, 1998. Consulté le: 13 novembre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://theses.fr/1998ANGE0007>
- [23]B. Dabin, « Les matières organiques dans les sols tropicaux normalement drainés », Cah.ORSTOM, sér. Pédol., vol. 18, no n°3-4, p. 197-215, 1980.
- [24]R. I. ZOGHLAMI, N. B. AISSA, H. HAMDI, S. MOKNI TLILI, M. N. KHELIL, et 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 News Sciences, Agriculture and Biotechnology, vol. 31, no 11, p. 1812-1821., 2016.
- [25]B. Archer-Kuhn, D. Wiedeman, et J. Chalifoux, « Student Engagement and Deep Learning in Higher Education: Reflections on Inquiry-Based Learning on our Group Study Program Course in the UK », Journal of Higher Education Outreach and Engagement, vol. 24, no 2, Art. no 2, sept. 2020, Consulté le: 25 juin 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://openjournals.libs.uga.edu/jheoe/article/view/2069>
- [26]B. Hamidi-Aissa, « Le fonctionnement actuel et passé de sols du Nord Sahara (cuvette d'Ouargla », Inst. Nat. Agro., Grignon, France., 2001.
- [27]T. Idder et al., « Les oasis du Sahara algérien, entre excédents hydriques et salinité.: L'exemple de l'oasis de Ouargla », Revue des sciences de l'eau, vol. 27, no 2, p. 155-164, juin 2014, doi: 10.7202/1025565ar.
- [28] A. Hade, Nos lacs: les connaître pour mieux les protéger. Les Editions Fides, 2003.
- [29]I. Tahar, Abdelhak, et T. Abdourahmane, « Les oasis du Sahara algérien, entre excédents Hydriques et salinité. L'exemple de L'oasis d'Ouargla », p. 12, 2014.
- [30]B. Askri, « La modélisation des processus de salinisation des sols irrigués en zones arides, cas de l'oasis de Sagdoud. Thèse, Ecole Nationale des Ingénieurs de Tunis », Tunis, Tunis, 2002.
- [31]K. J. M. Ambouta, T. Zabeirou, M. Guero, et B. Amadou, « Rapport de caractérisation des sols des cuvettes et bas-fonds de la zone d'intervention du projet de lutte contre l'ensablement des cuvettes oasiennes dans les départements de Gouré et de Maïné-Soroa: possibilités d'exploitation agricole et de valorisation », REC, Gouré Niger, 2005.
- [32]A. Halitim, « Contribution a l'étude des sols des zones arides (hautes plaines steppiques de l'Algerie): morphologie, distribution et rôle des sels dans la genèse et le comportement des sols », p. 169, 1998.
- [33]K. DEBABECHE, « Influence de la qualité de l'eau et de la nature du sol sur le palmier dattier (Phoenix dactylifera L.) dans la wilaya de Biskra, 140 pages », Thèse de troisième cycle, Université de Mohamed Khider, Biskra, Algérie, 2021. Consulté le: 7 juillet 2022. [En ligne]. Disponible sur: <http://thesis.univ-biskra.dz/5597/>
- [34] L. Moustapha, « Les systèmes agricoles oasiennes du Sud de la Tunisie », Méditerranéennes, p. 8, 1990.