



Étude de la qualité physico-chimique des eaux et des sols de la région Souss Massa, (Cas de périmètre Issen), Maroc (Study of physic-chemical quality of water and soil in the region Souss Massa (Case perimeter Issen), Morocco)

K. El oumlouki^{1*}, R. Moussadek², A. Zouahri², H. Dakak², M. Chati³, M. El amrani¹

¹Université Ibn Tofail, Faculté des Sciences, Département de chimie, Laboratoire de Procédés et de Séparation, Kenitra, Maroc

²Institut National de La Recherche Agronomique, CRRAR, Département de l'Environnement et la Conservation des Ressources Naturelles- Rabat, Maroc

³Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime, Département Agriculture, Rabat, Maroc

Received 08 September 2014, Revised 02 October 2014, Accepted 20 October 2014

*Corresponding Author, E-mail: kaoutar18@gmail.com, Tel: (+212615787247)

Résumé

Dans le cadre de la gestion et la valorisation de l'eau d'irrigation ainsi que la préservation des ressources en eau, en vue d'une agriculture durable, une étude qualitative des eaux et des sols du périmètre irrigué d'Issen plaine de Souss Massa a été réalisée. Cette étude nous a permis d'évaluer l'impact de l'agriculture intensive sur la qualité physico-chimique de ces ressources et d'apprécier les différentes modalités de leur utilisation. Une démarche a été suivie, comportant la réalisation de campagnes de mesures in situ sur terrain (CE, pH, profondeur de la nappe) selon un réseau de suivi de 21 points d'eau et 20 point du sol. Les résultats de la profondeur des nappes mesurés montrent qu'elles varient entre 8 et 40 m, ainsi que 62% des puits échantillonnés ont une salinité forte à très forte et par conséquent sont inadéquates pour l'irrigation. En outre 14% des puits analysés ont des teneurs en nitrates supérieures à 50 mg/l enregistrant une pollution nitrique qui n'est pas alarmante. Cependant les sols analysés montrent des pH généralement basiques et 70% sont pauvres à moyennement pourvus en matière organique, ainsi que les mesures de la conductivité électrique indiquent que 95% des échantillons analysés sont non salins mais d'autres ont un problème d'alcalinité et ils se caractérisent aussi par une faible et riche concentration respectivement en phosphore et en potassium.

Mots clés : Etude qualitative, eaux et sols, périmètre irrigué d'Issen, plaine Souss Massa

Abstract

As part of the management and development of irrigation water and the conservation of water resources for sustainable agriculture, a qualitative study of soil and water the irrigated perimeter of Issen in plain Souss Massa was performed. This study allowed us to evaluate the impact of intensive agriculture on the physico-chemical quality of these resources and to appreciate the different methods of their use. An approach has been followed; including realization the campaigns of measurements in situ on the ground (EC, pH, nitrate, depth to water) by a network of monitoring 21 water points and 20 points of soil. The results of the groundwater depth measured show that they vary between 8 and 40 m, and 62% of the sampled wells have high salinity and very high, therefore are inadequate for irrigation. In addition 14% of analyzed wells have nitrate levels above 50 mg/l, nitrate pollution a not alarming, However, the analyzed soil show the pH generally is basic and 70% are poor to moderately filled with organic matter, and the measures of electrical conductivity indicate that 95% of samples are non-saline but others have alkalinity problem, and they are also characterized by low and high concentrations respectively in phosphorus and potassium.

Keywords: Qualitative study, water and soil, irrigated perimeter of Issen, plain Souss Massa

Introduction

Au Maroc l'intensification agricole s'est accompagnée d'un emploi abusif d'intrants agrochimiques et d'un pompage inconsidéré des eaux souterraines, qui deviennent de moins en moins abondantes et de mauvaise qualité. La surexploitation de ces ressources, couplée au phénomène de la sécheresse, conduit inévitablement à la dégradation des sols et des eaux, qui se traduisent par des problèmes de salinisation, de sodification, de

détérioration de la structure des sols, de l'engorgement et de la pollution nitrique. Parmi les périmètres les plus touchés par l'intensification agricole, on cite le périmètre Souss Massa [1, 2,3].

La présente étude a pour but de contribuer à la caractérisation de la qualité des sols et des eaux du périmètre irrigué d'Issen-plaine de Souss Massa.

