

Situation actuelle de la qualité des sols et des eaux dans le périmètre irrigué des Doukkala

M. Rahoui⁽¹⁾, B. Soudi⁽²⁾, M. Badraoui⁽²⁾, J. M. Marcoen⁽³⁾ & M. Benzakour⁽¹⁾

(1) Université Mohammed V, Faculté des Sci., Dépt. Sciences de la Terre, Rabat, Maroc.

(2) Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc.

(3) Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Belgique.

1. INTRODUCTION

Le Maroc a consenti des investissements considérables en matière de mise en valeur agricole et d'aménagements hydrauliques en vue de moderniser son agriculture et assurer en conséquence son autosuffisance alimentaire. De nombreuses zones agricoles ont été en effet développées à l'échelle régionale dont la mise en valeur s'est nécessairement accompagnée par un emploi intensif des engrais azotés et de produits phytosanitaires, et une non maîtrise de l'irrigation.

Le périmètre irrigué des Doukkala compte parmi les plus anciens et les plus importants du pays, et connaît une intensification des pratiques culturales. Certes, cette intensification a un effet positif sur les rendements agricoles, mais elle présente, cependant, des incidences négatives en matière de dégradation de la qualité aussi bien des sols que des milieux récepteurs, notamment la nappes phréatiques. En effet, des études récentes ont montré dans cette région, l'existence de problèmes de salinité, sodification, engorgements et pollution nitrique des eaux souterraines (Aniba, 1997; Id Ahmad, 1998; Rahoui et al, 1999a). Cette dégradation est causée en grande partie par l'utilisation abusive des produits agrochimiques, notamment les engrais azotés et les pesticides, et la non maîtrise de l'irrigation et du drainage des parcelles cultivées.

De ce fait, la présente étude constitue un diagnostic de la situation actuelle de la qualité des sols du périmètre irrigué des Doukkala en se basant sur l'analyse des paramètres de qualité. Elle se veut tout d'abord une approche méthodologique pour le diagnostic de la qualité des sols afin d'établir un état des lieux renforcé par une cartographie des zones touchées. Cette approche favorisera la surveillance dans le temps et dans l'espace de la qualité des sols.

Mais avant d'aller plus loin, il conviendrait de définir «la qualité des sols». En fait, il y a une certaine unanimité à la définir comme étant «la capacité du sol à

fonctionner» (Pierce & Larson, 1993; Acton & Gregorich, 1995; Karlen et al, 1997; Mausbach & Tugel, 1997), c'est à dire:

- Assurer un production biologique durable: production végétale et résistance à l'érosion;
- Préserver la qualité de l'environnement: qualité des eaux souterraines, des eaux de surface et de l'air;
- Préserver la santé de l'Homme et de l'animal: qualité des aliments.

L'évaluation de la qualité des sols passe d'abord par la délimitation des propriétés du sol qui sont mesurables quantitativement et qui définissent les processus majeurs du fonctionnement du sol: ce sont les indicateurs physiques, chimiques et biologiques de la qualité des sols.

2. MATERIEL ET METHODES

Le périmètre irrigué bas service des Doukkala correspond à une vaste plaine de 61000 ha de terres irriguées en grande hydraulique, située au sud de la ville d'El Jadida sur la côte atlantique marocaine. Il est subdivisé en 9 casiers agricoles dont la distinction se base sur la date de mise en eau et sur le mode d'irrigation : gravitaire ou aspersion (Figure 1). Chaque casier est géré par plusieurs Centres de Développement Agricole (CDA).

Le climat de la région est de type méditerranéen semi-aride à hiver tempéré (Emberger, 1953). La pluviométrie annuelle varie de 400 mm le long de la côte atlantique à 250-300 mm à l'intérieur de la plaine avec une moyenne de 322 mm enregistrée au cours de 50 à 60 jours de pluies entre octobre et mai (ORMVAD, 1998). La température moyenne annuelle est de 18.6°C est l'évapotranspiration annuelle atteint 1700 mm/an avec des valeurs journalières qui varient entre 2 mm et 8 mm selon les saisons (Rhazri & Albouchi, 1998).

Les principaux types de sols de la plaine appartiennent selon la classification française (CPCS, 1967) aux six classes suivantes (Badraoui et al, 1993): les sols isohumiques, les vertisols, les sols calcimagnésiques, les sols peu évolués, les sols à sesquioxydes de fer et les sols hydromorphes. Ces sols présentent généralement une texture équilibrée en surface qui devient argileuse en profondeur avec dominance de la fraction sableuse (sables fins en particulier) (Rahoui et al, 1999b).

