

CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE ET ESTIMATION DE LA STABILITE STRUCTURALE DES SOLS AGRICOLES DE LA REGION SIDI RAHAL, SAHEL (CHAOUIA COTIERE, MAROC)

Fadwa Rafik
Najib Saber
Fatna Zaakour
Hajar Mohcine
Kaoutar Moustarihfer
Chakib Marrakchi

Département de géologie, Université Hassan II Mohammedia/ Laboratoire de Géologie Appliquée, Géomantique et Environnement / Faculté des sciences Ben M'sik, Casablanca, Maroc

Abstract

The aim of this study is to characterize and evaluate the physical and chemical quality of agricultural soils irrigated with water from wells in the region of Sidi Rahal, Sahel (coastal Chaouia, Morocco). Thus, thirty soil samples (0 to 20cm of depth) was randomly taked from three agricultural stations and were treated for various physicochemical analyzes (texture, pH, organic matter, calcareous rate, structural stability). The results show silty-sand soils with homogeneous texture, moderately basic pH (7.89 to 8.20), and 15.85% as carbonate rate. The organic material ranges from 0.3 to 2.5, the structural stability dry up and under water showed that those soils are usually unstable with a mean weight diameter (MWD) which ranges from 0.21 to 1.31 and stability index (SI) varying from 10.49 to 67.85.

Keywords: Sidi Rahal/Sahel, coastal Chaouia, Vegetable, organique matter, texture, physical and chemical indicators

Résumé

La présente étude a pour but de caractériser et évaluer la qualité physico-chimique des sols agricoles irrigués par les eaux des puits de la région de Sidi Rahal, Sahel (Chaouia côtière, Maroc). Ainsi, on a effectué trente prélèvements de sol, de 0 à 20cm de profondeur, répartis sur trois stations agricoles, d'une façon aléatoire. Les résultats des analyses physico-

chimiques (Texture, pH, la matière organique, Taux de calcaire, Stabilité structurale), montrent que les sols ont des textures sablo-limoneuses homogènes, des pH moyennement basiques (7,89 à 8,20), des taux de carbonates total ne dépassant pas 15.85%. La matière organique varie de 0.3 à 2.5, la stabilité structurale à sec et sous l'eau a montré que ces sols sont généralement instables avec un diamètre moyen pondéral (DMP) qui varie de 0,21 à 1,31 et un indice de stabilité (IS) qui varie de 10,49 à 67,85.

Mots clés: Sidi Rahal/Sahel, Chaouia côtière, maraîchage, matière organique, texture, indicateurs physico-chimiques

Introduction

Devant les besoins alimentaires d'une population humaine en croissance (environ 9 milliards en 2050) (Agrimonde, 2009), les sols agricoles sous l'intensification, l'érosion, le surpâturage et l'utilisation inadéquate des outils de travail, connaissent une dégradation notable qui se répercute sur les paramètres physiques, chimiques et biologiques de la qualité des sols. Ainsi dans ces sols on note une diminution du taux de la matière organique principale qui influence plusieurs propriétés fonctionnelles du sol (Loveland et Webb, 2003). Cette matière organique peut améliorer la stabilité structurale du sol suivant la nature, la qualité et les conditions du milieu (Aoyama *et al.*, 1999 ; Spacinni *et al.*, 2004, Abiven, 2004). Plusieurs études montrent qu'il ya une étroite relation entre le taux de matière organique et la stabilité structurale (Dutartre *et al.*, 1993 ; Le Bissonnais *et al.*, 2002 ; Chenu *et al.*, 2011). La matière organique joue un rôle important dans le mécanisme de rétention ou de libération des éléments nutritifs (Farah *et al.*, 1979). Le taux de matière organique influence d'autres paramètres importants tel que le pH et se trouve parfois protégée vis-à-vis de la dégradation microbienne par la présence des carbonates de calcium (Pouget, 1980). Cette protection de la matière organique est confirmée par les travaux de Trachaud (1994) indiquant que les processus d'humification et de minéralisation sont régis, entre autres, par la présence du calcaire dans le sol, pour Djili (2000) les sols riches en calcaires le sont aussi en matière organique.

Dans les zones semi-arides marocaines destinées aux maraîchages, les sols agricoles connaissent une dégradation de leur qualité sous l'effet de l'exploitation excessive. Cette dégradation se manifeste par la diminution des teneurs en matière organique d'une part et l'oxydation d'autre part (Mrabet *et al.*, 2004).

Les bandes côtières atlantiques de Sidi Rahal, Sahel Chaouia côtière jusqu'à Azemmour constituent des espaces destinés aux cultures maraîchères qui sont généralement pratiquées sur des surfaces restreintes par irrigation de

type pompage au niveau de la nappe d'eau souterraine influencée parfois par le biseau salé marin (Younsi, 2001). Le maraîchage (primeurs et de saison) constitué essentiellement de la tomate et de la pomme de terre, représente la principale activité de la région étudiée. Celle-ci participe avec un taux de 40 à 50 %, à l'exportation nationale en tomate, d'où un apport en devise important et une main d'œuvre intense (DPA, 1998).

La présente étude a pour but d'évaluer la qualité physico-chimique des sols agricoles sous cultures maraichères irrigués par des eaux des puits dans la région de Sidi Rahal, Sahel (Chaouia côtière, Maroc) à travers des paramètres physico-chimiques : matière organique, pH, texture, calcaire total, stabilité structurale.

Méthodes et matériels

Présentation de la zone d'étude

La région d'étude appartient à la "basse Chaouia" (Chaouia côtière) qui constitue la partie la plus agricole de la Chaouia côtière, située entre les villes de Casablanca et Azemmour. C'est une plaine subatlantique qui s'est développée en bordure de l'océan atlantique (Fig.1). D'une superficie totale de 1200 km², cette plaine est limitée par l'Océan atlantique au Nord, la zone d'affleurements schisteux au Sud, l'Oued Bouskoura à l'Est, l'Oued Oum-Er-Rbia à l'Ouest (Zerouali *et al.*, 2001), cette zone est faiblement inclinée vers l'océan et des cordons dunaires anciens et récents marquent la bordure de l'océan (Agence du bassin hydraulique du Bouregreg-Chaouia, 2012). La région est à vocations agricole et pastorale, une importante activité maraichère utilisant uniquement l'eau souterraine s'est développée depuis plusieurs dizaines d'années et constitue la principale source de revenus des habitants (Fakir, 2001).

