

ETUDE DE LA QUALITE CHIMIQUE DES EAUX D'IRRIGATION : CAS DE LA REGION DE OUARGLA

LACHACHE A., BOUDJENAH-HAROUN S.

Université Kasdi Merbah Ouargla. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Lab. Recherche sur la Phœniciculture, Ouargla, 30000 Ouargla, Algeria.

lachache.amina@yahoo.fr

Résumé : La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est un paramètre essentiel pour le rendement des cultures, le maintien de la productivité du sol et la protection de l'environnement. Ainsi, les propriétés physiques et chimiques du sol, telles que sa structure et sa perméabilité, sont très sensibles au type d'ions potentiellement échangeables présents dans les eaux d'irrigation. Le but de notre étude est la caractérisation des eaux d'irrigation exploitées dans la région d'Ouargla. Pour cela, des analyses physico-chimiques de l'eau ont été effectuées au laboratoire de l'université. Les paramètres mesurés ont porté sur la conductivité, le pH et sur les éléments majeurs à savoir : HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ et SO_4^{2-} . Les résultats ont révélé que le seuil de la salinité est largement dépassé et le danger de sodicité de ces eaux est exprimé par le calcul du taux d'absorption du Sodium ou SAR ($\text{SAR} = \text{Na} / [(\text{Ca} + \text{Mg})/2]^{1/2}$). La valeur trouvée est inférieure à 18 et supérieure à 10 ce qui confirme que la quantité du sodium apportée à la solution du sol est importante et que le risque est élevé selon la classification du SAR. Le calcul de ce paramètre nous a indiqué que le degré d'aptitude des eaux de la région de Ouargla, à l'irrigation, est faible. Ainsi ça nous permet de d'apprécier la dégradation éventuelle de la structure du sol et l'altération de ses qualités physique. Des moyens correctifs doivent être envisagés car le rendement des récoltes réduit linéairement à mesure que la salinité augmente.

Mots clés : agriculture, ions, perméabilité, salinité, sodium, sol.

دراسة النوعية الكيميائية المياه المستخدمة في الري: حالة إقليم ورقلة

ملخص: تعتبر نوعية المياه المستخدمة للري معلمة أساسية لغلة المحاصيل، والحفاظ على إنتاجية التربة وحماية البيئة. وبالتالي، فإن الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة، مثل هيكلها ونفاذيتها، حساسة جدا لنوع الأيونات القابلة للتحويل الموجودة في مياه الري. والغرض من دراستنا هو توصيف مياه الري المستخدمة في منطقة ورقلة. لهذا، أجريت التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه في المختبر الجامعي. المعلمات قياس قلق الموصلية، ودرجة الحموضة والعناصر الرئيسية وهي HCO_3^- ، CO_3^{2-} ، Cl^- ، Ca^{2+} ، Mg^{2+} ، K^+ و SO_4^{2-} . وأظهرت النتائج أن عتبة الملوحة تجاوزت إلى حد كبير. ويتم التعبير عن خطر سوديستي من هذه المياه عن طريق حساب معدل امتصاص الصوديوم أو SAR ($\text{SAR} = \text{Na} / [(\text{Ca} + \text{Mg})/2]^{1/2}$). القيمة التي تم العثور عليها هي أقل من 18 وأكبر من 10 مما يؤكد أن كمية الصوديوم الموردة إلى محلول التربة مهمة وأن الخطر مرتفع وفقا لتصنيف SAR. وقد أشار لنا حساب هذه المعلمة إلى أن درجة كفاءة مياه منطقة ورقلة، مع الري، ضعيفة. وسيمكننا ذلك من تقدير التدهور المحتمل لهيكل التربة وتغيير صفاته الفيزيائية. وينبغي النظر في الوسائل التصحيحية لأن غلة المحاصيل تقلل خطيا مع زيادة الملوحة.

كلمات دالة: أيونات، الزراعة، النفاذية، الملوحة، الصوديوم، التربة

1. INTRODUCTION

L'agriculture est, de loin, l'industrie ayant la plus grande consommation d'eau. L'irrigation des régions agricoles représente 70% de l'eau utilisée dans le monde entier. Dans plusieurs pays en voie de développement, l'irrigation représente jusqu'à 95% de toutes les utilisations d'eau. Toutefois L'effet de la qualité de l'eau d'irrigation sur les cultures est une préoccupation des agronomes et des économistes chargés de la mise en valeur des territoires des zones arides et semi-arides. Car l'eau joue un rôle important dans la production de nourriture et la sécurité alimentaire.

