

ETUDE COMPARATIVE DE LA SALINITE DE L'EAU ET DES SOLS DANS LA ZONE NORD DES NIAYES (SENEGAL)

M.D. DIALLO, O. NDIAYE¹, M. MAHAMAT SALEH¹, A. TINE², A. DIOP³ and A. GUISSÉ¹
Section Productions Végétales et Agronomie, UFR des Sciences Agronomiques, de l'Aquaculture et des
Technologies Alimentaires, Université Gaston-Berger de Saint Louis, BP 234, Saint-Louis, Sénégal

¹Département de Biologie Végétale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de
Dakar, B.P. 5005 Dakar-Fann, Sénégal

²Institut National de Pédologie, Hann - Mariste ; BP 10709 Dakar-Liberté, Sénégal

³Section de Mathématiques Appliquées, UFR des Sciences Appliquées et Technologie, Université Gaston-
Berger de Saint Louis, BP 234, Saint-Louis, Sénégal

Corresponding author: mariama-dalanda.diallo@ugb.edu.sn

(Received 29 April, 2014; accepted 18 May, 2015)

RÉSUMÉ

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'acidité et la salinité de l'eau d'irrigation et du sol dans la zone nord des Niayes. Sept profils pédologiques ont été décrits et leur granulométrie déterminée. La salinité et l'acidité de sols, prélevés dans les horizons à 20 et 40 cm de profondeur et de l'eau des puits d'arrosage ont été analysés. *Les résultats ont montré que la fraction sableuse est la plus représentative pour l'ensemble des profils décrits. Le pH du sol varie selon les sites mais il n'y a pas de différence significative entre la surface (0 - 20 cm) et la profondeur (20 - 40 cm) alors que la salinité varie par contre selon les sites et la profondeur avec des valeurs plus élevées en surface qu'en profondeur. L'analyse factorielle des correspondances (AFC) a permis de mettre en évidence un gradient d'acidité et/ou d'alcalinité et de discriminer deux groupes de sols et d'eaux. Le groupe 1 est constitué des sols et eaux alcalins et salins et le groupe 2 est composé des sols et eaux acide et non salins. Cette étude a permis de distinguer deux sous zones : une partie continentale soumise à une acidité plus élevée et une partie littorale soumise à une salinisation élevée. Ces deux facteurs limitent considérablement la production agricole.*

Mots Clés: Niayes, salinité, Sénégal, profil pédologique

ABSTRACT

The objective of this study is to assess the acidity and salinity of irrigation water and soils in the northern Niayes zone. Seven soil profiles were described and their texture measured. Soils were sampled from the 0 - 20 and 20 - 40 cm horizons and water was taken from horicultural watering wells. Our results show that most of the seven profiles are represented by strongly sandy soils. Soil pH varies among sites but there was no significant difference between shallow (0-20) and deeper (20 - 40) fractions. Soil salinity, however, does vary according to both site and sampling depth, with more saline soils at the surface. Factorial correspondence analysis results show a gradient of both acidity and salinity and discriminate two main groups of soil and water. The first group is constituted by alkaline and saline soils and water. The second group is composed of acidic and non-saline soils and water. This study facilitated the identification of two key zones : an inland area subject to high acidity and a littoral area subject to high salinity. These two factors considerably limit agricultural production.

Key Words: Niayes, salinity, Senegal, soil profile

INTRODUCTION

La gestion des sols en agriculture est considérée comme l'un des thèmes prioritaires pour assurer la durabilité des modes de production. Cette question concerne non seulement les préoccupations liées à la production et la qualité des produits mais également la protection de l'environnement. Pour la plupart des systèmes de culture, c'est la gestion de la fertilisation (notamment azotée et phosphatée) couplée à celles de l'acidité et de la salinité, qui conditionnent l'engagement à long terme de la production agricole.

La salinisation des terres est un problème majeur à l'échelle du globe. Elle affecte déjà au moins 400 millions d'ha et en menace gravement une surface équivalente (FAO, 2005). D'après Szablocs (1989), 3,2 million d'hectares subissent la salinisation à des degrés de sévérité variable. Une bonne partie du phénomène de salinisation se trouve localisée dans les terres arides et semi-arides, du fait que le processus de salinisation est plus marqué par des températures élevées durant presque toute l'année, du drainage restreint et de la faiblesse des précipitations insuffisantes pour lixivier les sels solubles du sol (FAO, 2005). Selon Handj *et al.* (1995) in Sinoussi (2001), en Afrique 80,5 millions d'ha sont affectés par la salinité. Pour Duchaufour (1983), la salinité est due dans les régions sèches à la remontée par capillarité des solutions du sol sous l'influence de l'évaporation, la concentration des solutions augmente, la précipitation des sels intervient, ce qui permet la saturation par le sodium d'une fraction de l'humus et des argiles, qui pourront être entraînés à la période humide suivante.