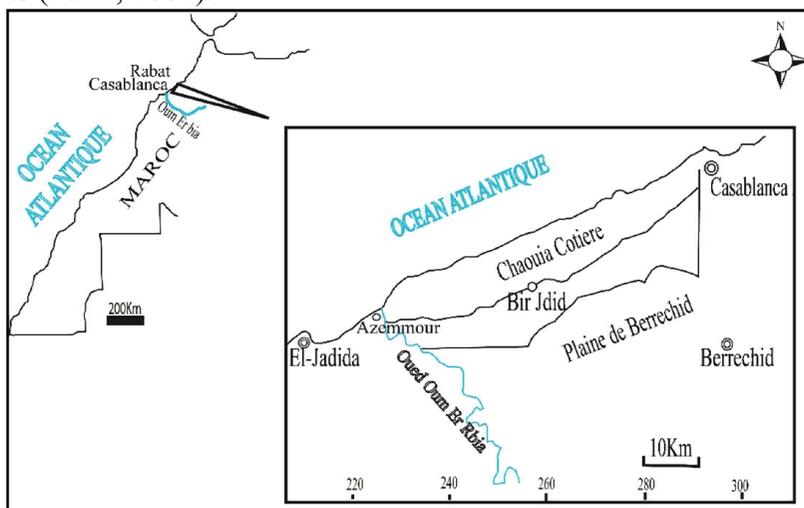


Figure 1 : Localisation de la Chaouia côtière (Fakir, 2001).

Géologie

La géologie de la plaine de la Chaouia côtière à l’instar de l’ensemble des plaines situées entre Rabat et Azemmour est assez simple. Elle est constituée du socle primaire sur lequel repose en discordance une couverture tertiaire et quaternaire de faible puissance (Fakir, 2001).

Le paléozoïque est formé de terrains complètement imperméables ou très peu perméables dans la frange supérieure altérée. Les formations prédominantes du primaire sont des schistes et des quartzites auxquels s’associent des grès. L’ensemble de ces terrains est attribué à l’Acadien et à l’Ordovicien (Zerouali *et al.*, 2001).

La couverture crétacée est peu développée dans la région, son extension se limite à la zone située entre Tnine Chtouka et Azemmour et affleure dans vallée de l’oued Oum-Er-rbia sous forme de calcaires, de marno-calcaires jaunes et de marnes jaunes. Le Plio-quaternaire constitué d’une mince pellicule de limons et de sables limoneux s’étend sur la majeure partie de la plaine (Agence du bassin hydraulique du Bouregreg-Chaouia, 2004).

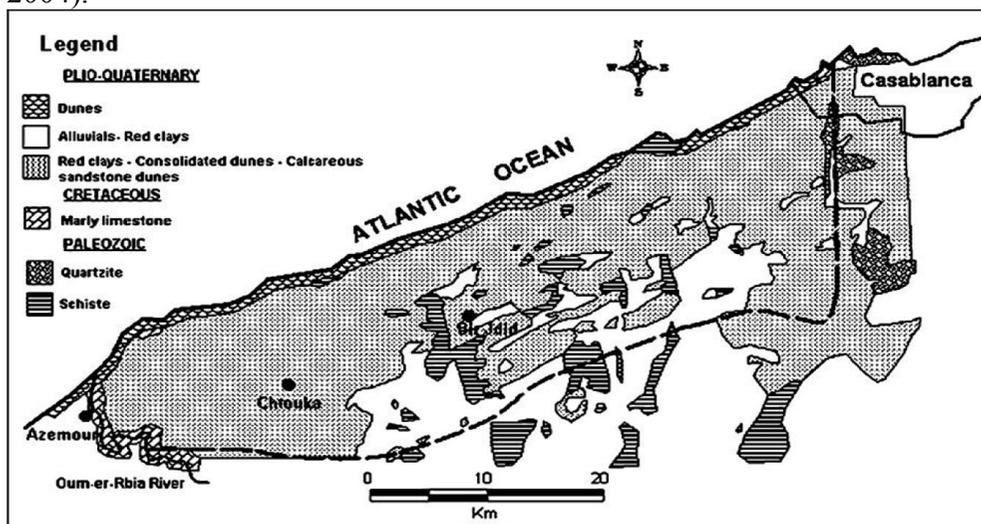


Figure 2 : Carte géologique du bassin Chaouia (Fakir, 2001).

Climat, pluviométrie, et température

Le climat de la région se range dans la catégorie des zones semi-arides et mésothermiques, avec une influence océanique. Si l’hiver n’est pas froid, l’été est par contre sec et chaud, ce qui fait de la plaine de la Chaouia côtière l’une des régions subatlantiques les plus chaudes. Ceci engendre une intensification des pompages et une surexploitation de la nappe pendant les saisons sèches. L’évolution de la pluviométrie (mesurée au Centre de travaux d’Azemmour) est la suivante.