L'étude a été portée sur 70 sites de sols irrigués et 18 non irrigués (Bour) sélectionnés par l'ORMVAD. selon des critères de représentativité spatiale des différentes unités de sols de la région, des modes d'irrigation et des systèmes de culture. Les sols ont été échantillonnés sur 3 horizons pour les plus profonds : 0-30 cm, 30-60 cm et 60-90 cm. Quand la profondeur ne le permettait pas, seuls les deux premiers horizons ont été prélevés.

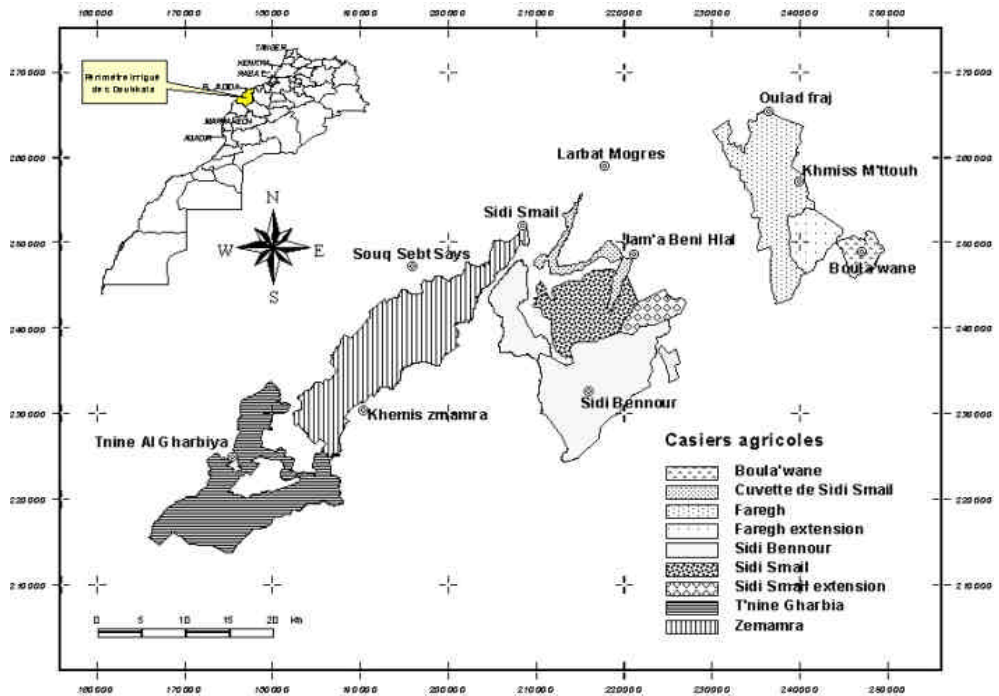


Figure 1: Localisation géographique des casiers agricoles du périmètre bas service des Doukkala

Pour faire l'état des lieux de la qualité des sols, un Minimum Data Set (MDS) de paramètres de qualité physiques et physico-chimiques a été sélectionné. Les paramètres choisis sont en relation directe avec les processus de dégradation réels rencontrés dans le périmètre d'étude, sont dynamiques et évolutifs et sont simples à analyser et économiques. Il s'agit de la texture, la stabilité des agrégats, la perméabilité verticale, la conductivité hydraulique, la densité apparente, la matière organique, les bases échangeables, la CEC, le pH, la conductivité électrique et l'ESP. Les résultats sont interprétés en se basant sur les normes de l'Administration du Génie Rural (AGR).

2. RESULTATS

2.1. Etat de la salinité

Selon les normes de qualité des eaux d'irrigation utilisées au Maroc (Richard, 1954), les eaux de la rivière Oum-Er-Rbiaa utilisées pour l'irrigation dans les Doukkala sont de forte salinité avec une CE moyenne de 1.42 dS/m. ces eaux apportent une quantité importante de sels estimée à 4.3 tonnes/ha.an. Par contre, ces eaux ne semblent pas présenter des risques de sodicité avec un Ratio d'Adsorption du sodium (SAR) de 3.79 (méq/l)^{1/2}. d'après les normes proposées

par Rhoades (1982), ces valeurs indiquent qu'une irrigation avec ces eaux ne devrait pas causer de réduction du taux d'infiltration de l'eau dans les sols.