La zone des Niayes est marquée par une diversité des cultures et c'est la principale zone de production maraîchère au Sénégal (Diao, 2004). Sur les 5 400 km² de surface totale, 1 680 Km² sont utilisés pour les cultures pluviales et 22 Km² pour le maraîchage et les vergers (Fall *et al.*, 2001). Les principales spéculations maraîchères concernent le chou, la pomme de terre, la tomate, la carotte, l'oignon, la salade, etc. (Cissé *et al.*, 2003). Leur développement est surtout lié à la présence de l'eau de la nappe phréatique affleurantes et une forte utilisation des engrais minéraux et organiques. Cependant, la zone des Niayes est

soumise à de nombreux types de dégradation dont une forte salinisation des terres et de l'eau d'irrigation. Cette salinisation est causée par plusieurs facteurs dont une surexploitation des eaux souterraines ce qui entraîne l'intrusion des eaux marines (Diallo, 2006 ; Ndiaye *et al.*, 2012). Au niveau du littoral, la salinisation des sols pourrait être liée à l'irrigation avec les eaux salées des nappes souterraines et par les apports des embruns marins (Diakhaté, 1986). En plus de cela, la brèche de Saint Louis, ouverte en octobre 2003, à sept kilomètres au sud de la ville de Saint-Louis, dans le but de lutter contre les inondations, eut pour principale conséquence de saliniser la nappe d'eau douce de cette partie de la zone des Niayes ce qui pose de graves problèmes écologiques.

L'objectif de ce travail est de : (i) caractériser la salinité de l'eau des puits et des sols dans les périmètres irrigués de la zone et (ii) déterminer les similarités entre l'eau et le sol en fonction du pH et de la Conductivité électrique (CE).

MATERIEL ET METHODES

Présentation de la zone d'étude. Située le long du littoral nord sénégalais appelé grande côte, la zone des Niayes s'étend de Dakar à Saint Louis, dans une bande de 180 Km de long sur 5 à 30 Km de large (Fall *et al.*, 2001). Sur le plan administratif, elle couvre une partie des régions de Saint-Louis et de Louga (Fig. 1).

Le climat est de type sahélien chaud et sec avec deux saisons : une saison pluvieuse de juin à octobre et une saison sèche de novembre à mai. Les précipitations sont peu abondantes et dépassent rarement 500 mm/an (Fall *et al.*, 2000). Les températures modérées sont influencées par la circulation des alizés maritimes soufflés par les courants froids du nord (Açores). La température moyenne mensuelle la plus chaude oscille autour de 27,5°C et survient en juillet et août. De novembre à février, la température maximale est inférieure à 28°C et la température minimale est inférieure à 18°C. En mai et juin, la présence de l'harmattan peut élever la température à un maximum de 31°C (Fall *et al.*, 2000).

On peut noter dans ce milieu, un fort taux d'humidité relative qui peut atteindre 90 % à partir du mois d'avril (Fall *et al.*, 2000). Cette humidité est favorisée par la proximité de l'océan.



Figure 1. Situation de la zone des Niayes (Fall *et al.*, 2001).

Les sols sont de type ferrugineux tropical lessivé (Maignien, 1965) classé comme lixisol (FAO, 1998). Ces sols se caractérisent aussi par une salinité qui diminue les rendements des cultures pratiquées où parfois les agriculteurs cessent de travailler leur terre à cause de la salinité du sol ou de l'eau. La géomorphologie d'ensemble est une mosaïque de dunes et de cuvettes interdunaires à fond plat, plus ou moins encaissées, où sont formés des sols peu évolués d'apport, pauvres et très susceptibles à l'érosion (éolienne et hydrique).

La végétation est composée d'espèces indicatrices de sols dégradés telles qu'*Eragrostis*. On y distingue des arbres (*Prosopis juliflora*, *Acacia nilotica*, *Tamarindus indica*, *Azadirachta indica*, *Adansonia digitata*), des plantes halophytes (*Cocos nucifera*, *Tamarindus indica*), des arbustes (*Calotropis procera*, *Zizyphus mauritana*) et des

graminées (*Cenchrus biflorus*, *Eragrostis*, *Salsola*, *Anteropogon*, *Datura*).

Les spéculations maraîchères cultivées sont l'oignon principalement, le chou, le navet, la carotte, l'aubergine, la menthe, etc. La production d'oignon est saisonnière, mais les possibilités de diversification de la production maraîchères sont plus grandes.

Le choix des localités a été guidé par les contraintes majeures que rencontrent les maraîchers dans la zone à savoir une forte salinisation, l'importance de l'activité maraîchère et par les différentes unités agro-pédologiques qui y sont rencontrées. La prospection des sites a permis de classer les localités ciblées du point de vue agro-pédologique en deux sous zones distinctes continentale et littorale, chacune avec des caractéristiques spécifiques. La partie continentale regroupe les villages de Kalassane, Guinaw Rail, Keur Saer, Ndoye Diagne et de

Mboltine (Fig. 2) et est située dans la Communauté Rurale de Gandon ($15^{\circ}54'22.5''$ N et $016^{\circ}24'41.2''$ W). La partie littorale qui regroupe les villages de Deggu Niaye, Rimbakh et Ricotte, est située dans la Communauté Rurale de Ndiébène Gandiole ($15^{\circ}51'50.7''$ N et $016^{\circ}29'07.5''$ W).