C'est ainsi que les futures stratégies de développement agricole de la plupart de ces pays dépendent de la possibilité de maintenir, d'améliorer et d'étendre l'agriculture irriguée. Devant ce développement agricole et industriel d'une part, et la croissance démographique d'autre part, les

besoins en eau au Sahara algérien ont augmenté d'une manière très rapide. Ceci a conduit les gestionnaires des ressources en eau à prospecter et réaliser plus de forages, de puits et d'ouvrages hydrauliques. Ce développement rapide a entraîné des problèmes énormes ces dernières années, relatifs principalement à la remontée et l'évacuation des eaux des nappes phréatiques, aux eaux d'assainissement, et à l'abaissement de l'artésianisme des nappes profondes.

La région de Ouargla a été touchée directement par ce problème. Certains facteurs semblent en être la cause notamment l'exploitation des nappes artésiennes du Continental Intercalaire (CI) et du Complexe Terminal (CT) sans contrôle de manière générale et dont les débits viennent recharger la nappe superficielle, relevant ainsi son niveau piézométrique, et aussi l'augmentation des rejets urbains et industriels dont l'évacuation hors des limites de la ville est problématique du fait de sa situation en fond de cuvette. Ces volumes d'eau, de surcroît non traitée, en s'infiltrant dans la nappe phréatique, contribuent au relèvement de son niveau piézométrique tout en la polluant.

Les principaux objectifs fixés dans le cadre de ce travail de recherche est de caractériser : la qualité physicochimique, des eaux de ce système aquifère. Egalement, apprécier leur potabilité, leur aptitude à l'irrigation, et par conséquent, leur impact sur la santé humaine et l'environnement.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Echantillonnage

Les forages que nous nous sommes proposés d'étudier sont au nombre de cinq (05). Ils sont répartis de la façon suivante :

- 02 forages de la nappe Mio-Pliocène, (forages de Bahmid et de l'Université)
- 02 forages de la nappe Sénonienne (forages de Hadji et de Gharbouz)
- 01 forage de la nappe Albienne (forage d'El Hadeb II)

Ces forages sont choisis en fonction de leur exploitation et leurs caractéristiques sont regroupées dans Tabl. (1). Parmi les paramètres physico-chimiques et chimiques analysés dans notre étude figurent : Le pH, la conductivité électrique (C.E), Dosage des carbonates et bicarbonates (CO_3^{2-} et HCO_3^-), la dureté totale (TH), les éléments majeurs (calcium, magnésium, sodium et potassium, sulfates et chlorures).

Tableau I. Caractéristiques des forages échantillonnés

Etages	Lithologie	Profondeur (m)	Temperature de l'eau
Mio-pliocène	Alternance de :calcaire, argile, sable et gypse	180	23 – 25 °C
Sénonien supérieur	Bond d'anhydrite, calcaire	500	30 °C
Sénonien inférieur	Anhydrite massive, dolomie passée d'argile et de marne	900	
Albien	Sables, argiles et grés sableux	1660	55 °C

2.2. APPROCHE METHODOLOGIQUE

2.2.1. Le pH et la conductivité

Ils ont été mesurés sur le terrain à l'aide d'un appareil WTW Multi 340i. Les cations et les anions ont été analysés au laboratoire ; les ions bicarbonates, le calcium et le magnésium par volumétrie, le sodium et le potassium par photométrie de flamme.

2.2.2. Evaluation de la qualité des eaux pour l'irrigation

Les facteurs les plus importants pour déterminer la qualité requise de l'eau dans l'agriculture sont les suivants: -PH. -Risque de Salinité. -Risque de Sodium (Degré d'Adsorption du Sodium ou SAR).

