



## Evolution Géochimique des Eaux Souterraine de la Plaine du Haut Cheliff

Nefidsa Keltoum<sup>(1)</sup>, Douaoui Abdelkader<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Nefidsa k Université Hassiba ben Bouali de Chlef, Algérie.

<sup>(2)</sup> Douaoui A Université de Khemis Miliana, Algérie.

E-Mails [nefidsak@yahoo.com](mailto:nefidsak@yahoo.com) [abdouaoui@yahoo.fr](mailto:abdouaoui@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 (stabilité des agrégats) et sa perméabilité, sont très sensibles au type d'ions potentiellement échangeables présents dans les eaux d'irrigation.

Les résultats auxquels on a abouti ont montré que les eaux souterraines de la plaine du Haut-Chéiff présentent essentiellement un faciès chloruré calcique. Une moyenne de Conductivité Electrique de (2,9 dS/m) indique que les eaux sont fortement salées et sont déconseillées pour l'irrigation. D'un autre coté, une valeur du Sodium Adsorbtion Ratio (SAR) moyenne de 2,9 montre qu'il n'y a pas de risque sur la dégradation physique des sols à cause de la sodicité y compris au niveau de la valeur maximale d'une valeur de 9,1 où le risque reste encore faible. Cependant, la présence des bicarbonates avec des valeurs non négligeables pourrait être un danger sur la dégradation physique des sols quand ils sont dominants par rapport au couple calcium-magnésium comme c'est le cas de certains points d'eau. Le diagramme de Riverside montre que c'est la classe C4S1 suivie par la classe C3S1 qui sont les plus dominantes.

L'étude de l'évolution géochimique des eaux d'irrigation s'est donc avérée nécessaire pour connaître et prédire l'impact de l'utilisation des eaux dans l'irrigation des sols. Cet impact n'a pas été clairement établi au vu des différences trouvées entre les indicateurs de la qualité des eaux souterraines et des sols.

**Mots clés** — Haut Cheliff, Eaux souterraines, irrigation, géochimie, salinisation, alcalinité.

### I. INTRODUCTION

Les eaux souterraines qui sont souvent chargées en sels peuvent être dangereuses dans certains cas sur la qualité des sols par un risque de dégradation physico-chimique. Parmi les risques de dégradation, le plus dangereux dans les zones arides et semi-arides est celui de la salinisation dont plus de 20 % des terres cultivées sur le globe seraient aujourd'hui affectées à des degrés de dégradation variables par la salinisation [1].

Pour indiquer la qualité des eaux destinées à l'irrigation prédire leurs impacts sur les sols, les chercheurs utilisent plusieurs paramètres entre autres la Conductivité Electrique (CE) et le Sodium Adsorbtion Ratio (SAR). Ces deux variables, bien qu'elles soient les plus utilisées, restent insuffisantes pour une bonne prédiction du danger de dégradation des sols car la qualité géochimique des eaux naturelles n'est pas stable et change en fonction du temps de leurs expositions aux conditions atmosphériques [2]. C'est le cas des eaux souterraines qui sont sujettes à des profonds changements géochimiques lorsqu'elles arrivent à la surface sous les conditions climatiques particulièrement sévères de la plaine du Bas-Chéiff où l'évaporation atteint des valeurs trop élevées durant la période estivale qui coïncide justement avec la campagne d'irrigation [3]. C'est pour cette raison et pour une meilleure connaissance de l'évolution de la qualité des eaux d'irrigation que le concept d'alcalinité résiduelle a été développé [4]-[5]-[6].

### II. MATERIEL ET METHODES

Les analyses physicochimiques

Durant la saison estivale de l'année 2011, 30 échantillons d'eaux ont été prélevés à partir des forages utilisés pour l'irrigation et des échantillons de sol prélevés à partir des parcelles irrigués par ces mêmes forages et analysés. Les paramètres analysés sont : - cations:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  ; - anions:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  ; - la conductivité électrique (CE) et le pH.