Echantillonnage et collecte de données. Sept profils pédologiques ont été décrits pour déterminer la nature du sol dans les périmètres irrigués. Les positions des profils ont été préalablement déterminées et géo référencées par GPS (Global Positionning System), en tenant compte des unités de paysages caractéristiques et représentatives du milieu. Les dimensions d'un profil sont de 1,5 m x 1,5 m x 1,5 m. Les critères de description des horizons utilisés sont la texture, la structure, la couleur (à l'aide du code Munsell), la consistance, l'humidité et de la transition. La méthode de description utilisée est le système

WRB (World Reference Base) constitué par la FAO-UNESCO (1994). Environ 500 g de sol, ont été prélevés dans chaque horizon, verticalement du bas vers le haut et amenés au laboratoire de l'Institut National de Pédologie (INP) à Dakar pour l'analyse granulométrique.

L'étape d'échantillonnage de l'eau influençant directement la qualité des résultats analytiques, les prélèvements d'eau ont été effectués avec précautions afin de minimiser les risques de contamination. Ainsi, 100 ml d'eau ont été prélevés dans chaque puits avec au moins 4 répétitions par puits, conservés dans des flacons stériles de 125 ml, et transporté au laboratoire avec toutes les informations concernant le prélèvement (site, lieu, date, heure, etc.). Le nombre total des échantillons d'eau est de 46 échantillons pour les 8 villages.

L'échantillonnage du sol a été effectué à partir de 4 points différents dans chaque périmètre.



Figure 2. Localisation des sites d'études dans les Niayes (Ndiaye, 2009).

Environ 500 g de sol, ont été prélevés entre 0 – 20 cm et 20 - 40 cm. Dans chaque village, selon la taille et le nombre de périmètres; le nombre d'échantillons varie de 8 à 18 échantillons / village, ce qui fait un nombre total de 82 échantillons de sols pour les 8 villages. Tous les échantillons de sols et d'eaux ont été conservés à environ 4°C dans des glacières entre le moment du prélèvement et la réception au laboratoire.

Analyses physico-chimiques de l'eau et des sols.

Les échantillons prélevés ont été analysés au laboratoire de l'INP. Les échantillons de sols ont été séchés à l'air libre pendant 10 jours, puis broyés et tamisés à 2 mm et enfin conservés avant analyse. Les méthodes d'analyses ainsi que les formules de calcul utilisées ont été établies par Bocoum (2004) indiqués au Tableau 1. Elles ont portées sur la granulométrie, le pH et la Conductivité électrique (CE). Les autres paramètres physico-chimiques des sols ont déjà été évalués par Ndiaye *et al.* (2012).

Analyses statistiques. Le traitement des données obtenues, a été effectué à l'aide du tableur Excel et le logiciel XLSTAT qui a permis de faire une analyse factorielle de correspondance (AFC) afin de voir les ressemblances ou similitudes entre les données du sol et de l'eau (Cibois, 2006).

RESULTATS

Granulométrie. Le Tableau 2 indique les résultats de l'analyse granulométrique en fonction des horizons des différents profils. Nous

constatons que le pourcentage en sables est très élevé et varie entre 84,91 et 99,93 %. Par contre, les fractions fines (argile + limon) sont moins présentes dans le sol (0,07 à 15,10 %). Les profils qu'ils soient situés au niveau continental ou littoral sont tous caractérisés par des sols sableux.

pH et conductivité électrique des eaux et des sols.

Les résultats de l'analyse de l'eau d'irrigation de la zone d'étude sont mentionnés à la Figure 3. Le pH et la conductivité électrique de l'eau varient selon les sites.

Le pH varie dans les puits de modérément acide (Mboltine), neutre (kalassane, Keur Saer, Ndoye Diagne, Rimbakh) à légèrement alcalin (Deggu Niaye et Ricotte). La CE est saline à Keur Saer, très saline à Kalassane, Mboltine et Ndoye Diagne, et extrêmement saline à Keur Saer, Deggu Niaye, Rimbakh et Ricotte avec des taux extrêmement élevés dans les trois derniers sites (entre 4414 et 5843 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

La Figure 4 montre l'évolution du pH et de la salinité dans le sol en fonction de la profondeur et du site. Le pH varie selon les sites mais il n'y a pas de différence significative entre la surface (0 - 20 cm) et la profondeur (20 - 40 cm). Il est modérément acide à Mboltine et Ndoye Diagne, neutre à Kalassane, Guinaw Rail et Keur Saer et alcalin à Deggu Niaye, Rimbakh et Ricotte. La salinité varie par contre selon les sites et la profondeur. Elle est plus élevée en surface qu'en profondeur. Elle passe de très salin en surface à salin en profondeur dans les sites de Deggu Niaye, Guinaw Rail, Kalassane et Ricotte. A Mboltine et Ndoye Diagne, les deux horizons