2. Matériels et méthodes

2.1. Présentation de la zone d'étude

La région Souss-Massa se situe au centre géographique du Maroc, elle est limitée par l'océan atlantique à l'Ouest, les montagnes du Haut-Atlas à l'Est et de l'Anti-Atlas au sud. Trois bassins versants caractérisent le réseau hydrique de la région : Ouled Souss, Massa-Chtouka et en fin le bassin versant des Oueds Tamraght et Tamri. Cette région s'étend sur une superficie totale de 23 950 Km² dont 13. 000ha représente le périmètre Issen notre zone d'étude, qui est sous l'action de l'office Régional de Mise en Valeur Agricole d'Agadir, il a été mis en eau en 1986-1987 et alimenté à partir du barrage de dérivation de Dkhila dont les eaux proviennent du barrage Abdelmoumen situé 27 km en amont. Il est composé d'un secteur moderne aspersion de 8.560 ha et un autre secteur traditionnel gravitaire de 4.440 ha, Globalement les cultures dominantes dans la région est le maraîchage et l'arboriculture. Elle est caractérisée aussi par un climat semi-aride à subdésertique (figure 1). [4,5].

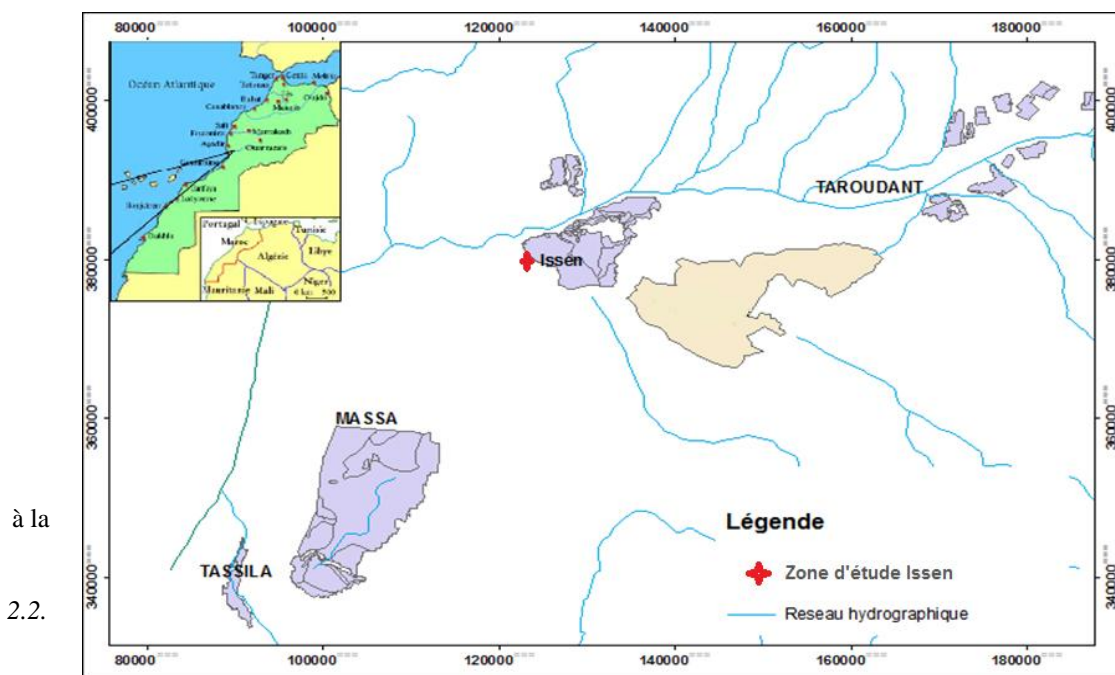


Figure.1:
Présentation le périmètre Issen
région Souss
Massa

à la
2.2.

Méthodologie

La méthodologie comporte à la réalisation des stations d'échantillonnage des soles et des eaux pendant la période Mai 2013, ce prélèvement est basé sur un maillage bien élaboré à l'aide d'une carte topographique de la région d'étude.

2.2.1 Sol

L'étude a porté sur 20 sites d'observation, les échantillons ont été prélevés dans l'horizon 0-20cm à l'aide d'une tarière, ils ont séché à l'air libre puis broyés et tamisés. Ces échantillons sont enregistrés dans le registre du laboratoire et font l'objet d'une série d'analyses physico-chimiques. Les paramètres de qualité retenus et analysés se sont les paramètres physico-chimiques : pH, conductivité électrique (CE), Capacité d'échange cationique (CEC), Pourcentage de sodium échangeable (ESP), matière organique (MO), phosphore assimilable (P₂O₅) et le potassium échangeable (K₂O).

- ✚ pH (potentiel Hydrogène) : est déterminé par la méthode potentiométrique à l'aide d'un pH-mètre de marque Mettler Toledo Seven Easy-728 Metrohm [6].
- ✚ Conductivité électrique (CE) : est mesurée par la méthode de la pate saturée 1/5 à l'aide d'un conductimètre de marque ORION, modèle 162. Le résultat exprimé en dS/m, [7].
- ✚ Matière organique (MO) : sa teneur a été évaluée selon la méthode Walkey et Black, qui consiste à 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 résultat exprimé en fonction de C% par % [8].