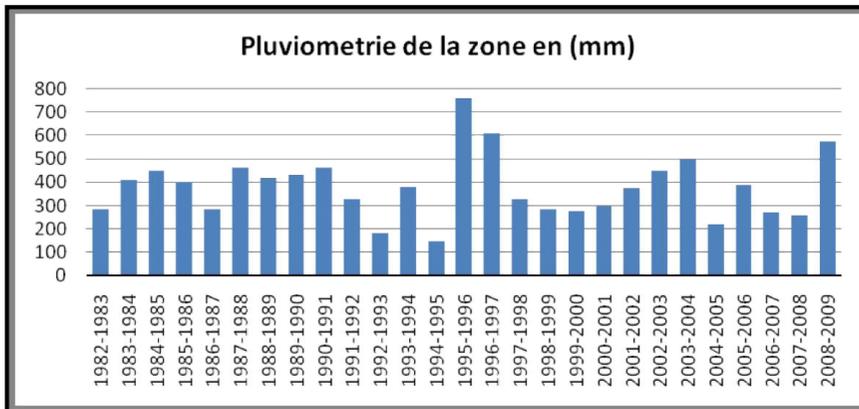


Figure 3 : Pluviométrie de la zone d'étude (Centre de travaux d'Azemmour, 2009).

La moyenne est de 367 mm. On remarque une variabilité importante de pluviométrie d'une saison à l'autre, avec un temps de retour d'environ 15 ans.

La distribution de la pluie durant l'année semble aussi modifiée depuis une vingtaine d'années. Elle était auparavant plus étalée tout au long de l'année, elle est de plus en plus concentrée sur quelques mois d'hiver, comme le montre la figure 4.

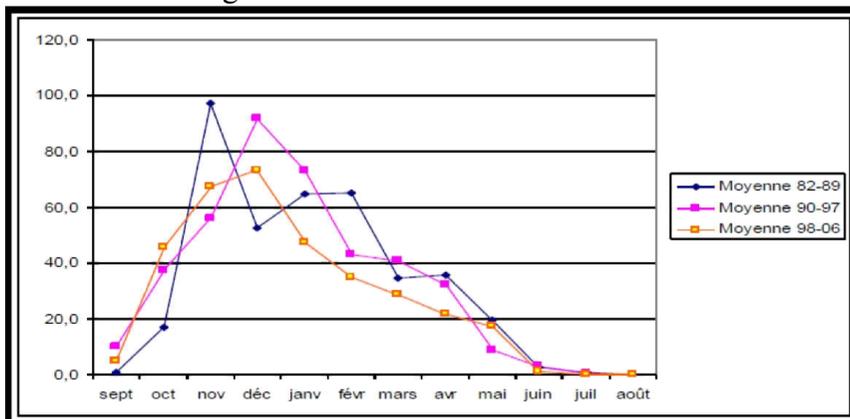


Figure 4 : Évolution de la pluie mensuelle (Centre de travaux d'Azemmour, 2009).

Concernant la température, la zone est tempérée par la proximité de l'Océan Atlantique, est caractérisée par une variation saisonnière qui peut aller de 12°C comme température moyenne en mois de janvier jusqu'à 23°C en juillet, mois le plus chaud.

L'amplitude thermique sur la journée est très importante et elle est pratiquement constante sur l'ensemble de l'année ; cette amplitude est de l'ordre de 15° mais elle peut atteindre 20°C.

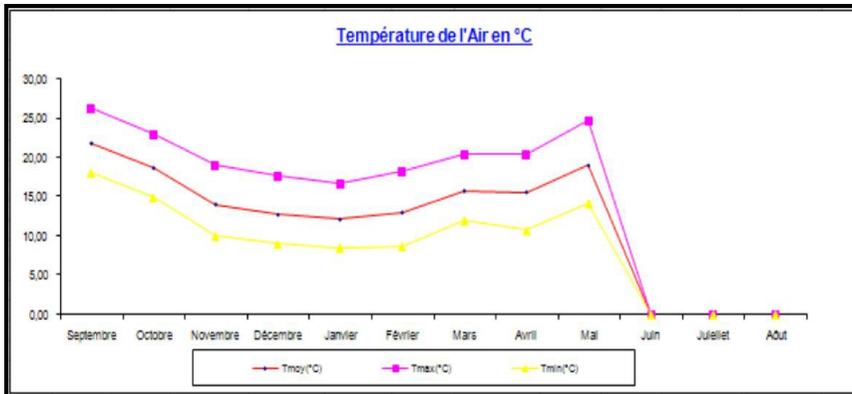


Figure 5 : Évolution des températures moyennes dans la station agrométéorologique d'Azemmour (Centre de travaux d'Azemmour, 2009).

Echantillonnage et méthodes d'analyses

L'échantillonnage a été effectué dans l'horizon (0-20cm) au niveau de 3 stations agricoles qui ont été sélectionnées en automne 2014 (Fig.6). On a prélevé six échantillons dans la station 1, dix-huit dans la station 2 et six dans la station 3.

Généralement les parcelles choisies sont des parcelles destinées aux cultures maraichères.

Les échantillons, d'environ 1,5kg de masse par échantillon, ont été tout d'abord séchés à l'air libre pendant une semaine ensuite écrasés au mortier en porcelaine puis tamisés à 2 mm et ensachés pour différentes analyses physico-chimiques (texture, pH-eau et pH-Kcl, CaCO₃, matière organique).

Le PH (pH-eau et pH-Kcl) (potentiel Hydrogène) a été opéré par la méthode de Mc. Lead (1982).

Le dosage de carbonate de calcium a été réalisé par la méthode de Bernard décrite par chamley (1966).

La détermination de la texture a été réalisée par la méthode de la pipette Robinson AFNOR (AFNOR, 2003. NFX31-107).

La teneur de la matière organique (MO) a été évaluée selon la méthode Walkley et Black, qui consiste en une oxydation à froid de la fraction organique du carbone par le bichromate du potassium (K₂Cr₂O₇ à 1N) en milieu acide et un titrage en retour par sel de Mohr (SO₄Fe, SO₄(NH₄)₂,6H₂O à 0,5N). Le taux de la matière organique est estimé en multipliant le pourcentage du carbone organique par le facteur 1,724 (Walkley et Black., 1934).

Pour déterminer l'effet significatif entre les paramètres physico-chimiques étudiés, différentes mesures ont fait l'objet d'une analyse de

variance, suivant les tests de corrélation de Person. Ces analyses statistiques ont été effectuées par le logiciel XLSTAT 2015 pendant sa période d'essai.