TABLEAU 1. Appréciation du pH et de la salinité (Bocoum, 2004)

pH		Conductivité Electrique (CE)	
Gammes de pH	Sol	Conductivité Electrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Sol
< 4,5	Extrêmement acide	< 250	Non salin
4,6 - 5,2	Très acide	250 – 500	Légèrement salin
5,3 - 5,5	Acide	500 – 1000	Salin
5,6 – 6,0	Modérément acide	1000 – 2000	Très salin
6,1 – 6,6	Légèrement acide	> 2000	Extrêmement salin
6,7 – 7,2	Neutre		
7,3 – 7,9	Légèrement alcalin		
8,0 – 8,5	Alcalin		
> 8,6	Très alcalin		

TABLEAU 2. Analyse granulométrique des horizons dans les différents profils

Profils	Sites	Code	Horizons (cm)	Sable (%)	Limon +argile (%)
P1	Kalassane	Kal	P1H1	87,86	12,14
			P1H2	92,03	7,97
			P1H3	87,56	12,44
			P1H4	93,50	6,50
			P1H5	96,91	3,09
P2	Ginaw Rail	GR	P2H1	84,91	15,10
			P2H2	95,04	4,96
			P2H3	92,03	7,97
			P2H4	93,94	6,07
			P2H5	89,20	10,81
P3	Keur Saer	KS	P3H1	86,38	13,63
			P3H2	87,82	12,19
			P3H3	93,05	6,95
			P3H4	93,26	6,75
			P3H5	96,27	3,74
P4	Deggu Niaye	DN	P4H1	91,15	8,85
			P4H2	91,91	8,10
			P4H3	94,08	5,93
			P4H4	94,27	5,73
P5	MBoltine	Mb	P5H1	87,10	12,90
			P5H2	91,84	8,16
			P5H3	92,32	7,68
			P5H4	93,27	6,74
P6	Rimbakh	Rim	P6H1	92,81	7,20
			P6H2	93,09	6,91
			P6H3	98,02	1,98
			P6H4	87,85	12,15
P7	Ricotte	Ric	P7H1	90,33	9,68
			P7H2	99,28	0,73
			P7H3	99,93	0,07
			P7H4	97,94	2,07
			P7H5	98,13	1,88

montrent une salinité très élevée. De même, qu'à Rimbakh les sols sont salins au niveau de la surface et en profondeur. Enfin, à Keur Saer, la salinité va de salin en surface à neutre en profondeur. On peut dire qu'au niveau des sites étudiés, les sols de surface sont très salés dans la plupart des cas.

Variabilité spatiale des eaux et des sols.
L'analyse factorielle des correspondances de la

matrice générée par les 80 échantillons d'eau et de sols x 4 paramètres (pHeau, pHsol, CEeau et CESol) a révélé les résultats ci-après.

L'information apportée par les axes varie de 0,260 à 0,000 soit 98,18% à 0,01%. L'axe F1 seul explique la quasi-totalité de l'information soit 98,18% de l'inertie totale. Les autres axes (F2, F3 et F4) fournissent respectivement 1,77%, 0,03% et 0,01% (Tableau 3).