Contrairement aux attentes, considérant la forte salinité des eaux d'irrigation, les sols analysés se sont révélés être, selon les normes de l'AGR, non salins ($CE_{ps} < 4$ dS/m) dans 95% des cas avec une moyenne de 0.21 dS/m. une différence très hautement significative existe entre les valeurs des sols Bour et celle des sols irrigués. Les sols irrigués par le système gravitaire semblent être les plus touchés par la salinisation avec une teneur moyenne de 1.04dS/m (Figure 2). Dans la quasi-totalité des cas, les horizons profonds accusent une salinité relativement plus élevée que les horizons de surface. Néanmoins, les analyses statistiques ont montré que cette différence est non significative.

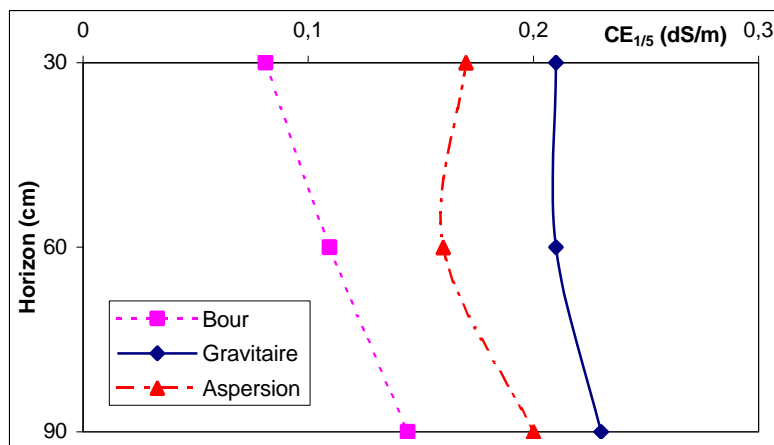


Figure 2: $CE_{1/5}$ moyenne dans les sols analysés selon le mode d'irrigation

En considérant la forte salinité de l'eau d'irrigation et le déficit du bilan général de l'eau dans la région, les faibles CE mesurées reviennent principalement au fait que l'échantillonnage a eu lieu après la saison des pluies qui a eu lieu entre novembre et décembre. Cependant des sites bien localisés de sols peu salins ont été rencontrés dans le casier de Sidi Bennour. Cette salinité est causée essentiellement par le mauvais fonctionnement des réseaux d'assainissement et de drainage (Aniba, 1997) qui provoquent une remontée du niveau de la nappe phréatique, et se répartit sur l'ensemble du profil des sols affectés.

En conclusion, il y a matière à confirmer que les sols des Doukkala ne présentent des problèmes de salinisation secondaire que localement dans des zones bien limitées

2.2. Etat de la sodicité

Le calcul de l'ESP a montré que seulement 3% des sols analysés présentent des problèmes de sodicité avec une moyenne de 6% tous horizons confondus pour les sols irrigués. Des différences hautement significatives sont enregistrées entre l'ESP des sols Bour et des sols irrigués sauf entre les sols irrigués par aspersion et les sols Bour. Les taux les plus faibles sont, encore une fois, observés dans les sols Bour avec une moyenne de 4% suivis par les sols irrigués par aspersion ($ESP_{moyen} = 5\%$) et enfin les sols irrigués par gravitation ($ESP_{moyen} = 7.1\%$) (Figure 3). Les problèmes de sodicité rencontrés sont, dans la plupart des cas, associés à des problèmes de salinité, notamment dans les horizons de surface.