Simulation des concentrations de deux types d'eau souterraines

L'évolution géochimique des eaux d'irrigation par une concentration suite à une évaporation simulée a été appliquée sur deux points d'eau (E1, E2) qui montrent une qualité hydrochimique semblable au départ avec des CE et des SAR équivalents.

La principale différence entre ces deux types d'eau se situe au niveau de l'alcalinité résiduelle calcite gypse:

E1: Alc. – Ca + SO<sub>4</sub> > 0  
E2: Alc. – Ca + SO<sub>4</sub> < 0

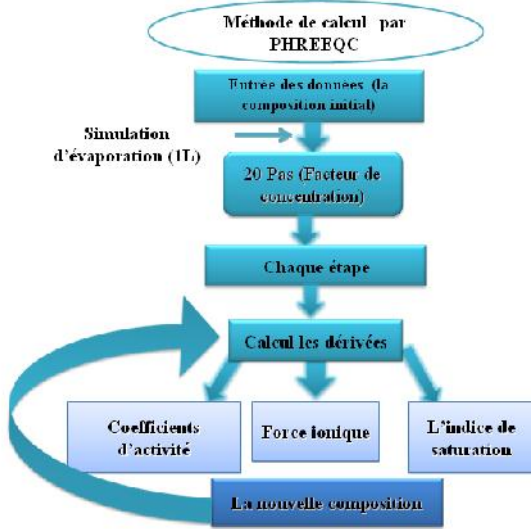


Figure 01. Organigramme de la simulation de l'évaporation

### III. RESULTATS ET DISCUSSION

La détermination des différentes voies géochimiques obtenues suite à l'application du concept d'Alcalinité Résiduelle Généralisée sur nos 30 échantillons sont montrés l'existence de quatre voies différentes (fig. 2).

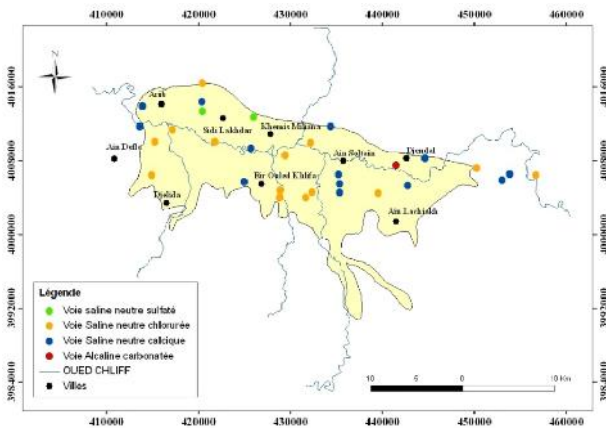


Figure 02. Répartition spatiale des points d'eau dans la plaine du Haut Cheliff.

#### Caractérisation géochimique des eaux d'irrigation

Les résultats montrent que comparativement par rapport à la tendance générale des courbes des ions, la molalité de l'alcalinité (représentée par HCO<sub>3</sub>) tend à décroître vers des fortes valeurs de FC, ce qui n'est pas le cas pour les sulfates par exemple. A priori, il y aurait précipitation du gypse pour

de fortes valeurs de FC, ce qui est conforté par la diminution parallèle de la molalité de Ca aux fortes valeurs de FC. Dans ce cas de figure (03), la molalité de Ca diminue en ce précipitant sous forme de gypse (CaSO<sub>4</sub>, 2H<sub>2</sub>O), alors que la molalité de Na augmente dans les eaux, ce qui provoquerait une augmentation du SAR.

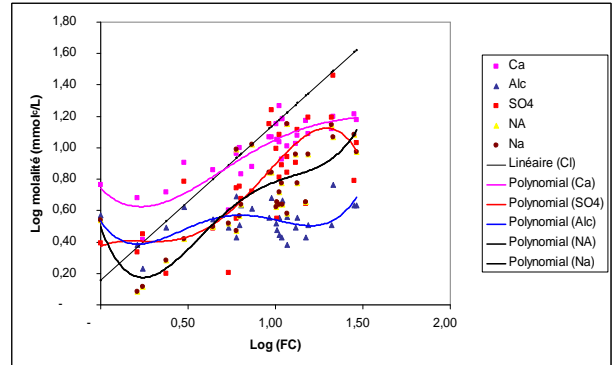


Figure 03. Simulation de l'évolution géochimique des ions en fonction des facteurs de concentration au cours de l'évaporation.