Au titre de critères principaux de l'évaluation de la qualité de l'eau nous avons pris les coefficients proposés par le Département agricole. Sachant que les graves problèmes que rencontre les cultures notamment les palmeraies sont dus essentiellement à l'augmentation de la concentration en sels solubles au sein des sols. Ces sels sont: CaSO_4 , $\text{Na}^2 \text{SO}_4$, Mg SO_4 , MgCl_2 , NaCl et NaHCO_3

La classification des eaux est élaborée à l'aide du diagramme de la classification des eaux d'irrigation d'U.S.S.L (United States Salinity Laboratory). Ce dernier est fonction de la conductivité électrique (CE) à 25°C et le rapport d'absorption du sodium (SAR).

Pour le coefficient d'adsorption du sodium (S.A.R) aussi appelé "pouvoir alcalinisant" il est calculé par la formule suivante:

$$\text{S. A. R} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{\text{Ca} + \text{Mg}} \cdot 2}$$

3. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Les résultats de toutes les analyses effectuées sont regroupés dans les tableaux 2 à 4 et cela pour chaque forage.

3.1. Analyses physico-chimiques

▪ *PH*

La valeur du pH varie dans tous les échantillons analysés de 7,41 à 7,94, elle est donc conforme aux normes. Sa variation est liée principalement au contact de la chaux présente dans le sol au niveau de la zone de pompage d'après Endré Dupont [1]

▪ *La conductivité électrique*

Les eaux de tous les sites étudiés présentent des conductivités électriques supérieures à 2000 $\mu\text{s}/\text{cm}$. La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'ensuire l'évolution [2]

▪ *Minéralisation globale*

D'après la classification adoptée par l'OMS, ces eaux analysées sont très minéralisées et dépassent la norme (1000 mg/l) en raison de leur forte salinité, en effet les forages présentent un taux élevées de la salinité admettent une conductivité électrique élevée [3]. Selon J.Rodier [4] les eaux très minéralisées semblent bien contribuer à l'homéostasie de l'homme est surtout de l'enfant cependant, elles peuvent poser des problèmes endocriniens très complexe.

Tableau 2. Composition physico-chimique de la nappe Mio-pliocène

Forages		Nappe Sénonienne	
Eléments et paramètres		Nappe Mio-Pliocène	
		Forage (Hadji)	Forage (Gharbouz)
		Forage Bahmid	Forage Université
Paramètres physico-chimiques	T (°C)	26	27
	PH	7.52	7.72
	CE (µs/cm)	3840	3840
	M-G (mg/l)	2952.5	2960.8
	M-G (mg/l)	2172.3	2155
Eléments dissous	Ca ⁺⁺	237.7	231.5
	Mg ⁺⁺	120.4	119.4
	Na ⁺	400	412.7
	K ⁺	39.1	39.1
	anions	mg/l	mg/l
	Cl ⁻	702	716
	SO ₄ ⁻	790	786
	HCO ₃ ⁻	125	121.2
	NO ₃ ⁻	7	6.2
	Dureté totale (°F)	TH	108.8

Tableau 3. Composition Physico -chimique de la nappe Sénonienne

Eléments dissous	Mg ⁺⁺	75.37	83.75
	Na ⁺	264.4	331.7
	k ⁺	26.3	22.6
	anions	mg/l	mg/l
	Cl ⁻	429	518.2
	SO ₄ ⁻	686.8	695.6
	HCO ₃ ⁻	116.6	108.7
Dureté total (°F)	TH	90	85.35

Tableau 4. Composition Physico -chimique de la nappe Albienne

Forages		Nappe Albienne
		EL HADEB II
Paramètres physico-chimiques	T (°C)	52
	PH	7.42
	C-E (μs/cm)	1852
	M-G (mg/l)	1405.7
Eléments dissous	cations	mg/l
	Ca ⁺⁺	170
	Mg ⁺⁺	107.2
	Na ⁺	250
	k ⁺	40
	anions	mg/l
	Cl ⁻	170
	SO ₄ ⁻	107.2
	HCO ₃ ⁻	250
	NO ₃ ⁻	40
Dureté totale (°F)	TH	86.5

Analyses chimiques

▪ Le Calcium

La teneur en calcium dans les eaux échantillonnées est inférieure à la norme qui est 200 mg/l selon l'OMS. La plus faible teneur est remarquée dans les eaux de HDEB II, ceci est dû selon Rodier à une précipitation de carbonate de calcium à l'émergence causé par la perte de CO₂. Le calcium est un élément indispensable au corps humain, mais sa présence avec un taux élevée est nuisible et indésirable pour les consommateurs.