- ✦ phosphore assimilable (P_2O_5) : est déterminé par la méthode OLSEN dans la quelle l'extraction est faite par hydrogénocarbonate de sodium à pH égal à 8,5, cette méthode est basée sur la formation et la réduction d'un complexe l'acide ortho phosphorique et de l'acide molybdique (coloration bleue ciel), La lecture de la teneur de phosphore s'effectue à l'aide d'un spectrophotomètre UV Visible-modèle JENWAY 6405 à une longueur d'onde de 825 nm. Le résultat exprimé en ppm [9].
- ✦ Potassium échangeable et le sodium : l'extraction s'effectue par l'acétate d'ammonium CH_3COONH_4 1N à pH 7. Les teneurs de K_2O et Na^+ sont déterminés au moyen d'un photomètre à flamme modèle CL 378. Les résultats exprimés en ppm [6].
- ✦ Pourcentage de sodium échangeable (ESP) : correspond à l'alcalinité qui été évalué à partir de ($ESP = Na^+/CEC * 100$), qui basée sur la capacité d'échange des cations (CEC) (méthode de BOWER), cette dernière consiste à saturer le complexe absorbant du sol au profit d'un seul cation (Na^+). Le lessivage des différents cations est réalisé en trois étapes : l'élimination de tous les cations, le lavage des cations, l'extraction de Na^+ [10].

2.2.2 Eau

Pour les eaux souterraines, 21 points d'eau sont échantillonnés au niveau des puits existants près des points du sol collectés, quelques paramètres de qualité ont été mesurés in situ notamment la conductivité électrique (CE) au moyen d'un conductimètre portable, la profondeur de la nappe à l'aide d'une sonde piézométrique de 100m, ainsi que le pH par un pH mètre portable. En effet ces paramètres sont très sensibles aux conditions de milieu et susceptibles de varier dans des proportions importantes s'ils ne sont pas mesurés sur site. Les échantillons d'eau prélevés ont été mis dans des flacons en plastique et conservés dans une glacière (2 à 4°C) au maximum 72 heures, puis acheminés au laboratoire pour l'analyse physico-chimique.

- ✦ Azote minérale : est déterminé par la distillation classique "méthode Kjeldahl" de marque Büchi unit B-323 ,cette méthode est basée sur la récupération le distillat dans la solution d'acide borique et le titrage par l'acide chlorhydrique HCl N/100 après l'addition de 1 à 2g de MgO calciné pour le dosage l'ammonium, et l'addition de 0,5 à 1g d'alliage de Devarda pour le dosage le nitrate. Le résultat exprimé en ppm [6].

3. Résultats et Discussions

3.1. Qualité des sols

3.1.1 pH

Le pH est un paramètre important de la dynamique du sol, c'est un clé en agronomie car leur degré d'acidité ou de basicité joue un rôle très important sur l'assimilation des éléments nutritifs par la plante, il a une influence sur trois composantes importantes de la fertilité d'un sol : la biodisponibilité des nutriments, l'activité biologique et la stabilité structurale, La variation de pH dépend à les variations saisonniers et le pouvoir tampon de sol (le nombre d'ions en réserve sur le complexe argilo-humique), l'état hydrique du sol, sa température et la présence ou non d'une culture en période de croissance active [11,12].

Les résultats de l'analyse du pH se sont présentés dans le tableau 1 et la figure 2, montrant que la majorité sols étudiés d'Issen, ont des pH moyennement basiques à tendance alcalines. Ils varient de 7,64 à 8,6 avec une moyenne de 8,15. Les valeurs de pH semblent être en accord avec le niveau d'alcalinité rencontré dans les sols étudiés qui est généralement faible.

Tableau 1 : Répartition des classes des pH des sols étudiés du périmètre d'Issen selon les normes DIAEA /DRHA /SEEN (2008) [13].