Les indices de saturation calculés par PHREEQC2 en utilisant la base de données Phreeqc.dat explique mieux cette situation. On constate, en effet, que les eaux sont sursaturées en calcite (CaCO<sub>3</sub>) avec un léger abaissement au niveau des fortes concentrations, ce qui est tout à fait différent avec le gypse où l'indice devient de plus en plus important en se rapprochant à l'équilibre avec la solution (fortes valeurs de FC). Pour la halite (NaCl), l'indice augmente certes au cours de l'évaporation mais elle reste toujours sous saturée dans les eaux (fig. 04).

A la lumière de ces résultats, on peut dire que les eaux du Haut-Chélif ont tendance à précipiter sous forme de calcite-gypse (Alc +SO<sub>4</sub> > Ca) ce qui affecte en particulier l'ion Ca et provoquerait dans ceci une augmentation du SAR. Un tel comportement conduirait à une augmentation du SAR mais progressivement avec en parallèle, comme c'est souvent le cas dans la zone d'étude, une augmentation de la salinité.

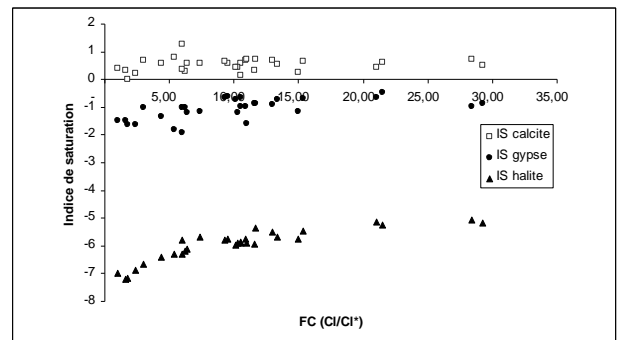


Figure 04. Evolution de l'indice de saturation de la calcite, du gypse et de la halite au cours de la concentration.

Les résultats de la simulation par évaporation des deux types d'eau sont projetés sur le diagramme de RIVERSIDE (fig. 05). On constate que E1 et E2 n'évoluent pas de la même manière; alors que E2 évolue vers la voie saline, E1 évolue vers une voie plus alcaline.

Un pareil résultat montre l'importance de l'étude géochimique des eaux d'irrigation qui ne se contente pas uniquement d'une étude statique ne prenant en compte que la CE et le SAR à un instant donné sans tenir compte des changements géochimiques qui se produisent au cours de l'irrigation. La plaine du Haut Chélif qui se trouve sous un climat semi-aride avec un été très chaud est particulièrement sujette à ce type d'évolution géochimique pouvant entraîner une dégradation structurale des sols et une perte de fertilité à la fois chimique, physique et biologique.

Riverside

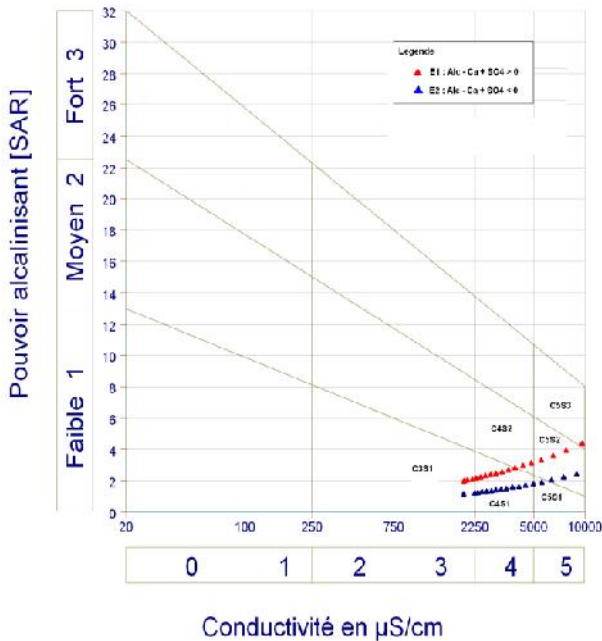


Figure 5. Simulation de la concentration par évaporation des deux points d'eau.