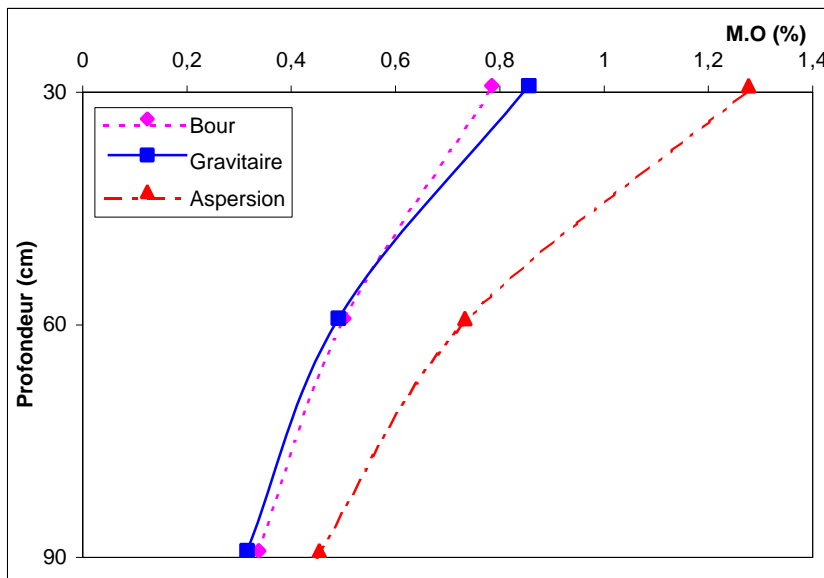


Figure 3: ESP moyen dans les sols analysés selon le mode d'irrigation

2.3. Etat des teneurs en matière organique

L'analyse des taux de matière organique a donné une moyenne sur les horizons de surface de 1.016% pour les sols irrigués et 0.78% pour les sols Bour. Ces valeurs sont extrêmement faibles compte tenu de la proportion importante des sols à texture argileuse. Ces teneurs chutent dans les horizons profonds et avoisinent 0.36% aussi bien pour les sols irrigués que les Bour (Figure 4).

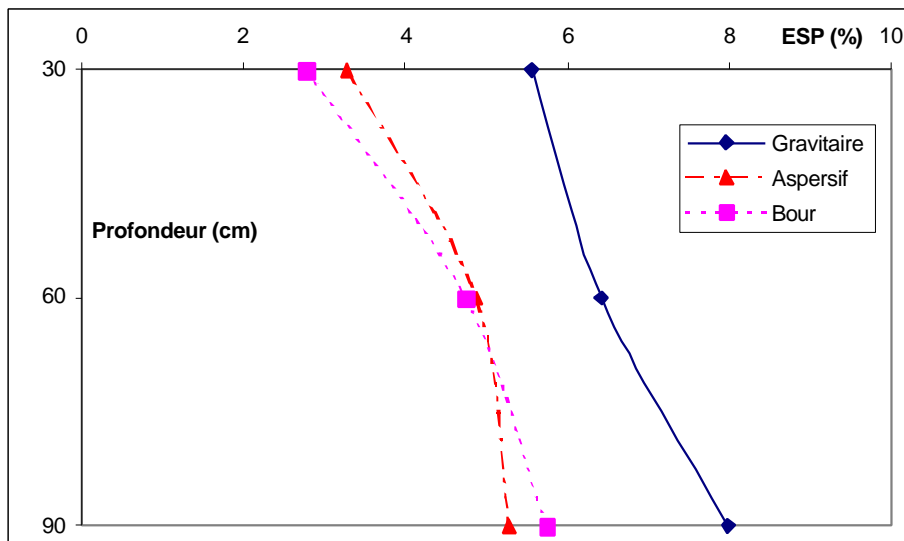


Figure 4: Evolution des teneurs de la matière organique dans le profil des sols analysés

Ce sont les sols calcimagnésiques (Hrach) des Zemamra qui semblent être les plus riches en matière organique, suivis par les vertisols (Tirs). Ces faibles teneurs sont en grande partie et indépendamment des propriétés intrinsèques du sol expliquées par (i) la forte minéralisation favorisée par des conditions hydriques et thermiques optimales (ii) la mauvaise gestion des résidus organiques colletés (iii) l'exportation des résidus des récoltes hors des parcelles cultivées (iv) les tares de terre qui restent collées à la betterave lors des périodes d'usinage (22000 tonnes de sol/an).

2.4. Etat de la stabilité des agrégats

L'analyse de la stabilité des agrégats selon la méthode de Henin et *al* (1969) et sa classification selon l'indice de Monnier & Stengel (1982) a permis de montrer que les sols des Doukkala sont stables à médiocrement stables vis-à-vis de l'action destructrice de l'eau (Figure 5).