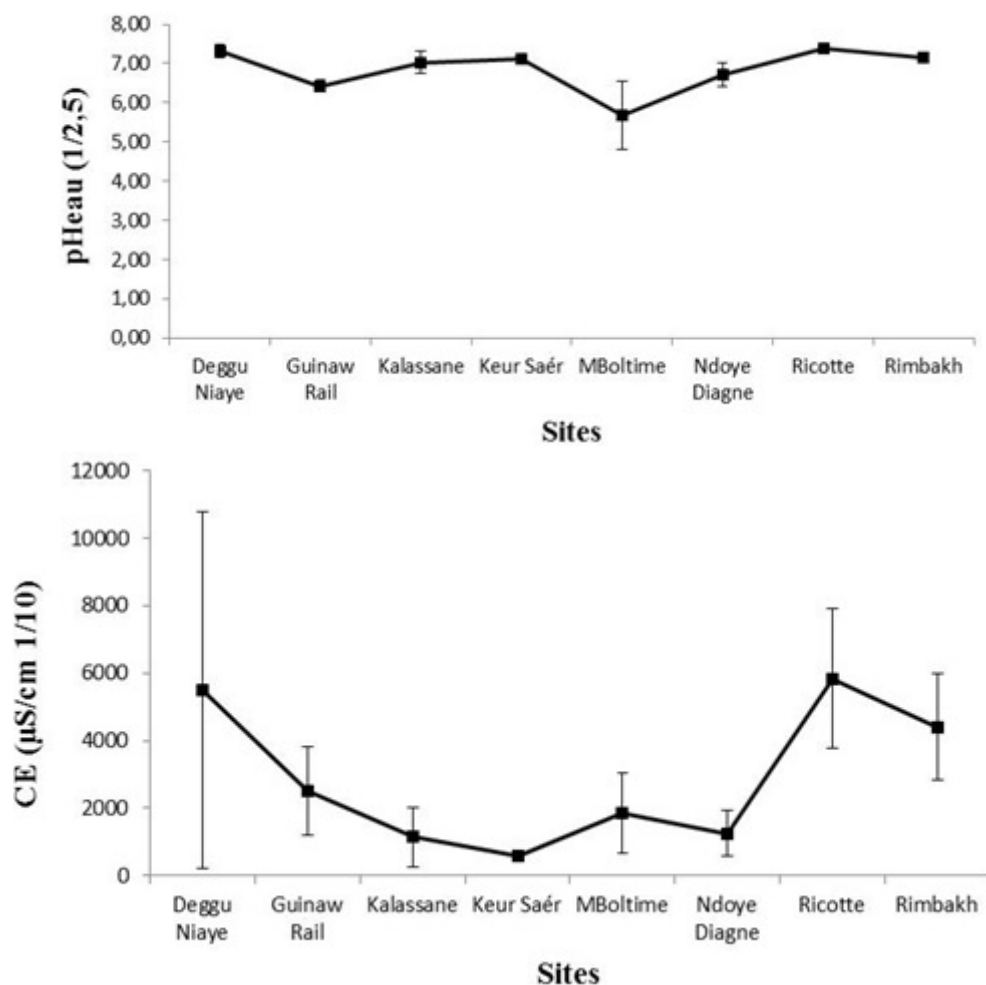


Figure 3. Evolution du pH et de la salinité de l'eau en fonction du site.

TABLEAU 3. Valeurs propres et pourcentage de variance des axes de l'AFC

	F1	F2	F3	F4
Valeur propre	0,260	0,005	0,000	0,000
% variance	98,185	1,775	0,029	0,010
% cumulé	98,185	99,961	99,990	100,000

Les deux premiers axes (F1 et F2) définissent le plan principal, ils apportent environ 99,96% de l'information. C'est sur ce plan que l'essentiel de l'analyse a été établi.

En ce qui concerne l'axe F2, il n'explique qu'une part négligeable de l'information de l'analyse factorielle (moins de 2%).

La contribution des échantillons (points lignes) varie de 12,58 à 0,001% et 12,73 à 0,004% et celle des paramètres analysés (points colonne) de 62,25 à 0,008% et 46,25 à 0,12% respectivement pour les axes F1 et F2. La contribution moyenne est de 2,56 pour les échantillons et 20 pour les paramètres chimiques. Seuls les échantillons et/