La cartographie de la salinité des eaux souterraines et celles des couches superficielles des sols montre une indépendance dans la répartition spatiale de la CE (fig. 06), (fig.07). Le même constat fait pour le RSC (fig. 08), (fig. 09). Il apparaît donc que l'utilisation de ces eaux dans l'irrigation de ces parcelles n'a pas encore eu un impact sur la qualité de ces sols.

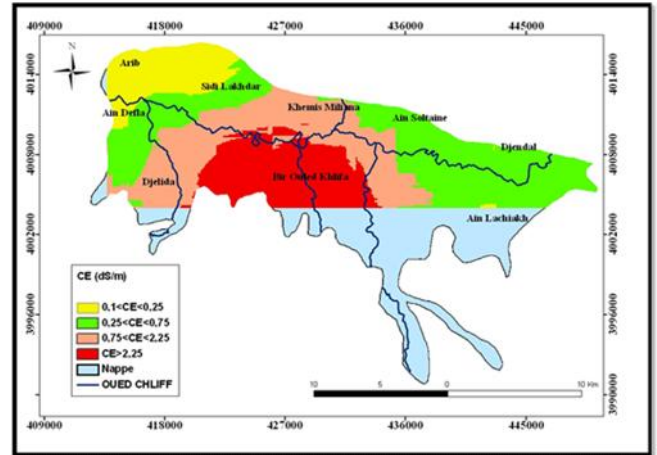


Figure 06. La carte de la salinité des eaux.

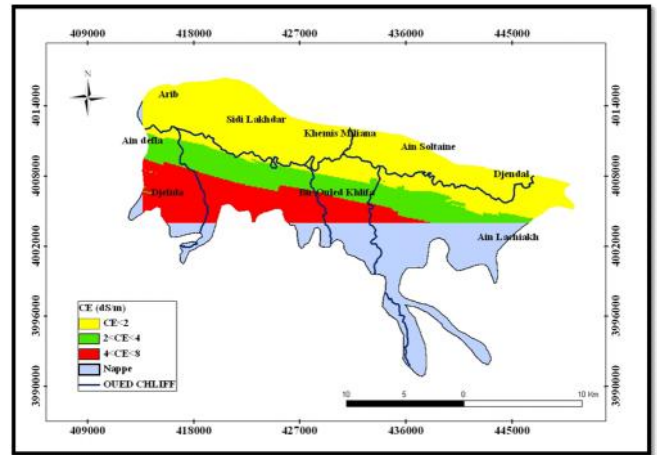


Figure 07. La carte de la salinité des sols.

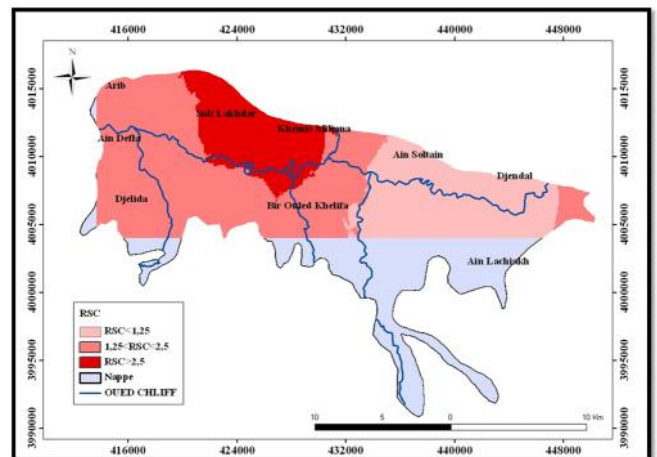


Figure 08. La carte du RSC des eaux.