▪ Le Magnésium :

La teneur en magnésium est supérieure à la norme dans les eaux de Miopliocène et Sénonien, Tandis qu'elle répond aux normes dans celle de l'Albien (50-150 mg/l selon l'OMS). La teneur élevée du Magnésium est liée à sa présence dans la composition des argiles qui constituent des formations imperméable et semi-perméable des toits et /ou des murs des horizons renfermant les nappes.

D'après Rodier cet élément ne présente aucun danger sur le plan sanitaire par contre il peut communiquer un goût amer à l'eau à partir de 100 mg/l.

▪ Le Sodium

Les eaux analysées présentent un excès en sodium. Ceci est liée principalement à la dissolution des sels minéraux en particulier celle du chlorure de sodium.

Ce métal n'étant pas toxique pour un être humain saint (jusqu'à 10 g/l), il doit cependant être recommandé d'éviter de dépasser la norme pour les personnes souffrant d'hypertension ou d'insuffisance cardiaque [4].

▪ Le Potassium

Le potassium dépasse la norme dans les eaux de N'Goussa, son excès est plus important dans les eaux de HDEB II. Il peut avoir comme origine, le lessivage des engrais potassiques sur les sols pauvres en humus. La présence du potassium est liée à la lithologie de la région étant donné que cet élément entre dans la composition des argiles qui se trouvent dans la majorité des couches géologiques [5].

▪ Les Chlorures

La teneur en chlorure est hors norme dans toutes les eaux échantillonnées. Cette teneur dépend de celle des métaux alcalins (Na⁺, K⁺) et des métaux alcalino-terreux (Ca²⁺, Mg²⁺) auxquels ils se trouvent associés sous forme de sels solubles et puisque 3/4 de ces éléments se trouvent en excès dans l'eau, ce qui a pour conséquence l'augmentation de leur. Leur propriété lessivante fait qu'ils soient présents dans toutes les eaux. Leur principale inconvénient est la saveur désagréable qui communique à l'eau surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium, le cas de l'ensemble de nos forages Les chlorures ne présentent pas de risque sur la santé sauf pour les personnes devant suivre un régime hyposodé [4].

▪ Les Sulfates

Dans les eaux analysées les sulfates présentent une teneur variant de 632 à 983 mg/l, ce qui dépasse la norme qui est de 400 mg/l. Leur présence est due essentiellement à la dissolution des gypses et surtout lorsque le temps de contact avec les roches est élevé. Toutefois, d'un forage à un autre, cette teneur est variable ceci s'explique par la lithologie gypseuse de la région. Sur le plan sanitaire et en d'hors du goût désagréable communiqué à l'eau, ainsi que les diarrhées infantile on peut également signaler certain effet laxatifs des sulfates en particulier s'ils sont associés au magnésium et au sodium [6].

▪ Dureté TH

Les teneurs de la dureté, sont très élevées par rapport aux normes (50°F) dans l'ensemble des forages. A noter qu'une eau dure est aussi potable qu'une eau douce. Cependant deux inconvénients peuvent se présenter et nécessitent un adoucissement. La réaction avec les savons et la précipitation sous forme de carbonate de calcium dans les bouilloires par exemple. L'augmentation de la dureté est liée essentiellement aux terrains calcaires et gypseux [7].

3.3. Exploitation des résultats

La représentation des résultats des analyses par le diagramme de Schoeler et Berkloff a montré que la qualité de ces eaux est passable à médiocre (Fig. 1).