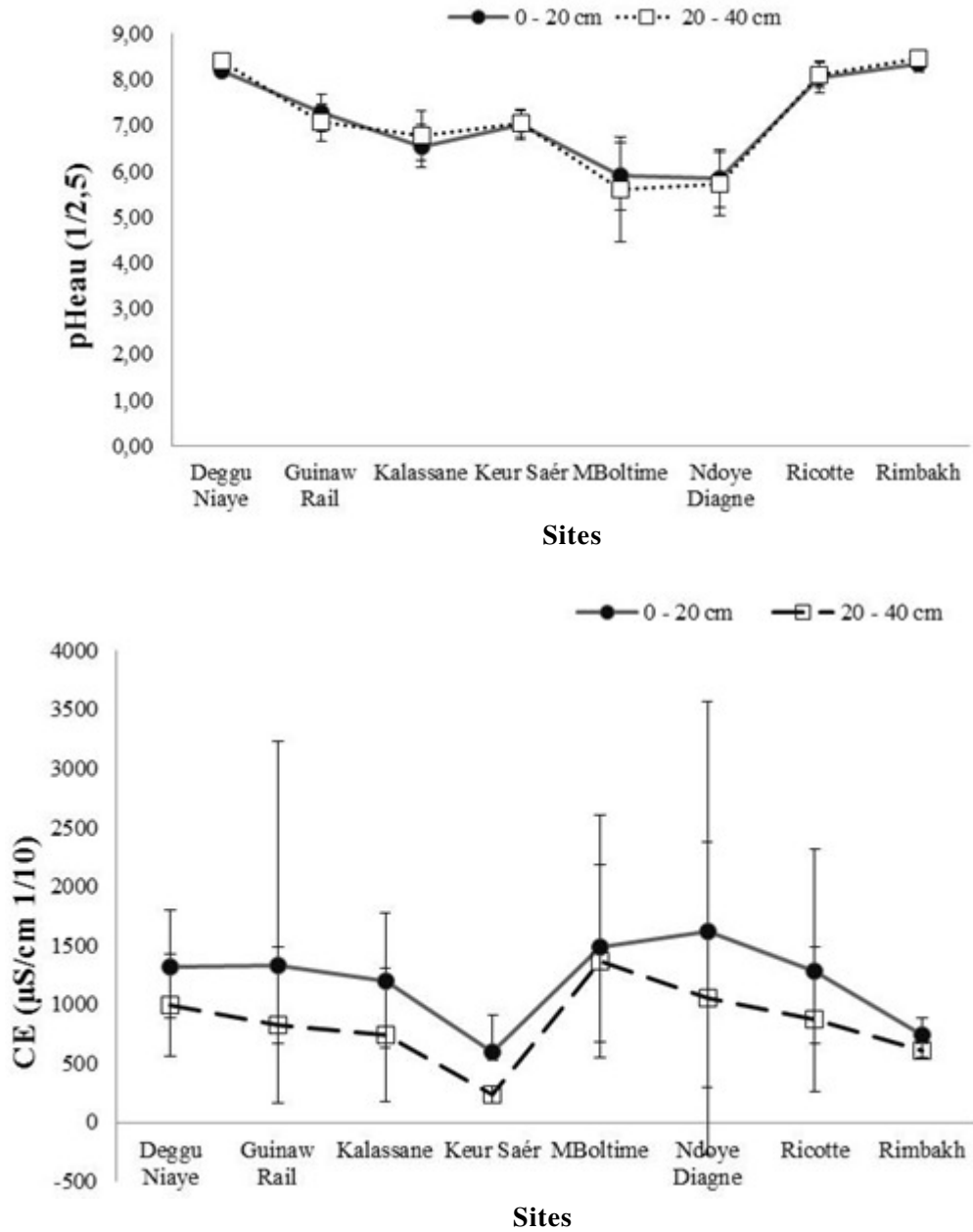


Figure 4. Evolution du pH et de la salinité dans le sol en fonction de la profondeur et du site

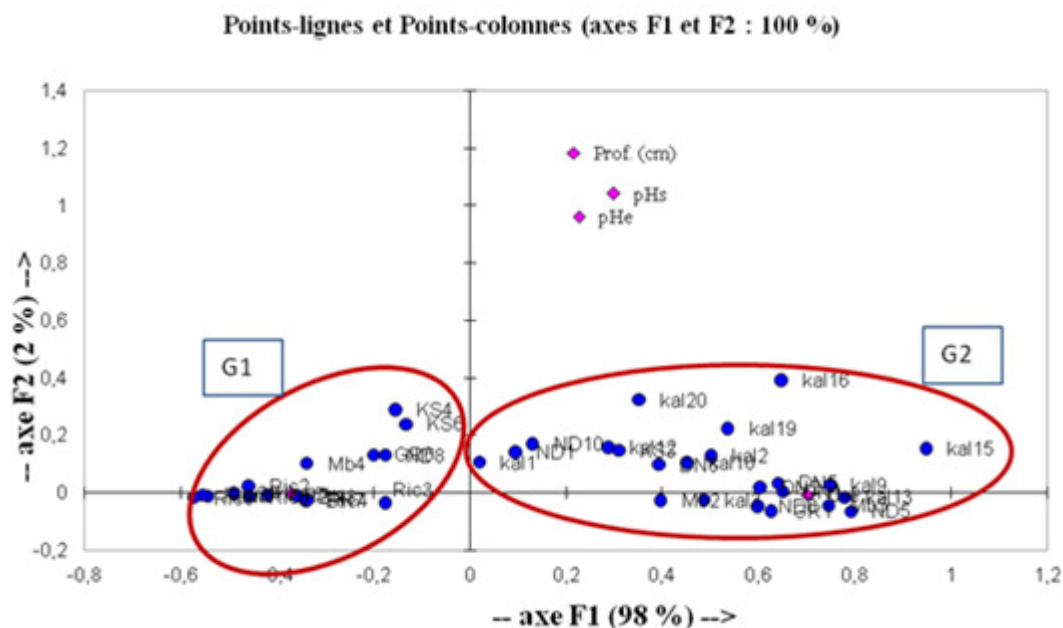


Figure 5. Diagramme de la matrice du pH et de la CE de l'eau de puits et des sols dans les sites.

ou paramètres analysés ayant une contribution supérieure à la moyenne, ont été utilisés pour la définition des axes F1 et F2. Ainsi dans les abscisses positives de F1, sont retrouvés les échantillons d'eaux Kal3, Kal9, Kal13, Kal15, GR1, ND5, ND6, DN1, DN2 et Mb5 qui sont pour la plupart neutres à légèrement acides et très salins. Ces derniers s'associent aux échantillons de sols qui sont en grande partie neutres et salins. Ces échantillons s'opposent à ceux de GR6, GR7, GR8, DN7, Rim5, Rim6, Ric4, Ric5 et Ric6 qui se trouvent dans les abscisses négatives de F1 et qui sont composés en majorité d'eaux alcalines et salines et de sols extrêmement salés.

Donc l'axe F1 oppose deux types d'échantillons différents par leur degré d'acidité ou alcalinité et de salinité. A partir de ces informations, l'axe F1 pourrait correspondre à gradient d'acidité ou d'alcalinité en relation avec la salinité.

