

Chapitre V : Qualité des eaux d'irrigation

Les eaux d'irrigation par leur composition peuvent avoir une influence sur le sol (Coutinet, 1965). Comme, les eaux de la nappe du Mio-plio-quaternaire de la zone Est de la plaine d'El Outaya présente une salinité assez élevée variant entre 1 et 5 g/l (Brinis et al, 2009), leur influence de salinisation ne peut être que négative pour les sols et par conséquent sur la plus part des cultures. Du fait une analyse rigoureuse de leur physico-chimie s'avère nécessaire pour la détermination de la part de leur influence sur la salinisation des sols en question.

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux utilisées à l'irrigation des trois périmètres étudiés sont indiqués dans le tableau suivant :

L'eau	CE (dS/m) à 25°C	pH	Cations solubles en (meq/l)				Anions solubles en (meq/l)			SAR	Classe Reverside
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻		
SEO	3.5	7.65	7.62	4.05	8	0.13	20	10.6	11	3.32	C4S1
F1	3.8	8.01	12.43	11.34	22.5	0.13	36	6	21	6.54	C4S2
F2	3.6	7.8	11.52	7.85	23.21	0.22	29.4	7.2	18.5	7.46	C4S2

Tableau n° 14 : Résultats des analyses physico-chimiques des eaux d'irrigation

La première lecture des faciès chimiques des eaux utilisées dans l'irrigation des périmètres en question indique que :

L'eau d'irrigation du bassin de la station expérimentale d'El-Outaya (station expérimentale du C.R.S.T.R.A dont la source principale est le barrage « Fontaine des Gazelles) est une eau salée avec une CE de 3.5 dS/m et un SAR de 3.32, présentant ainsi, un risque de salinisation très élevé et un risque de sodicité faible (C4S1).

L'eau d'irrigation du forage F1, est une eau, aussi, salée avec une CE de 3.8 dS/m et un SAR de 6.54; elle présente un risque de salinisation très élevé par contre un risque de sodicité moyen (C4S2).

L'eau du Forage F2, est une eau aussi salée que l'eau de F1 mais avec une CE de 3.6 dS/m et un SAR de 7.46 ; elle présente un risque de salinisation très élevée par contre un risque de sodicité moyen à tendance d'être forte parce que le point F2 est presque sur la ligne séparant la classe C4S2 et C4S3 (voir annexe n°3).

D'une manière générale, l'ensemble de ces eaux est chloruré sodique ; leur faciès caractéristique est :

- $r \text{Cl}^- > r \text{HCO}_3^- > r \text{SO}_4^{2-}$.

- $r \text{Na}^+ > r \text{Ca}^{2+} > r \text{Mg}^{2+}$.

Selon Servant et Servat (1966), elles montrent un rapport $\text{Cl}^- / \text{SO}_4^{2-}$ de :

- 1.89 pour les eaux de la station SEO donnant un type de salinisation chlorurée-sulfatée.
- 6 pour les eaux du forage F1 qui donne un type de salinisation chlorurée.
- 4.8 pour les eaux du forage F2 donnant un type de salinisation chlorurée-sulfatée

Grossièrement, ces eaux appartiennent à la classe des oligochlorurées avec un $r \text{Cl}^-$ compris entre 15 et 40 meq /l (Brinis, 2003).