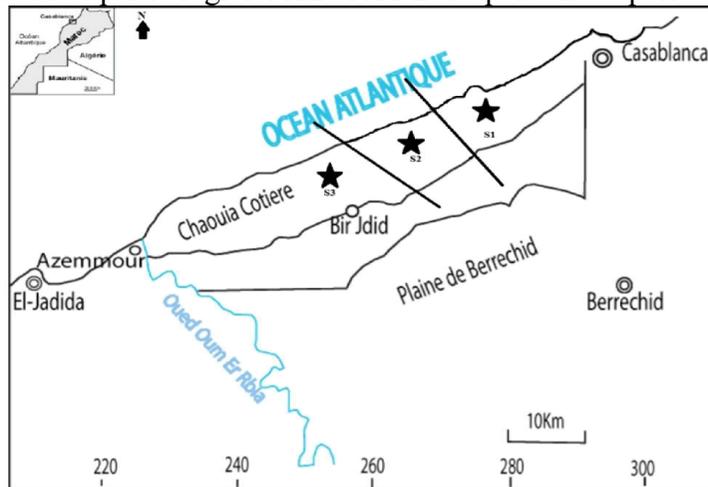


Figure 6 : Carte de localisations des stations d'échantillonnage

La stabilité structurale à sec a été évaluée par la méthode de tamisage à sec (Youker et McGuiness, 1956). Une prise de sol (150 g), séchée à l'air libre, est mise dans une colonne de tamis de mailles 5, 4, 3.15, 2.25, 2, 1, 0.4, 0,2 et < 0.2 mm, animé d'un mouvement à 1440 vibrations/ mn pendant 5 minutes. Le refus de chaque tamis est pesé (Wi en g). L'indice de stabilité à sec est défini par le diamètre moyen pondéral « DMP » calculé à partir de la formule suivante:

$$DMP = \sum Xi . Wp$$

Xi = diamètre moyen de deux classes de tamis successifs

Wp = (masse des agrégats correspondant à chaque classe Wi)/150 g.

La stabilité structurale à l'eau est déterminée par la méthode Kemper et Rosenau (1986). Quatre grammes de la fraction (1 - 2) mm obtenus lors du tamisage à sec (stabilité à sec) sont déposés dans un tamis (70 μ m) animé d'un mouvement alternatif et plongé dans un gobelet contenant 100 ml d'eau distillée pendant 3 minutes. Les agrégats instables à l'eau se trouvent en suspension dans le gobelet, leur masse est pesée après séchage à l'étuve pendant 24 heures la masse pesée correspond à la masse des agrégats instables à l'eau (MAI en g). Le tamis contenant les agrégats restants, les débris de végétaux et les particules de sable est animé à nouveau d'un mouvement alternatif vertical dans un gobelet contenant 100 ml d'une solution d'hexamétaphosphate de sodium (2 g/l) jusqu'à dispersion complète (30 minutes environ). Les particules en suspension dans la solution correspondent aux agrégats stables à l'eau et leur masse (MAS) est déterminée après passage à l'étuve pendant 24 heures à 105 °C. La masse du sable retenue dans le tamis est soustraite de la masse totale (4 g).

Connaissant la masse des agrégats stables et les agrégats instables à l'eau on définit l'indice de stabilité (IS) à l'eau comme suit:

$$IS = [MAS / (MAS + MAI - MC)] * 100$$

MAS: masse des agrégats stables à l'eau (g)

MAI: masse des agrégats instables à l'eau (g)

MC: masse de l'hexamétaphosphate de sodium ou calgon utilisé (g).

Résultats et discussion

Résultats

L'analyse texturale par pipette de Robinson a montré que les sols étudiés sont de type sablo-limoneux (fig.7). Les trois stations agricoles présentent des teneurs en sable élevées par rapport aux deux autres fractions.

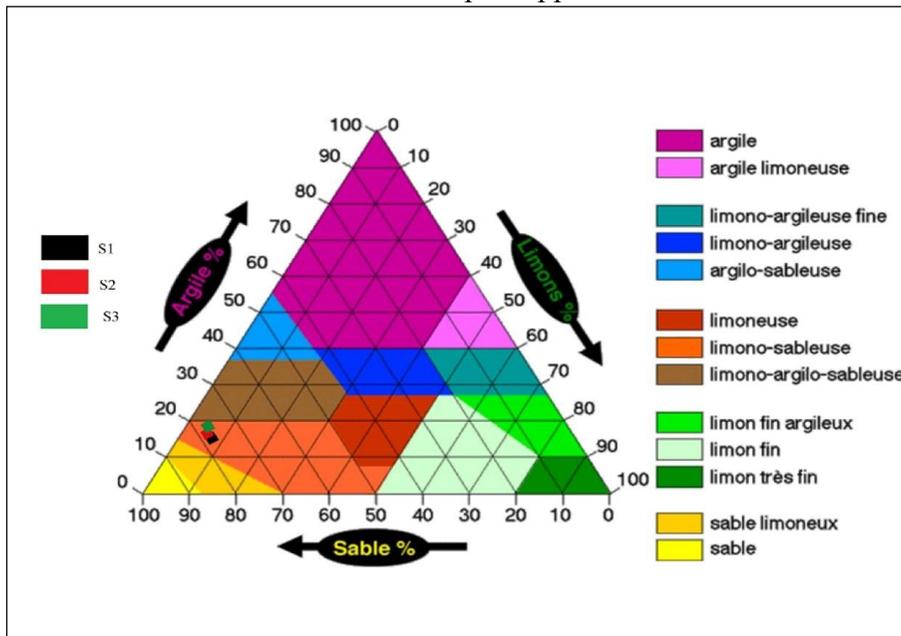


Figure 7 : Caractérisation texturale des sols étudiés

Le pourcentage moyen du sable est plus important dans la station 3 avec 77,95% qu'en station 1 avec 77,25%, tandis que les argiles présentent une teneur maximale qui ne dépasse pas 6,75% dans la station 1 et la fraction de limon présente des teneurs qui augmentent légèrement de la station 1 avec 16% vers la station 3 avec 16,8% (tableau 1).