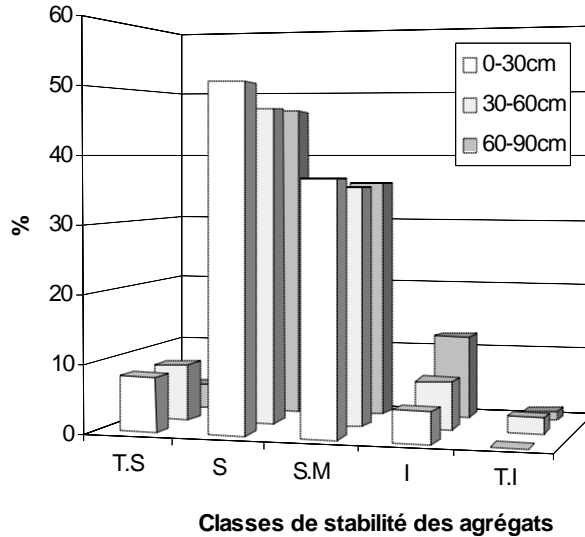


Figure 5: Répartition des classes de stabilité des agrégats dans les sols analysés (T.S: Très stable; S: Stable; S.M: Stabilité médiocre, I: Instable; T.I: Très instable)

Cette stabilité est plus prononcée dans les sols irrigués que dans les sols Bour. Ceci est dû principalement à la compaction et la relative richesse en matière organique des sols irrigués par rapport aux sols Bour. On note également que la stabilité décroît rapidement avec la profondeur. Ceci s'explique notamment par le fait que les horizons de surface sont plus riches en matière organique (Figure 6).

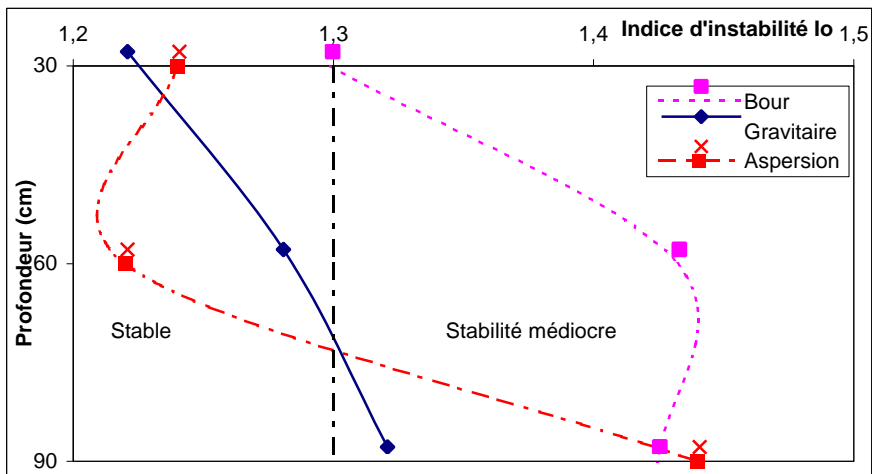


Figure 6: Evolution moyenne de la stabilité des agrégats dans les sols analysés pour les différents modes d'irrigation

2.5. Etat de l'infiltration

Les sols analysés se sont montrés à caractère peu drainant. En effet, aussi bien les sols irrigués que les sols Bour montrent une conductivité hydraulique faible à très faible (Figure 7). Ceci pourrait bien expliquer les problèmes de drainage rencontrés dans les Doukkala notamment en période hivernale de fortes précipitations. Les valeurs moyennes sont de 0.118 m/j et 0.108 m/j respectivement pour les sols irrigués et les sols.

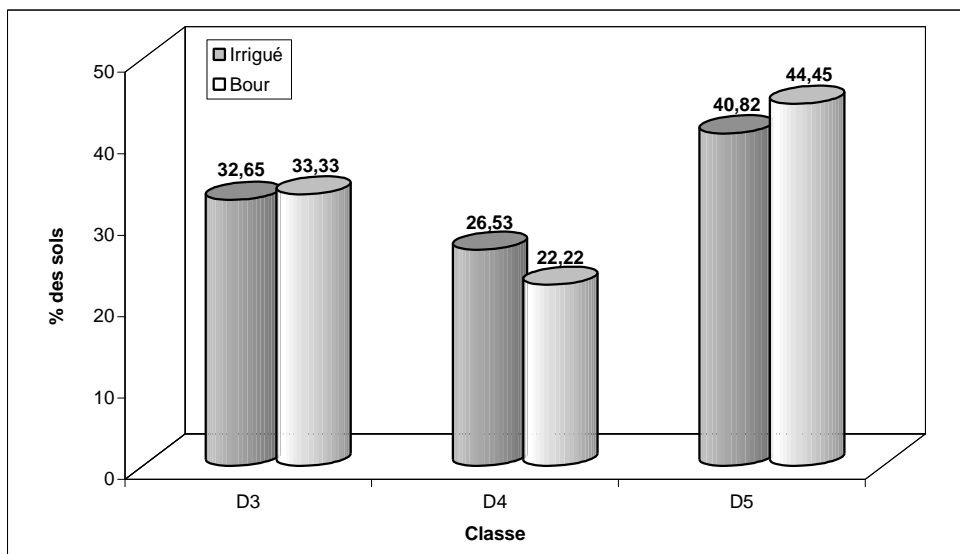


Figure 7: Répartition des classes de la conductivité hydraulique des sols analysés des Doukkala (tous types de sols confondus)