L'analyse factorielle des correspondances permet de discriminer deux groupes d'échantillons de sols et d'eaux (Fig. 5):

(i) le groupe G1, constitués pour la plupart d'échantillons de la partie littorale alcalins et salins;

(ii) le groupe G2, composés essentiellement d'échantillons de la partie continentale, acide et non salins.

DISCUSSION

Les résultats de notre étude ont montré que les sols de l'ensemble des huit sites sont sableux. L'importance de la fraction sableuse explique la faible structuration des sols entraînant le lessivage de tous les éléments en profondeur. Les eaux présentent des pH légèrement acide à légèrement alcalin sur sept qui restent dans les limites fixées par les recommandations européennes (6,5-8,4) pour la qualité de l'eau destinée à l'agriculture et celle fixées par la FAO (1985) pour l'irrigation (6,5-8,4) à l'exception du site de Mboltine où le pH est modérément acide (5,67) et reste en dehors des recommandations européennes. Le pH du sol joue un rôle important dans la disponibilité des nutriments pour les cultures (Dinon et Gerstmanns, 2008). Il affecte beaucoup la solubilité des éléments du sol, y compris celle des éléments nutritifs assimilables par les plantes. Les nutriments sont davantage disponibles aux pH variant de 5,5 à 7,5 (Delvaque, 1980). Toutefois, les cultures ont des besoins en

nutriments et une tolérance variables aux conditions du sol associées à la variation du pH. La conductivité électrique très élevée dans les eaux des puits, les soumet à un sévère degré de restriction à l'usage pour l'irrigation estimé à 300 mg/l d'après la FAO (1985). Cependant, selon certains auteurs comme Delvaque (1980), une eau de bonne qualité, destinée au maraîchage, doit avoir une concentration en chlorures évaluée à moins de 600 mg/l. L'eau d'irrigation de bonne qualité contenant seulement 200 à 500 mg kg⁻¹ de sel soluble.

Les résultats d'analyse des sols ont montré que l'écart est important entre les valeurs de pH et de CE entre l'eau et le sol. Le pH est plus élevé dans le sol tandis que la concentration de sels est plus élevée dans les eaux de puits. Ces concentrations plus élevées de sels solubles dans l'eau peuvent être liées à la période de prélèvement des échantillons. Les prélèvements des échantillons d'eau et de sols ont été effectués au mois de mai en fin de saison sèche. En saison sèche, *la surexploitation des ressources en eau, du fait de l'irrigation des cultures, constitue l'une des principales causes de la salinisation*. Cela entraîne une contamination des eaux de la nappe située à proximité de la mer par la remontée du biseau salée accentuée au niveau de la zone d'étude par la présence de la brèche de Saint Louis. Cette invasion des eaux douces par les eaux salées a pour effet une dégradation des sols et leur salinisation (Diakhaté, 1986). Ces derniers peuvent être restitués facilement à la nappe dans le cas où le sol est très perméable (Morsli, 2007) comme c'est le cas des sols de notre étude. Le phénomène d'invasion marine, qui peut s'étendre sur plusieurs kilomètres à l'intérieur des terres est un grand risque pour les régions côtières tributaires des eaux souterraines pour leur approvisionnement en eau (Benzellat, 2012).

Notre étude a montré que la salinisation de l'eau est étendue sur toute la partie nord de la zone des Niayes même si les concentrations sont largement plus élevées dans les sites de Deggu Niaye, Rimbakh et Ricotte qui sont situés sur la partie littorale de la zone d'étude. La salinisation moins marquée des sols pourrait s'expliquer par l'utilisation de fumiers par les producteurs pour lutter contre la salinité. *L'addition d'éléments nutritifs aux eaux naturelles salines permet de*

diminuer l'effet de la salinité (Benzellat, 2012). C'est d'ailleurs un des arguments utilisés par les maraîchers pour justifier l'usage de la matière organique au niveau des parcelles irriguées. La concentration élevée du sol en sels solubles peut empêcher la germination des semences et endommager les plantes établies (Montanarella, 1999), elle nuit aussi à l'absorption de l'eau par les plantes. Les concentrations élevées de sodium (Na) détruisent la structure du sol et entravent sa porosité et son aération (Montanarella, 1999).

Dans la zone des Niayes, plusieurs périmètres irrigués sont soumis à de graves problèmes de salinisation qui se traduisent par une dégradation des sols et une baisse de productivité. Près de 100 000 ha des périmètres irrigués sont profondément touchés par l'importance de la salinisation dans le monde et 75% des sols sont dans un intervalle allant du moyennement à fortement sensibles à la salinisation (Ltfi, 2008).