Les sols analysés révèlent une texture légèrement semblable à celle de la région de Bouskoura qui sont de type limono-sableux avec des pourcentages d'argiles variant entre 6,3% et 8,3%, des pourcentages de sables variant de 57,30% à 74,30% et des pourcentages de limons variant de 19,40% à 35% (Saber *et al.*, 2014).

Tableau 1 : Caractérisation texturale moyenne des sols étudiés

Stations	Argile (%)	Limon fin (%)	limon grossier (%)	Sable fin (%)	Sable grossier (%)
S 1	6,750	7,000	9,000	58,250	19,000
S 2	5,867	6,367	10,200	66,533	11,033
S 3	5,250	6,550	10,250	63,650	14,300

Les résultats des paramètres physico-chimiques sont représentés dans les tableaux 2 (pH), 3 (matière organique totale), 4 (carbonate de Calcium), 5 (DMP) et 6 (IS).

La lecture de ces résultats montre qu'en ce qui concerne le pH des sols, il se situe autour d'une moyenne de 7,80 avec un minimum de 7,33 (neutre) et un maximum de 8.39 (moyennement basique) dans la station 1 alors que dans la station 2, le pH varie de 6,66 à 8,29. La station 3 montre un pH qui varie de 7,34 à 8,17.

Les valeurs moyennes de pH sont comparables d'une station à l'autre (S1 : 7,80; S2 : 7,93 et S3 : 7, 83) traduisant un pH moyennement basique.

pH des trois stations										
Station 1		Station 2				Station 3				
E1	7,83	E1	8,17	E7	7,44	E13	7,93	E1	7,64	
E2	7,56	E2	7,89	E8	8,29	E14	7,98	E2	8,03	
E3	8,39	E3	7,84	E9	8,15	E15	6,66	E3	7,34	
E4	8,07	E4	8,03	E10	8,20	E16	8,12	E4	8,17	
E5	7,63	E5	8,26	E11	8,14	E17	8,01	E5	7,98	
E6	7,33	E6	7,96	E12	7,89	E18	7,95	E6	7,86	
Moyenne	7,80	Moyenne	7,9				Moyenne	7,83		

Tableau 2 : Résultats des mesures de pH des trois stations

L'analyse de la matière organique totale permet de distinguer une variation des taux d'une station à une autre et dans la même station. Ainsi, le taux de MO varie de 0,43 % à 1,11 % dans la station 1; de 0,73 à 2,55 % dans la station 2 et de 0,55 à 1,80 % dans la station 3.

Tableau 3 : Tableau de la MO des trois stations

MO des trois stations (en %)										
station 1		station 2				station 3				
E1	0,97	E1	1,14	E7	2,55	E13	1,73	E1	1,80	
E2	0,47	E2	1,20	E8	0,49	E14	1,76	E2	0,88	
E3	0,64	E3	1,25	E9	0,78	E15	0,61	E3	0,80	
E4	0,43	E4	0,61	E10	0,77	E16	1,02	E4	0,55	
E5	1,11	E5	0,37	E11	0,80	E17	1,32	E5	1,19	
E6	0,55	E6	0,92	E12	0,64	E18	1,05	E6	1,76	
Moyenne	0,72	Moyenne	1,09				Moyenne	1,04		

Ces résultats sont comparables à ceux trouvés dans les sols du périmètre irrigué d'Issen plaine de Souss Massa, qui présentent que la plupart des sols sont pauvres à moyennement pourvus de matière organique (El Oumlouki, 2014).

Pour le taux carbonates, il est en moyenne 2,785% dans la station 1 avec un minimum 0,22% (taux très faible) et un maximum de 8,92% (taux modéré). Dans la station 2, il varie de 0,22% jusqu'à 15,84% avec une moyenne de l'ordre de 4,58% malgré la présence de la valeur 15,84% on constate que la quasi-totalité des échantillons sont pauvres en carbonates. Dans la station 3, le taux de carbonates varie de 0 à 12,94 avec une moyenne d'ordre de 3,77%.

Tableau 4 : Tableau de calcaire total des trois stations

Taux des carbonates des trois stations (en %)									
station 1		station 2						station 3	
E1	6,02	E1	8,25	E7	1,33	E13	6,69	E1	0,22
E2	0,22	E2	1,78	E8	4,46	E14	15,84	E2	0,22
E3	8,92	E3	1,56	E9	1,33	E15	0,22	E3	0
E4	1,11	E4	1,33	E10	6,25	E16	4,91	E4	3,25
E5	0,22	E5	1,33	E11	5,58	E17	6,47	E5	6,02
E6	0,22	E6	12,27	E12	0,22	E18	2,67	E6	12,94
Moyenne	2,78	Moyenne	4,58				Moyenne	3,77	

L'analyse de la stabilité structurale (IS) montre que la majorité des échantillons présente un taux d'agrégats stables à l'eau inférieur à 50%. Ceci est expliqué par le faible taux de matière organique de ces sols (tableau, 5). Pour la stabilité à sec En effet les sols de la région sont instables avec des valeurs qui ne dépassent pas 1,31mm. La station 1 varie de 0,25 à 0,78 et dans la station 2 de 0,21 à 0,98 et de 0,25 jusqu'à 1,31 dans la station 3 (tableau, 6).