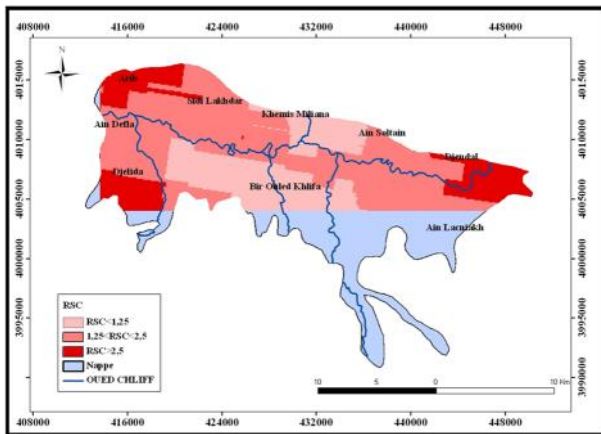


Figure 09. La carte du RSC des sols.

L'absence de cet impact à l'échelle spatiale (cartographique) qui se fait selon des classes n'exclut pas l'existence d'une certaine dépendance à l'échelle parcellaire comme cela a été montré par le traitement statistique multiparamétrique et son interprétation. La faiblesse de cette dépendance est expliquée par l'utilisation des eaux superficielles et les apports non négligeables de la pluviométrie qui relativisent l'action des eaux souterraines sur la qualité des sols.

#### IV. CONCLUSION

Les résultats auxquels on a abouti ont montré que les eaux souterraines de la plaine du Haut-Chéouli présentent essentiellement un faciès chloruré calcique. Le diagramme de Riverside montre que c'est la classe C4S1 suivie par la classe C3S1 qui sont les plus dominantes.

La prédiction de l'évolution géochimique des eaux d'irrigation a montré quatre voies, en l'occurrence la voie saline neutre calcique et la voie saline neutre chlorurée qui sont les plus dominantes et les voies saline neutre sulfatée et alcaline carbonatée.

Les eaux du Haut-Chéouli ont tendance à précipiter sous forme de calcite- gypse ( $\text{Alc} + \text{SO}_4 > \text{Ca}$ ) ce qui affecte en particulier l'ion Ca et provoquerait une augmentation du SAR. L'action des eaux souterraines utilisée dans l'irrigation sur la qualité des sols devient donc plus apparente quand le raisonnement se fait par rapport l'alcalinité résiduelle plutôt que le SAR qui ne montre aucun risque de sodicité. L'étude de l'évolution géochimique des eaux d'irrigation s'est donc avérée nécessaire pour connaître et prédire l'impact de l'utilisation des eaux dans l'irrigation des sols.

#### REFERENCES

[1] Condom N. (2000) Analyse et modélisation couplée des processus hydrogéochimiques de la salinisation des sols. Application aux sols rizicoles irrigués de l'Office du Niger (Mali). Thèse Doctorat Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Montpellier. 240p.

- [2] Tabet., D. H. (1999). Intérêt d'une approche spatiale pour le suivi de la salinité des sols dans les systèmes irrigués. Cas de la subdivision de Christian dans le Punjab (Pakistan).
- [3] Douaoui, A., Hartani, T., Lakehal M. (2006). La salinisation dans la plaine du bas Chéouli: acquis et perspectives.
- [4] Eaton F. (1950). Significance of carbonates in irrigation waters, Soil Sci. 69,123-133.
- [5] Vallés.V., Pachepsky.Y.A., Ponizovsky., A.A. (1991). Invariant criteria for irrigation quality assessment in arid and semiarid regions. ISSS A Subcom. Moscow 330-333p.
- [6] Van Beek (C.G.E.M.), Van Breemen (N.). (1973). The alkalinity of alkali soils. Journal of Soil Science, vol. 24, no 1: 129-136.Cah.