Classe du sol	pH	% des sites
Acide	<6	0
Faiblement acide	6-6,5	0
Neutre	6,5-7,3	0
Faiblement basique	7,3-7,8	5
Moyennement basique	7,8-8,5	85
Tendance alcaline	8,5-9	10
Très alcaline	>9	0

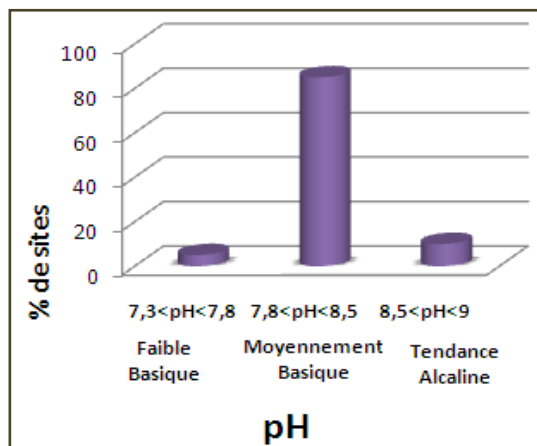


Figure 2: Distribution de pH des sols étudiés du périmètre d’Issen

3.1.2 Salinité et alcalinité

L’analyse des résultats de la salinité et l’alcalinité (ESP) des sols étudiés révèlent que 95% des échantillons des sols analysés sont non salins et juste 5% qu’ils ont un problème de l’alcalinité. Cette alcalinité élevée est particulièrement rencontrée dans le site S7 et peut être expliquée d’une part, par sa CEC moyenne (CEC (S7) =17,61 méq/100g et d’autre part par sa salinité de sol CE=10,62 dS/m, sa texture du sol et sa pouvoir alcalinisant de l’eau d’irrigation SAR=10 mole^{1/2} l^{-1/2}. Les résultats sont reportés dans les tableaux 2,3 et les figures 3,4.

Tableau 2 : Répartition les classes de la salinité des sols étudiés du périmètre d’Issen selon les normes DIAEA /DRHA /SEEN (2008) [13]

Classe du sol	CEps (dS/m)	% des sites
Non salin	<4	95
Peu salin	4-8	0
Salin	8-16	5
Fortement salin	16 -32	0
Très fortement salin	> 32	0

Tableau 3 : Répartition des classes de l’alcalinité des sols étudiés du périmètre d’Issen selon les normes DIAEA /DRHA /SEEN (2008) [13]

Classe du sol	ESP	% des sites
Non Alcalin	<10	95
Alcalin	10-15	0
Fortement alcalin	15-20	5
Très fortement alcalin	20-30	0
Extrêmement alcalin	>30	0

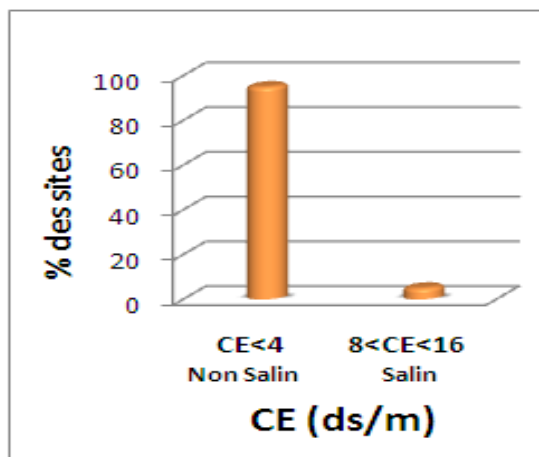


Figure 3: Distribution de la conductivité électrique de la pâte saturée des sols étudiés du périmètre d’Issen

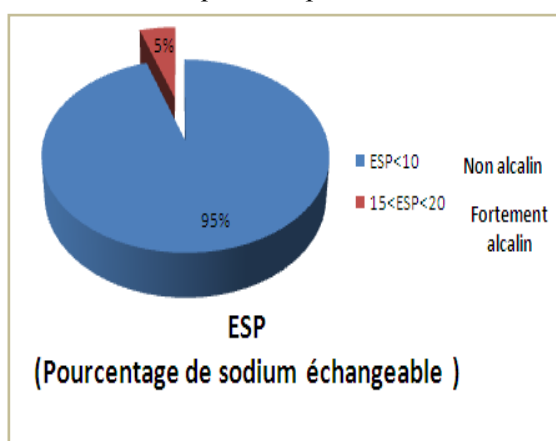


Figure 4: Distribution l’alcalinité des sols étudiés du périmètre d’Issen

3.1.3 Matière organique

La matière organique du sol est un indicateur important de la dégradation de la qualité des sols de part sa contribution dans la stabilité du sol, l’augmentation de la capacité de rétention en eau du sol, la fixation des éléments minéraux, et le substrat pour les microorganismes du sol. Le contenu en matière organique des sols est influencé globalement par les facteurs climatiques, la végétation, la texture du sol, les conditions topographiques, influençant le microclimat et le drainage et les pratiques culturales [14].

Les résultats des sols étudiés montrent que 70% des sols analysés sont pauvre en matière organique et ça peut être expliqué par l’influence de le climat aride et semi-aride de notre région d’étude (tableau 4 et figure 5). De ce fait, l’utilisation des apports organiques comme amendement améliore la situation dégradée de ces sols.