Les sols des Doukkala montrent un caractère qui tend d'une perméabilité moyenne à une perméabilité faible à très faible (Figure 8). Les valeurs moyennes sont de 4.1 cm/h et de 10.03 cm/h respectivement pour les sols irrigués et les sols Bour. Les sols qui ont une bonne perméabilité sont pour la majorité des sols Bour (13 sols sur 19 analysés offrent une perméabilité moyenne à très élevée).

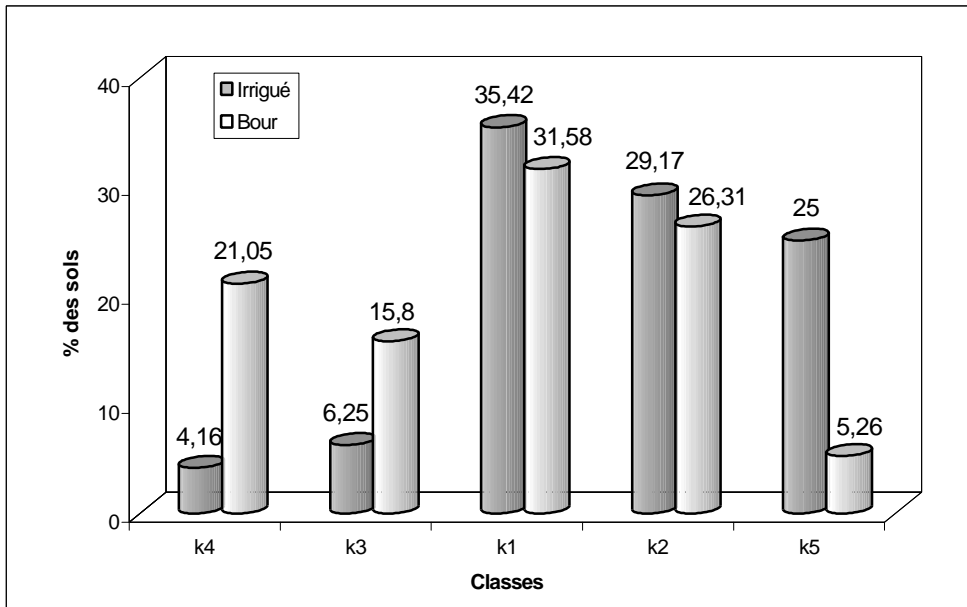


Figure 8: Répartition des classes de l'infiltration des sols analysés

Les problèmes d'infiltration sont causés principalement par la mauvaise gestion du stock organique du sol couplée à des pratiques culturales non réfléchies et néfastes pour les propriétés structurales des horizons de surface.

2.6. Etat de la compaction

Les constatations précédentes sont appuyées par les analyses de la densité apparente. En effet, les mesures ont montré que la majorité des sols, aussi bien irrigués que Bour, sont compactés à très compactés avec une moyenne de 1.6 g/cm^3 pour les sols irrigués (Figure 9a) et 1.62 g/cm^3 pour les sols Bour (Figure 9b). Le compactage est plus prononcé sur les horizons profonds ce qui laisse comprendre l'existence d'une semelle de labour dans les horizons profonds (Figure 10).

L'explication est, indépendamment de la texture des sols, essentiellement inhérente aux méthodes de travail du sol et aux pratiques culturales non conservatrices à travers un labour répété et peu profond (10 à 25cm tous types de cultures confondus) exécuté sur des sols secs à très secs.