Tableau 5 : Tableau de l'indice de stabilité des trois stations

IS des trois stations									
station 1		station 2						station 3	
E1	25,68	E1	26,42	E7	46,76	E13	42,52	E1	18,95
E2	24,5	E2	19,21	E8	14,47	E14	48,34	E2	34,25
E3	26,92	E3	66,97	E9	30,19	E15	67,85	E3	10,49
E4	16,88	E4	27,45	E10	14,07	E16	35,29	E4	29,77
E5	22,57	E5	43,77	E11	36,41	E17	30,79	E5	27,85
E6	42,97	E6	29,06	E12	29,46	E18	35,51	E6	32,31
Moyenne	23,31	Moyenne	36,70				Moyenne	24,26	

Tableau 6 : Tableau de DMP des trois stations

DMP des trois stations										
station 1		station 2					station 3			
E1	0,78	E1	0,59	E7	0,49	E13	0,56	E1	0,35	
E2	0,25	E2	0,43	E8	0,48	E14	0,74	E2	0,25	
E3	0,41	E3	0,47	E9	0,36	E15	0,21	E3	1,31	
E4	0,35	E4	0,47	E10	0,43	E16	0,55	E4	0,31	
E5	0,3	E5	0,98	E11	0,39	E17	0,24	E5	0,42	
E6	0,31	E6	0,68	E12	0,27	E18	0,4	E6	0,64	
Moyenne	0,4	Moyenne	0,48				Moyenne	0,54		

Évolution des paramètres physico-chimique des sols agricoles de la région de Sidi Rahal

Tableau 7 : Statistiques générales des différentes propriétés physico-chimiques et de la stabilité des agrégats des échantillons de sols 'station 1'

	%MO	pH	Ph (Kcl)	%Calcaire Total	DMP	IS	%Argile	%Limon	%Sable
Moyenne	0,7	7,8	7,365	2,785	0,40	26,58	6,750	16,00	77,25
Maximum	1,11	8,39	7,81	8,92	0,78	42,97	7,00	19,00	80,05
Minimum	0,43	7,3	6,91	0,22	0,25	16,88	6,5	13,00	74,00
Écart type	0,27	0,38	0,33	3,75	0,19	8,76	0,35	4,24	4,59

Tableau 8 : Statistiques générales des différentes propriétés physico-chimiques et de la stabilité des agrégats des échantillons de sols 'station 2'

	%MO	pH	pH (Kcl)	%Calcaire Total	DMP	IS	%Argile	%Limon	%Sable
Moyenne	1,06	7,93	7,50	4,58	0,49	35,81	5,867	16,56	77,56
Maximum	2,55	8,29	7,88	15,84	0,98	67,85	6,3	20,00	80,00
Minimum	0,30	6,6	6,10	0,22	0,21	14,07	5,5	14,20	74,50
Écart type	0,53	0,37	0,41	4,28	0,18	15,12	0,40	3,04	2,80

Tableau 9 : Statistiques générales des différentes propriétés physico-chimiques et de la stabilité des agrégats des échantillons de sols 'station 3'

	%MO	pH	pH (Kcl)	%Calcaire Total	DMP	IS	%Argile	%Limon	%Sable
Moyenne	1,16	7,83	7,41	3,77	0,55	25,60	5,25	16,80	77,95
Maximum	1,80	8,17	7,68	12,94	1,31	34,25	5,5	17,00	78,00
Minimum	0,55	7,34	7,11	0	0,25	10,49	5	16,60	77,90
Écart type	0,52	0,30	0,24	5,07	0,39	9,10	0,35	0,28	0,07

Les moyennes de pH et pH (Kcl) restent comparable dans les trois stations agricoles entre 7,83 et 7,93.

L'évolution spatiale des moyennes de la matière organique suit un gradient croissant de S1 (0,70%) vers S3 (1,16%). Les résultats des sols étudiés montrent que plus de 50% des sols analysés sont pauvres en matière

organique et cela peut être expliqué par l'influence du semi-aride de notre région d'étude.

L'évolution spatiale des moyennes de taux de calcaire total a révélé un gradient croissant de S1 (2,78%) vers S2 (4,58%) puis décroît de S2 à S3 pour atteindre 3,77%.

Concernant la moyenne DMP ne connaît pas un grand changement et suit un gradient croissant de la S1 vers S3 pour atteindre 0,55. Par contre IS connaît une augmentation de puis la station 1 (26,58) vers la station 2 (35,81) ensuite une diminution dans la station 3 (25,6) cela est dû à la nature de nos sols.