Tableau 4 : Répartition des classes de la MO des sols étudiés du périmètre d’Issen selon les normes DIAEA /DRHA /SEEN (2008) [13]

Classe du sol	MO (%)	% des sites
Très pauvre	<0,7	5
Pauvre	0,7-1,5	70
Moyennement pauvre	1,5-3	25
Riche	3-6	0
Très riche	>6	0

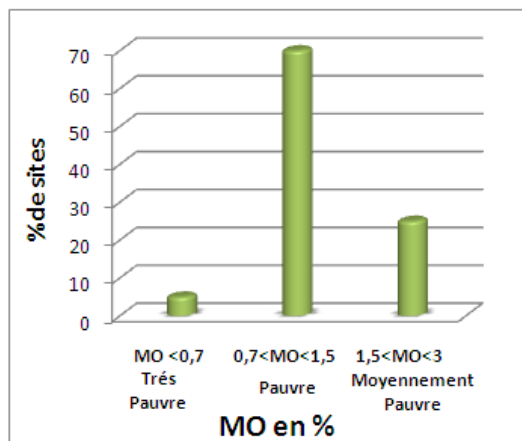


Figure 5: Distribution la teneur de la MO des sols étudiés du périmètre d’Issen

3.1.4 Phosphore

Le phosphore est un des éléments majeurs indispensables à la croissance et au développement des végétaux. Il joue en particulier un rôle essentiel dans la mise en place du système racinaire, la photosynthèse et la reproduction du végétal. Leur variation dépend aux propriétés physico-chimiques du sol [15].

Les résultats des échantillons du sol étudiés montrant que Presque 75% sont caractérisés par une faible concentration en phosphore assimilable P_2O_5 avec une moyenne de 33 ppm (tableau 5 et la figure 6). Ce qui nécessite une fertilisation phosphatée raisonnable.

Tableau 5 : Répartition des classes de phosphore assimilable (P_2O_5) des sols étudiés du périmètre d’Issen selon les normes Delaunois (2008) [16].

Classe du sol	P_2O_5 (ppm)	% des sites
Très faible	<15	60
faible	15-30	15
Bien pourvu	30-45	0
Elevé	45-100	15
Très élevé	>100	10

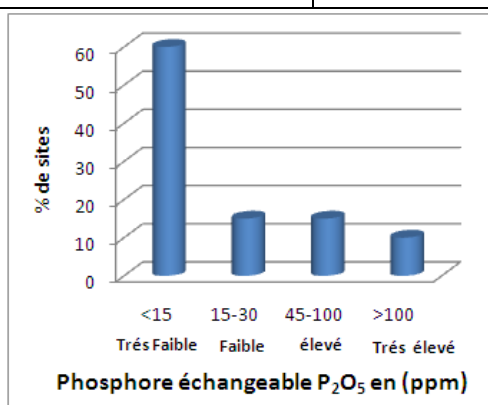


Figure 6 : Distribution la teneur de P_2O_5 des sols étudiés du périmètre d’Issen

3.1.5 Potassium échangeable

Le potassium est absorbé par la plante sous sa forme ionique K^+ . Il est essentiel pour la translocation des sucres et pour la formation de l'amidon. Il intervient dans la régulation osmotique et ionique, ainsi que dans le processus d'ouverture et de fermeture des stomates. Le potassium est nécessaire pour plusieurs fonctions

enzymatiques et pour le métabolisme des protéines et des carbohydrates. Leur variation dépend aux propriétés physico-chimiques du sol [15].

La valeur moyenne des sites échantillonnés atteint 307,4 ppm de K_2O , ce qui indique que ces sols sont riches en potassium (tableau 6 et la figure 7). L'excès du potassium peut se transformer en sel et polluer ainsi les nappes phréatiques par percolation et infiltration pouvant aussi provoquer des carences en magnésium pour les cultures [17].

Tableau 6 : Répartition des classes de potassium échangeable (K_2O) des sols étudiés du périmètre d'Issen selon les normes Delaunois (2008) [16]

Classe du sol	K_2O (ppm)	% des sites
Très faible	<60	0
faible	60-100	0
Bien pourvu	100-180	30
Elevé	180-300	40
Très élevé	>300	30