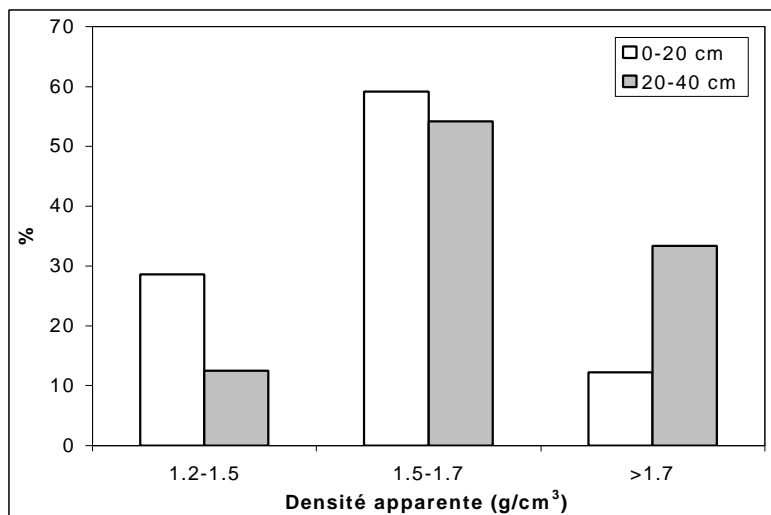


Figure 9a: Répartition des classes de la densité apparente dans les sols irrigués

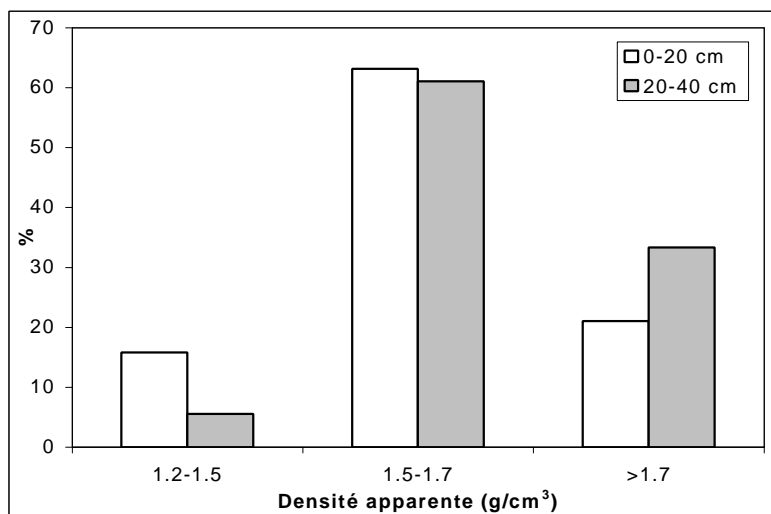


Figure 9b: Répartition des classes de la densité apparente dans les sols Bour.

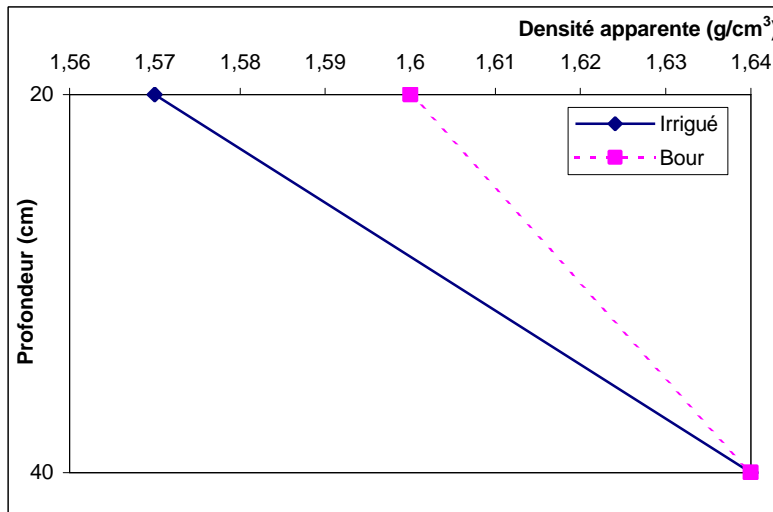


Figure 10: Densité apparente moyenne des sols analysés des Doukkala

3. CONCLUSION

Au premier abord, l'état de la qualité des sols des Doukkala ne semble pas être alarmant. Cependant, l'observation et la comparaison des résultats des analyses entre les sols Bour et les sols irrigués laisse paraître un impact considérable quant à l'évolution des paramètres de qualité des sols sous pratiques culturales intensives.