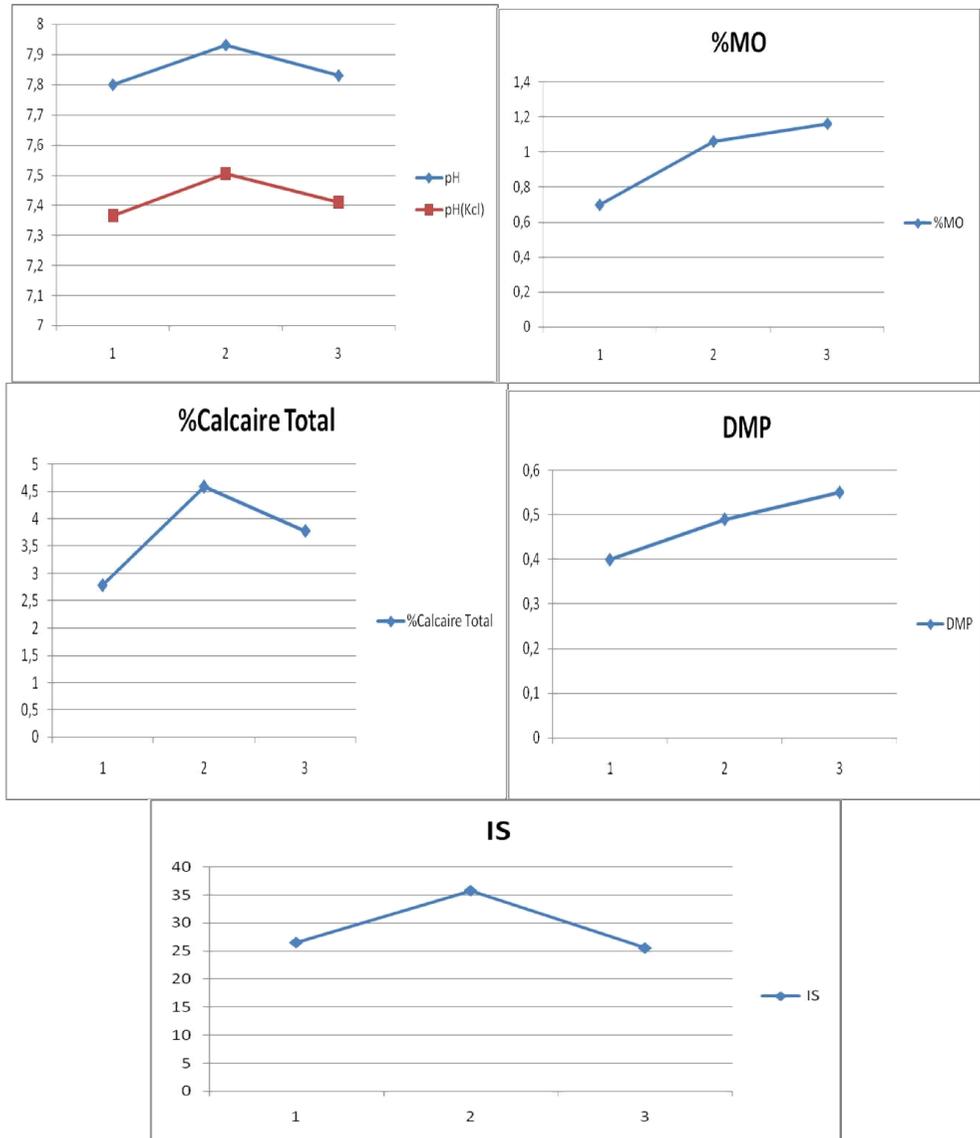


Figure 8 : Courbes des évolutions des paramètres physico-chimiques

Discussion

Le pH est une indication du niveau général du sol en éléments chimiques assimilables. Le pH du sol se trouve en relation directe avec les cations et les anions échangeables. Il joue un rôle important dans le mécanisme de rétention ou de libération des éléments nutritifs (Farah et al., 1979). Ce paramètre est positivement corrélé avec tous les paramètres physico-chimiques dans les trois stations. (Le taux calcaires, la matière organique, la stabilité structurale à sec (DMP)).

Dans la station 1 on remarque que la DMP est positivement corrélé avec la matière organique et les carbonates de calcium ($R= 0,4$ et $R= 0,6$). On constate également l'existence d'une corrélation fortement positive entre pH et CaCO_3 d'ordre de 0,76.

Dans la station 2, le CaCO_3 est faiblement corrélé avec la matière organique avec un coefficient de corrélation d'ordre $R= 0,2$. Le DMP est positivement corrélé avec la matière organique et le CaCO_3 ($R= 0,7$ et $R= 0,4$).

En effet, la matière organique protège les agrégats contre l'éclatement au moment de l'humectation. Dans la plaine de Chélif en Algérie, Saidi et al (1999) ont aussi trouvé une corrélation significative et positive entre la stabilité structurale et le taux de matière organique.

Dans la station 3, la matière organique est corrélée avec le carbonate de calcium ($R= 0,4$). L'indice de stabilité (IS), déterminée par la méthode de Kemper et Rosenau (1986), est légèrement corrélé avec CaCO_3 ($R= 0,4$) ainsi qu'avec le pH ($R= 0,8$).

La matière organique paramètre indispensable et spécifique de la qualité des sols augmente de la station 1 (0,7%) vers la station 3 (1,16%). Le coefficient de corrélation de la matière organique avec le taux de calcaire dans les trois stations est de l'ordre $R= 0,1$ et $R= 0,2$ et $R= 0,4$.

Matrice de corrélation (Pearson (n)) des trois stations

Station 1

	MO	CaCO ₃	DMP	IS	pH
MO	1				
CaCO ₃	0,171	1			
DMP	0,445	0,625	1		
IS	-0,100	-0,067	-0,057	1	
pH	-0,082	0,769	0,269	-0,536	1

Station 2

	MO	CaCO ₃	DMP	IS	pH
MO	1				
CaCO ₃	0,279	1			
DMP	0,740	0,443	1		
IS	0,065	-0,028	-0,033	1	
pH	-0,228	0,295	0,024	-0,474	1

Station 3

	MO	CaCO3	DMP	IS	pH
MO	1				
CaCO3	0,450	1			
DMP	-0,119	-0,041	1		
IS	0,010	0,494	-0,741	1	
pH	-0,239	0,294	-0,820	0,899	1

Conclusion

La qualité des sols de la région de Sidi Rahal, Sahel (Chaouia Côtière) appréciée à travers les paramètres physico-chimiques permet de conclure que:

La texture est de type sablo-limoneuse ;

Le pH reste semblable dans les différentes stations et varie de 7,33 à 8,39 dans la station 1, de 6,66 à 8,29 dans la station 2 et 7,34 à 8,17 dans la station 3 ;

Le taux de la matière organique augmente de S1 (0,70%) vers S3 (1,16%) ;

Le carbonate de calcium accroît de S1 (2,78%) vers S2 (4,58%) puis décroît de S2 à S3 pour atteindre 3,77% ;

La stabilité structurale à sec (DMP) montre que notre sol est instable et augmente de S1 (0,4) vers S2 (0,55) ;

Les mesures de stabilité structurale sous l'eau (IS), déterminée par la méthode de Kemper et Rosenau, ont montré que la majorité des sols présentent une stabilité inférieure à la moyenne. La stabilité structurale augmente depuis S1 (26,58) vers la S2 (35,81) ensuite diminue dans la S3 (25,6).

References :

Abiven S. (2004) Relations entre caractéristiques des matières organiques apportées, dynamique de leur décomposition et évolution de la stabilité structurale du sol". Thèse de Doctorat de l'École Nationale Supérieure d'Agronomie de Rennes. Directeur de la thèse : Roger-Estrade J.

Afnor. (2004) Détermination de la distribution granulométrique des particules du sol (NF X 31 107). In : Evaluation de la qualité des sols. Volume 1 : Méthodes d'analyse chimique. Afnor (Ed.). Paris.