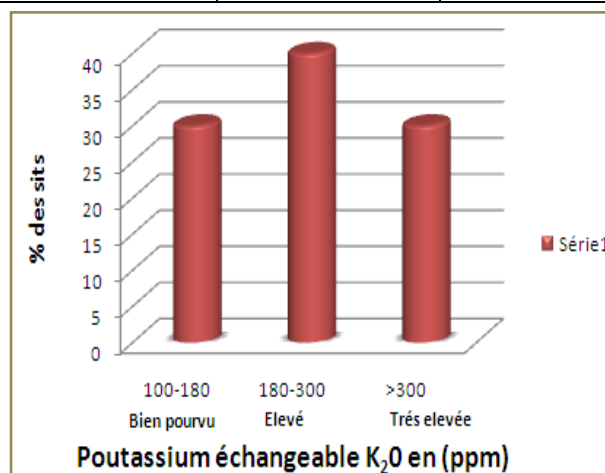


Figure 7 : Distribution de K_2O des sols étudiés du périmètre d'Issen

3.2. Qualité des eaux

3.2.1 Profondeur de la nappe

La nappe de périmètre Issen est alimentée à partir du barrage de dérivation de Dkhila dont les eaux proviennent du barrage Abdelmoumen.

Les résultats des puits mesurés montrent que la profondeur de la nappe est variable, elle fluctue entre 8 et 40 m avec une moyenne de 21,43m.

3.2.2 pH

Le pH de l'eau est une indication importante de la qualité et fournit des informations importantes de l'équilibre géochimique ou le calcul de la solubilité des micro-éléments [18], il dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé [19,20]. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques entre l'eau, le gaz carbonique dissous, les carbonates et les bicarbonates qui constituent des solutions tamponnées conférant à la vie aquatique un développement favorable. Dans le cas de notre région d'étude 48% des puits analysés ont des pH neutres compris entre 6 et 7 et les 52% sont basiques. Selon [Peterson : 21] les pH des eaux utilisées pour l'irrigation des cultures devrait se situer entre 6 et 7 car à ces valeurs la solubilité de la plupart des micro-éléments est optimale, donc 48% des puits analysés sont valables à l'irrigation et les autres puits ont besoin de la correction le pH (figure 8).

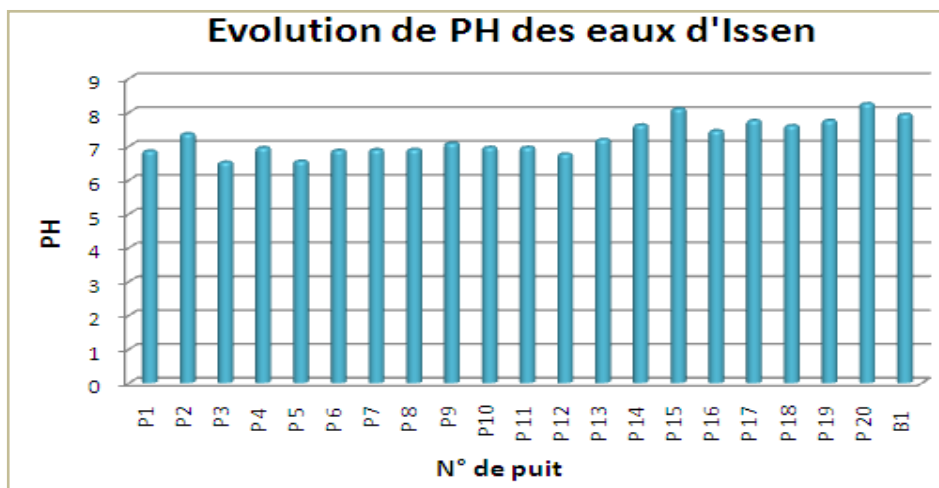


Figure 8 : Evaluation de pH des eaux d'irrigation du périmètre d'Issen

3.2.3 Salinité des eaux

La mesure de la conductivité fournit une indication de la concentration ionique et apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau, donc de sa minéralisation. Il dépend de la température, de la concentration et types d'ions présents [18,22]. Les valeurs enregistrées durant la période de prélèvement u montrent que 61% des puits analysés sont très fortement salins avec une moyenne de 3dS/m (tableau 7 et figure 9).

Tableau 7 : Répartition des classes de la salinité des eaux d'irrigation du périmètre d'Issen selon les normes USSLS, Richard (1954) [7]

Classe du sol	CE (dS/m)	% des puits
Non salin	$CE < 0,25$	0
moyennement salin	$0,25 \leq CE < 0,75$	0
Fortement salin	$0,75 \leq CE < 2,25$	23,8
Très fortement salin	$2,25 \leq CE < 5$	61,9
Extrêmement salin	$CE > 5$	14,3