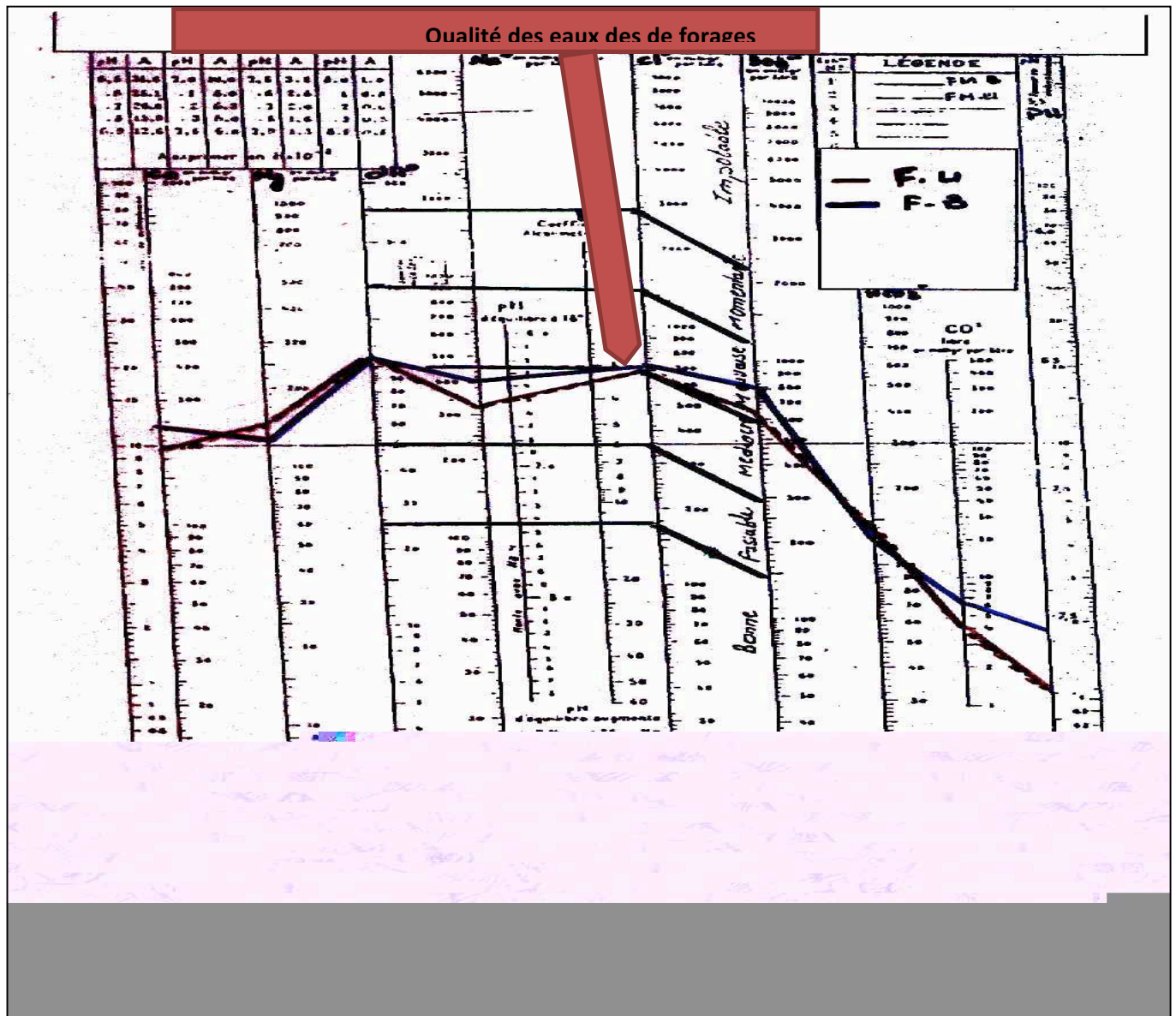


Figure 1. Représentation des résultats des analyses sur le diagramme de Schoeler et Berkloff

Ce travail nous a permis de mettre en évidence la qualité de quelques forages destinés à l'alimentation. À travers les résultats obtenus. Leur qualité chimique, vérifiée par la représentation graphique des résultats des analyses sur le diagramme de Schoeller et Berkloff, est de qualité passable à mauvaise

3.4. Résultats du pouvoir alcalisant ou S.A.R

Les analyses physico-chimiques des eaux des trois nappes exploitées pour l'alimentation en eau potable et en irrigation dans la région de Ouargla ont permis d'acquérir un certain nombre de paramètres habituellement utilisés pour l'estimation de la qualité des eaux d'irrigation : la salinité (traduite par la conductivité électrique), le SAR (Sodium Adsorption Ratio ou indice d'adsorption du sodium, aussi appelé "pouvoir alcalinisant")

Les conductivités sont plus élevées, ce qui traduit une forte salinité due à la lithologie bien sûr, mais aussi à des conditions climatiques très arides. Ces dernières induisent une forte évapotranspiration qui concentre la solution du sol [8]. La valeur moyenne de la conductivité est de l'ordre de 2520 $\mu\text{S}/\text{cm}$; les eaux souterraines des trois nappes destinées à l'alimentation en eau potable, sont de qualité "passable " à "médiocre", elles sont classées dans la classe 3 (forte salinité).