En général, les sols des Doukkala:

- Présentent des problèmes ponctuels de salinité et de sodicité malgré la forte salinité des eaux d'irrigation
- Sont pauvres à très pauvres en matière organique
- Sont stables à médiocrement stables vis-à-vis de l'action hydrique
- Sont peu drainant et peu perméables
- Sont compactés à très compactés et présentent une semelle de labour

Des mesures pratiques en matière de réhabilitation et de prévention sont à entreprendre dans l'immédiat de manière à cerner ces problèmes et empêcher leur dégénérescence. Ceci doit d'abord passer par la pratique d'une culture de conservation appuyée par un système de suivi et de surveillance de la qualité des sols et des eaux.

4. BIBLIOGRAPHIE

Acton, D. F. & Gregorich, L. J. (1995). Understanding soil health. pp 5-10. In D. F. Acton and L. J. Gregorich (Ed.), *The health of our soils - Toward sustainable agriculture in Canada*. Centre for Land and Biological Resources Research, Research Branch, Agriculture and Agri-food Canada, Ottawa.

- Aniba, K. (1997).** Effet de l'irrigation sur la salinisation des sols dans le périmètre irrigué des Doukkala. *Mém. 3^{ème} Cycle*, Dép. Sci. Du Sol, IAV Hassan II, Rabat.
- Badraoui, M.; Bouaziz, A. & Kabbassi, M. (1993).** Contraintes physiques et potentialités du milieu sol dans les Doukkala. *Projet: Développement et amélioration de la production céréalière en irrigué*. Vol. 1, IAV Hassan II, Rabat.
- Emberger, L. (1953).** Une classification biogéographique des climats. *Rech. Trav. Lab. Zool. Fac. Sc. Montpellier, Série Bot.*, 7 :3-43.
- Henin, S.; Gras, R. & Monnier, G. (1969).** le profil cultural: L'état physique du sol et ses conséquences agronomiques. *Ed. Masson et C^{ie}*, Paris.
- Id Ahmad, F. (1998).** Impact des activités agricoles et d'élevage sur la pollution nitrique des eaux souterraines dans le périmètre de Doukkala. *Mém. 3^{ème} Cycle*, Dept. Sci. Du Sol, IAV Hassan II, Rabat.
- Karlen, D. L.; Mausbach, M. J.; Doran, J. W.; Cline, R. G.; Harris, R. F. & Schuman, G. E. (1997).** Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 4-10.
- Mausbach, M. J. & Tugel, A. (1997).** Soil quality: A multitude of approaches. *Kearney Foundation Symposium, California Soil Quality: From critical research to sustainable management*, Berkeley, California, March 25, 13p.
- Monnier & Stengel (1982).** La composition granulométrique des sols: un moyen de prévoir leur fertilité physique. *Bull. tech. Info.* 370-372: 503-512.
- Pierce, F. J. & Larson, W. E. (1993).** Developing criteria to evaluate sustainable land management. In J. M. Kimble (Ed.) *Proc. Of the 8th Int. Soil Management Workshop; Utilisation of soil survey information for sustainable land use*. pp 7-14; USDA-SCS, National Soil Surv. Center, Lincoln.
- Rahoui, M.; Soudi, B.; Badraoui, M. & Marcoen, J. M. (1999 a).** Actualisation des données sur la qualité des sols dans le périmètre irrigué des Doukkala, pp. 13-28. In B. Soudi & C. Chiang (Ed.), *Etudes de l'impact de l'intensification de la mise en valeur agricole sur la qualité des sols et des eaux: Propositions de pratiques rationnelles*. Convention AGCD-UCL, Collaboration inter-universitaire UCL - IAV Hassan II – FUSAGx, Rapport annuel 1998-1999, Rabat.
- Rahoui, M.; Soudi, B.; El Hadani, D. & Benzakour, M. (1999 b).** Evaluation de l'indice de la qualité des sols en zones irriguées: Cas des Doukkala. *Géo Observateur* 10: 103-113, décembre 1999.
- Rhazri, H. & Albouchi, R. (1998).** Contribution à l'élaboration d'un système d'information géographique pour l'aide à la planification de l'irrigation dans les Doukkala. *Mém. 3^{ème} cycle*, Dépt. G.R., IAV Hassan II, Rabat.
- Rhoades, J. D (1982).** Reclamation and management of salts after drainage. *Proc. First Annual Western Provincial Conf. Rationalization of water and soil Res., and Management*. Lethbridge, Alberta, Canada, Nov 29- Dec 2, pp. 123-178.
- Richards, L. A. (1954).** Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. United States Department of Agriculture (*USDA*) Handbook n°60.