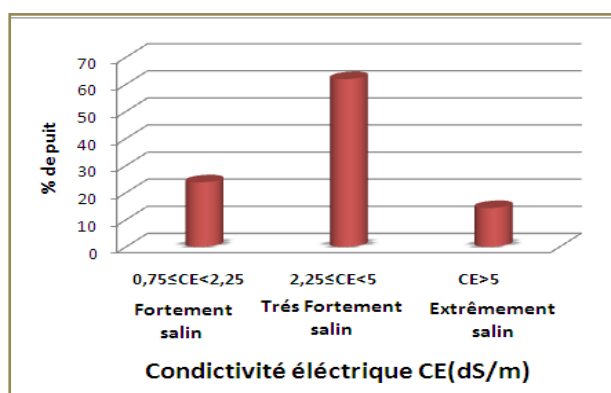


Figure 9 : Distribution de la salinité des eaux d'irrigation du périmètre d'Issen

3.2.4 Risque lié à la pollution en nitrate

L'analyse des nitrates dans les eaux permet d'obtenir des informations sur la présence de matières organiques dans le sol. Les nitrates sont présents dans l'eau par lessivage des produits azotés dans le sol, par décomposition des matières organiques ou des engrais de synthèse ou naturels [23], son apport dans le sol, puis dans les eaux, est donc fortement lié à la quantité de matières organiques présente et aux conditions de milieu. En effet la dégradation de la qualité des eaux en termes de la pollution nitrique constitue un danger

sérieux pour la durabilité du système d'exploitation des terres, ainsi que sur la santé humaine car les nitrates absorbés avec l'eau sont réduits en nitrites dans l'intestin et se fixent sur l'hémoglobine, diminuant ainsi le transfert d'oxygène: c'est la méthémoglobinémie qui touche plus particulièrement les nourrissons [24,25]. Dans notre étude les teneurs en nitrates des eaux souterraines analysés enregistrent que 86% sont en dessous de la Valeur Maximale Admissible (VMA) fixé Par OMS (Organisation Mondiale de la Santé) à 50mg/l et que 14% qui sont polluées .Donc l'état de la pollution par les nitrates n'est pas très alarmant (tableau 8 et figure 10).

Tableau 8 : Répartition des classes de nitrate des eaux d'irrigation du périmètre d'Issen selon les normes DIAEA /DRHA /SEEN (2008) [13]

Classe du sol	NO ₃ (ppm)	% des sites
Excellente	<5	14,3
Bonne	5-25	57,1
Moyenne	25-50	14,3
Mauvaise	>50	14,3

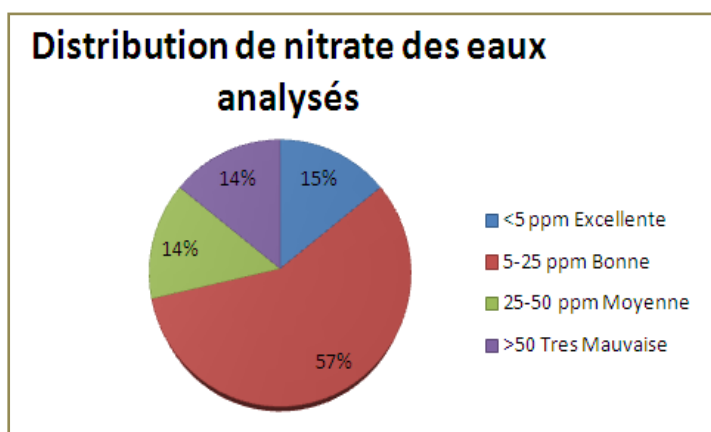


Figure 10 : Distribution de nitrate des eaux d'irrigation du périmètre d'Issen

Conclusion

La situation actuelle de la qualité des eaux et des sols du périmètre d'Issen ont montré que :

- ↳ Les eaux analysées ont un pouvoir de salinisation important et alarmant mais ils ne présentent pas le problème de la pollution nitrique.
- ↳ La nappe n'est pas profonde car sa profondeur ne dépasse pas 40m.
- ↳ Les sols étudiés ne sont pas affectés par les problèmes de salinité et juste 5% qui présentent le problème d'alcalinité.
- ↳ Les sols sont, en général, faiblement pourvus en matière organique et on phosphore mais riche en potassium.

Un suivi régulier et une rationalisation de l'utilisation des eaux et des sols est nécessaire pour une exploitation durable de ces terres agricoles.

Remerciements-La présente étude s'inscrit dans le cadre du projet CRDI-MAPM-INRA, dont l'objectif global est de contribuer à la valorisation du développement durable de l'agriculture dans la région Souss-Massa, Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail, en particulier, mon encadrant Mme. EL AMRANI MAHACINE, Professeur au département chimie à la Faculté des Sciences Ibn Tofail de Kenitra, au Dr. Rachid Moussadek, Dr. ZOUAHRI Aabd el majid, et à Mme. Houria Dakak, chercheurs à l'Institut de la Recherche Agronomique (INRA) de Rabat, et au Dr. Mohammed Toufik Chaty au Ministère d'Agriculture, qui m'ont ouvert les portes de leur service et leur laboratoire. Et sans oublier tout les personnels de l'INRA qui m'ont bien aidé sur terrain et dans le laboratoire tout au long de ce travail.