Agence du Bassin Hydraulique du Bouregreg et de la Chaouia. (2004) Étude hydrogéologique et inventaire des préleveurs des eaux souterraines au droit de la nappe de la Chaouia Côtière, rapport inédit.

Agence du Bassin Hydraulique du Bouregreg et de la Chaouia. (2012) Etat de la qualité des ressources en eau dans la zone d'action de l'Agence de Bassin Hydraulique du Bouregreg et de la Chaouia en 2006-2007.

- Agrimonde. (2009) *Agricultures et alimentations du monde en 2050 : scénarios et défis pour un développement durable*. Etude Cirad-Inra, note de synthèse, 32 pp.
- Aoyama M., Angers D.A., N'Dayegamiye A. (1999) Particular and mineral-associated organic matter in water-stable aggregates as affected by mineral fertilizer and manure applications. *Can. J. Soil Sci.*, 295-302.
- Centre de travaux 13-01 d'Azemmour. (2009) *Monographie de la zone d'action du C.T 13-01 d'Azemmour*.
- Chamley H. (1966) *Guide des techniques du laboratoire de Géologie Marine de Luminy*”, 198 p.
- Chenu C., Abiven S., Amblès A., Annabi M., Barray S., Bertrand M., Bureau F., Cosentino D., Darboux F., Duval O., Fourrié L., Francou C., Houot S., Jolivet C., Laval K., Le Bissonnais Y., Lemée L., Menasseri S., Pétraud J.-P., Verbeque B. (2011) Mise au point d'outils de prévision de l'évolution de la stabilité de la structure de sols sous l'effet de la gestion organique des sols. *Étude et Gestion des Sols*, 18 (3), pp. 161-174.
- Direction provinciale de l'agriculture (1998) *Étude de la sauvegarde de la PMH de la zone côtière atlantique (zone d'Azemmour- Bir Jdid)*.
- Djili K. (2000) *Contribution a la connaissance des sols du nord de l'algerie*”. These doctorat, INA,alger.243.
- Dutartre P., Bartoli F., Andreux F., Portal J.M., Ange, A. (1993) Influence of content and nature of organic matter on the structure of some sandy soils from West Africa. *Geoderma*, 56, 459-478,1993.
- El oumlouki K., Moussadek R., Zouahri A., Dakak Z., Chati M., El amrani M. (2014) *Étude de la qualité physico-chimique des eaux et des sols de la région Souss Massa, (Cas de périmètre Issen), Maroc*, *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (S2).
- Fakir Y. (2001) Potential exploitation and salinity of aquifers, Chaouia coast, Atlantic shoreline, Morocco. *Journal of Earth Sciences*, Vol. 32, No. 4, pp. 791-801.
- Farah H et al. (1979) Ph effect in the adsorption of heavy metal ions by clays CHem”. *Geol*, vol 25, 317-326pp.
- Kemper W.D., Rosenau R.C. (1986) Aggregate stability and size distribution In: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 1: Physical and Mineralogical Methods*, Monograph No 9. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 425–442.
- Le Bissonnais Y., Cros-Cayot, S., Gascuel-Oudou, C. (2002) Topographic dependence of aggregate stability, overland flow and sediment transport”. *Agronomie*, 22, 489-501.
- Loveland P., Webb J. (2003) Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review. *Soil and Tillage Research* 70, 1-18.

- Mc Lead E.O. (1982) pH and lime requirements. In: Page, A.L. et al. (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part 2, second ed., Agronomy, vol. 9* Soil Society of America, Madison, WI, pp: 199–244.
- Mrabet R., Lahlou S., Le Bissonnais Y et Duval O. (2004) Estimation de la stabilité structurale des sols semi-arides marocains Influence des techniques culturales simplifiées”, *Bulletin du Réseau Erosion, Vol. 23, n°.2, pp, 405-415.*
- Pouget M. (1980) the soil-vegetation results in the southern steppes algiers”.thesis doct,univ.marseille III.555p.
- Saber N., Chemsî Z., Zaakour F., Matech F., Moustarhfer K., Mohcine.,H. (2014) Distribution des éléments traces métalliques dans les sols avoisinant la cimenterie de bouskoura-maroc distribution of trace metals in soils around the bouskoura cement plant morocco” *European Scientific Journal September 2014 edition vol.10, No.27.*
- Saidi D., Douaoui A ., Le Bissonnais Y. and Walter C. (1999) Sensibilité de la surface des sols des plaines du Chéelif à la dégradation structurale”. *Étude et Gestion des Sols., 6(1): 15-25.*
- Spaccini R., Mbagwu J.S.C., Igwe C.A., Conte P., Piccolo A. (2004) Carbohydrates and aggregation in lowlands soils of Nigeria as influenced by organic inputs. *Soil Till. Res., 75, 161-172.*
- Trachaud L. (1994) post fire plant community dynamics in the mediterranean basin, univ. moreno ,v,m et oechel N.C (eds). *The role of the fire in mediterranean .type ecosystems,pp 1-15.*
- Walkley A. Black C. A. (1934) An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposal modification of the chromic acid titration method. *Soil Science, Vol. 37, p. 29-38.*
- Youker R.E., McGuinness J.L. (1956) A short method of obtaining mean weightdiameter values of aggregate analysis of soils. *Soil Sci. 83, 291–294.*
- Younsi, A., ‘Méthodologie de mise en évidence des mécanismes de salure des eaux souterraines côtières en zone semi-aride irriguée (Chaouia côtière, Maroc)’. Thèse d’état, Univ. Chouaib Doukkali, 2001.
- Zerouali A., Lakfifi L., Larabi A., Ameziane A. (2001) Modélisation De La Nappe De Chaouia Côtière (Maroc), *First International Conference on Saltwater Intrusion and Costal Aquifers- Monitoring, Modeling, and Management. Essaouira, Morocco, April 23-25.*