Dans le même temps, la concentration moyenne du sodium adsorbable déterminée à partir du SAR) est égale 17, 16.5 et 15 respectivement pour la nappe miopliocene, sénonienne et albienne ce qui correspond à un risque d'alcalinisation moyen (augmentation du pH au-dessus de 8,2). Lorsque les ions Na^+ sont très abondants à l'état dissous dans les sols, ils peuvent remplacer les ions Ca^{2+} dans le complexe absorbant (échange de bases). La combinaison de la conductivité électrique et du SAR (Sodium Absorption Ratio) permet de discerner ce risque : le risque est d'autant plus grand que la conductivité et le SAR sont élevés. Le calcul de ce paramètre nous a indiqué que le degrés d'aptitude des eaux de la région de Ouargla , à l'irrigation, est faible. Ainsi ça nous permet de apprécier la dégradation éventuelle de la structure du sol et l'altération de ses qualités physiques.

Certains forages se caractérisent par des teneurs en chlorures largement supérieures à 15 méq/l, soit le seuil maximum admissible pour les plantes. Ces eaux présentent un risque par les ions sodium et par les ions chlore, classant ainsi les eaux dans la catégorie de «problème grave

4. CONCLUSION

Dans ce travail, nous avons évalué la qualité des eaux souterraines des trois nappes destinées à l'alimentation en eau potable et à l'irrigation dans la région de Ouargla. Cette question revêt une grande importance du fait des problèmes que connaît la région, en raison de la sécheresse, de la non-disponibilité d'eaux superficielles et de la forte demande résultant des activités agricoles. L'évaluation de la qualité des eaux par des méthodes classiques a révélé que la majorité des paramètres dosés dépassent les normes préconisées par l'OMS. La salinité de ces eaux varie de 1405.7 à 2952.5 mg/l, de ce fait, elles sont classées comme eaux légèrement saumâtres.

Selon la valeur moyenne du SAR (qui reste inférieure à 18 méq/l), les eaux souterraines présentent un faible danger d'alcalinisation et pourraient donc être utilisées en irrigation pour certaines cultures. La combinaison de la conductivité électrique et du SAR (Sodium Absorption Ratio) permet de discerner le risque qui est d'autant plus grand que la salinité est élevée.

Les s ont un impact sur le sol et les plantes, car ils peuvent causer des changements dans la structure du sol (modifiant ainsi sa perméabilité et son aération) et perturber le développement des plantes.

REFERENCES

- [1] Lefrou C., 1990 – Une ressource à redécouvrir : L'eau souterraine, P.C.M- Le PONT, vol.88, p44-46.
- [2] Germain L., Colas L., Rouquet J., 1976. -Le traitement des eaux, Paris.
- [3] Legrand L., POIRIER F., 1976.- Chimie des eaux naturelles, EYROLLES.
- [4] Rodier J., 1984. -L'analyse de l'eau, 7^{ème} Ed, 1353P.
- [5] Mousty P., Morvan J.P., DUTANG., Damez F., 1989.- Sécurité de l'alimentation en eau potable : une nouvelle génération de systèmes d'alerte à la pollution, science et technique de l'eau, vol. 22, n° 3.
- [6] Plotnicov N.A. 1962. – Ressources en eau souterraines : classification et méthodes d'évaluation, Gauthier-Villars et Cie.
- [7] Schoeller H. 1962.- Les eaux souterraines, Eds MASSON et Cie.
- [8] Nezli I.E., Achour S., Djabri L., 2007.- Approche géochimique des processus d'acquisition de la salinité des eaux de la nappe phréatique de la basse vallée de l'Oued M'ya (Ouargla). Larhyss Journal, 6: 121-134.