Références

1. Badraoui M., Agbani M., Soudi B., Evolution de la qualité des sols sous mise en valeur intensive au Maroc (2000).
2. Soudi B., Rahoui M., Chiang C., Badraoui M. et Abousaleh A., Eléments méthodologiques de mise en place d'un système de suivi et de surveillance de la qualité des eaux et des sols dans les périmètres irrigués (2000).
3. Dakak H., Soudi B., Ben Mohammadi A., Douaik A., Badraoui M., Moussadek R., (2011) : Prospection de la salinité des sols par induction électromagnétique sur la plaine du Tadla (Maroc) : tentative d'optimisation par analyse géostatistique. *Sécheresse*, vol. 22, n° 83, p : 178-185.
4. Buchs A., Observer, caractériser et comprendre la pénurie en eau. Une approche institutionnaliste de l'évolution du mode d'usage de l'eau en Espagne et au Maroc, thèse en science économie auprès de l'université de Grenoble, volume 1, 525 (2012).
5. Baroud A., Changements climatiques et gestion de l'irrigation dans la zone d'action de l'ORMVA du SOUSS-MASSA –Revue H.T.E.N° 124-(2002).
6. Van Rast, E., Verloo, M., Demeyer, A., Pauwels, J.M., 1999. *Manual for the Soil Chemistry and Fertility Laboratory*. Ed, 1999.
7. U.S.S.L.S. (United State Salinity Laboratory Staff): *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*.US Department of Agriculture, Handbook n°60, U. S. Gov. Print. Office, Washington DC, (1954).
8. Walkley A. et 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.
9. Olsen S.R. et al., (1954): Estimation of available phosphorous in soils by extraction with sodium bicarbonate. *Cir. U.S. Dep. Agr.*, n° 939, p: 1-19.
10. Bower C.A., Reitemeier R.F. et Fireman, M., (1952): Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. *Soil Sci*, n° 73: pp. 251-261
11. Dinon E., Gerstmans, L'Influence du pH sur l'assimilation des éléments nutritifs du sol par les plantes et sur la variété des plantes, Université de Liège, (2008).
12. Baize D., *Guide des analyses en pédologie: choix, expression, présentation, interprétation* 2° éd, INRA-paris 255 (2000).
13. DIAEA /DRHA /SEEN, Direction de l'irrigation et de l'aménagement de l'espace Agricole, Service des Expérimentations, des Essais et de la Normalisation -Rabat (2008)
14. Drouet Th. *Pédologie BING-F-302,137* (2010).
15. Elalaoui, A. Fertilisation Minérale des Cultures Les éléments fertilisants majeurs (Azote, Potassium, Phosphore), *Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTA* (2007).
16. Delaunois A., Ferrie Y., Bouche M., Colin .C et Rionde C., *Guide pour la description et l'évaluation de la fertilité des sols* (2008).
17. Koné M., Bonou L., Bouvet Y., Joly P.; Koulidiaty J., *Etude de la pollution des eaux par les intrants agricoles : cas de cinq zones d'agriculture intensive du Burkina Faso* 2IE, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement SST - Numéro 17 (2009).
18. Hem JD. , *Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water*, *USGS Water Supply Paper*, 2254, 117–120 (1985).
19. dussart B., *Limnologie: Etude des eaux continentales*. Gauthier Villars, Ed., Paris(1966).
20. Bermond R., Vuichaard R., *Les paramètres de la qualité des eaux*. Documentation Française, Paris, 179p, (1973).
21. Peterson, H.G. *Water quality and Micro-irrigation for horticulture*. Agriculture et Agroalimentaire Canada (1999).
22. HCEFLCD, *Etude sur la pisciculture au barrage Almassira*, CR dar CHAFAAI, Cercle d'ELBROUGE, Province de Settat, 201p, (2006).
23. Samake H., *Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001*, 77p (2002).
24. Dakak H., *Etude de la pollution nitrique des eaux souterraines du périmètre de Tadla : Vulnérabilité des aquifères et impact des activités agricoles*. Thèse de 3ème cycle en géologie appliquée à l'environnement, Université Mohammed V, Faculté des Sciences de Rabat-Maroc, 172pp (1996).
25. Leclerc H., *nitrate dans l'eau d'alimentation et risques pour la santé/Académie d'agriculture de France* 72 (2008).

(2014) ; <http://www.jmaterenvironsci.com>