CONCLUSION

Cette étude, nous a permis de caractériser l'acidité et la salinité de huit localités de la zone des Niayes de Saint Louis. Les caractéristiques écologiques notamment la faible pluviosité, les températures élevées et le milieu édaphique favorisent la salinité des sols. Ce phénomène d'altération physicochimique du sol est accentué par l'absence totale de techniques agricoles appropriées. D'après les résultats obtenus, nous pouvons dire que la salinité a autant contaminé les eaux que les sols. La structure particulière liée à la texture sableuse des sols n'arrange pas les choses dans la mesure où les eaux d'arrosage arrivent directement au niveau de la nappe phréatique. On a pu étudier aussi la variation du pH qui est plus lié au site que la profondeur contrairement à l'alcalinité qui est autant liée au site qu'à la profondeur.

Le phénomène de salinisation agit négativement sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol et se traduit de la même manière sur les rendements des plantes. La gestion des terres salinisées exige une combinaison de pratiques agronomiques spécifiques avec une étude préalable des caractéristiques du sol, de la qualité de l'eau et

des conditions locales, incluant le climat, et les cultures.

REFERENCES

- Bocoum, M. 2004. Méthodes d'analyses des sols. Document de travail. Institut National de Pédologie, Dakar-Sénégal. 55p.
- Cibois, P. 2006. Principe de l'analyse factorielle. 34p. <http://cibois.pagesperso.orange.fr/PrincipeAnalyseFactorielle.pdf>. Accédé le 10 Février 2014.
- Cissé, I., Tandia, A.A, Fall, S.T. et Diop, E.S. 2003. Usage incontrôlé des pesticides en agriculture périurbaine : cas de la zone des Niayes au Sénégal. *Cahiers Agricultures* 2:181-186.
- DELVAQUE, J. 1980. Étude pour une planification des cultures maraîchères au Sénégal. *Tome 2, Étude analytique, Économique, technique et commerciale*. Centre pour le Développement de l'Horticulture du Sénégal. 72p.
- Diakhate, M. 1986. Le barrage de Diama: essai sur l'évaluation de ses impacts potentiels. *Revue de Géographie de Lyon* 61:43-61.
- Diallo, A. 2006. Étude de la variation spatiale de la végétation herbacée des Niayes de la région de Dakar par une approche phytosociologique. Mémoire de DEA, UCAD. 72p.
- Diao, M.B. 2004. Situation et contraintes des systèmes urbains et périurbains de production horticole et animale dans la région de Dakar. *Cahiers Agricultures* 13:39 - 49.
- Dinon, E. et Gerstmans, A. 2008. L'Influence du pH sur l'assimilation des éléments nutritifs du sol par les plantes et sur la variété des plantes. Université de Liege, Printemps des Sciences, 4p. www2.ulg.ac.be/sciences/printemps/pedagogique/1151.pdf. Accédé le 15 Mars 2014.
- Duchaufour, P.H. 1983. Pédologie. Pédogenèse et classification T1. Ed Masson. pp. 467-483.
- Ennabli, N. 1995. L'irrigation en Tunisie. Institut National Agronomique de Tunisie, DGRF, Tunis. 520p.
- Fall, A.S., Fall, S.T., Cisse, I., Badiane, A.N., Diao, M.B. et Fall, C.A. 2001. Caractérisation de la zone des Niayes. CRDI. 7p.
- FAO, 1985. Directives pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation. L'irrigation avec des eaux usées traitées. Manuel d'utilisation 4-23.
- FAO-UNESCO.1994. World Reference Base for Soil Resources. Draft. O. Spaargaren, Ed. Wageningen/Rome, Italy.
- FAO, 1998. World reference base for soil resources. World Soils Resources Reports. Food and Agricultural Organization, Rome, Italy. 98p.
- Handj, *et al.*, 1995 in Sinoussi. 2001. Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale.
- Ltifi, W. 2008. Bilan d'eau et des sels dans les périmètres irrigués KALAAT L'ANDALOUS, laboratoire du centre de gestion du ressource en eau (CGRE) de L'INAT. Mémoire du mastère. 120p.
- Maignien, R. 1965. Carte pédologique du Sénégal. Notice explicative en 1/1000000. ORSTOM, Dakar, Sénégal.
- Montanarella, L. 1999. Le sol à l'interface de l'agriculture et de l'environnement. Agriculture, environnement, développement rural : faits et chiffres. UE : Union européenne-Commission européenne. Bruxelles. http://europa.eu.int/comm/agriculture/envir/index_fr.htm. Accédé le 11 Mars 2014.
- Morsli B. 2007. Etude de l'intrusion marine et de ses répercussions sur la dégradation des sols: cas des zones côtières d'Alger Est. Actes des JSIRAUF, Hamoi, 6p.
- Ndiaye, O., Diallo, A., Matty, F., Thiaw, A., Fall, R.D. et Guissé, A. 2012. Caractérisation des sols de la zone des Niayes de Pikine et de Saint Louis (Sénégal). *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 6:519-528.
- Ndiaye, O. 2009. Contribution à la caractérisation du sol et de la végétation des Niayes de Pikine et de Saint Louis au Sénégal. Mémoire de DEA, UCAD. 59p.
- Szablocs, I. 1989. Salt-affected Soils. CRC Press Inc. Florida. 274p.