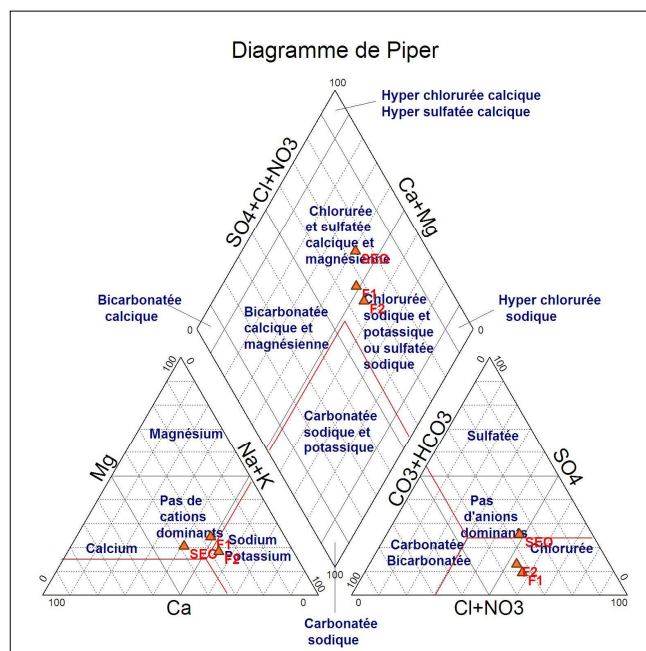


Fig. 11 : Diagramme de Piper des eaux d'irrigation utilisées.

V.1. Caractérisation des eaux d'irrigation

V.1.1. Etude de la salinité totale et du pH :

Salinité totale :

Les eaux d'irrigation des différentes sources présentent une conductivité électrique de 3.5 dS/m pour l'eau de station d'El-Outaya soit 2.24 g/l, de 3.8 dS/m pour l'eau du forage F1 soit 2.45 g/l et de 3.6 dS/m pour le forage F2 soit 2.3 g/l. L'évaluation de la qualité des eaux

utilisées pour l'irrigation des sols étudiés, dans l'échelle proposée par Durand (1958) pour les sols irrigables de l'Algérie, montre que ces dernières présentent une forte salinité.

Conductivité électrique (dS/m)	Concentration (g/l)	Evaluation américaine	Evaluation russe	Evaluation de DURAND pour l'Algérie
CE < 0.25	< 0.2	Faible salé	Faible qualité	Non saline
0.25<CE<0.75	0.2-0.5	Moyennement salée		Salinité
0.75<CE<2.25	0.5-1.5	Fortement salée	Risque de	moyenne
2.25<CE<5	1.5-3	T. fortement salée	salinisation	Forte salinité
5<CE<20	3-7	Salinité excessive	Ne peut être utilisée sans lessivage	Très forte salinité Salinité excessive

Tableau N° 15 : Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation (Durand, 1958).

Le pH :

Le pH de ces eaux, selon Baise, est basique pour les trois sources (7.65 et 8.01 et 7.8 respectivement pour SEO, F1 et F2), ceci est dû aux fortes concentrations de Na⁺ et Cl⁻.

V.1.2. Distribution des sels solubles :

Les cations :

- La concentration de Na⁺ est la plus importante, elle est au voisinage de 8 meq/l pour l'eau de station de SEO, de 22.5 meq/l pour l'eau du forage F1 et de 23.21 meq/l pour l'eau du forage F2.
- La teneur en Ca⁺⁺ est supérieure à celle de Mg⁺⁺, elle est de l'ordre de 7.62 meq/l et 4.05 meq/l pour l'eau de station ; pour le forage F1, Ca⁺⁺ est de 12.43 meq/l et Mg⁺⁺ est de 11.34 meq/l ; par contre pour le forage F2, la concentration de Ca⁺⁺ est 11.52 meq/l et Mg⁺⁺ est de 7.85 meq/l.
- La teneur de K⁺ est pratiquement négligeable par rapport aux autres éléments avec une valeur de 0.13 meq/l pour les deux sources SEO et F1 ; par contre la source F2 a une teneur de 0.22 meq/l de K⁺.

Les anions :

Ces eaux contiennent des quantités importantes de chlorures (20 meq/l pour la station de SEO, 36 meq/l pour F1 et 29.4 meq/l pour F2) ; les bicarbonates sont quantitativement moins présents que les chlorures avec : 11 meq/l pour la station SEO et 21 meq/l pour F1 et 18.5 meq/l pour

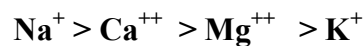
F2. Les sulfates se manifestent par des valeurs faibles (10.6 meq/ l pour la station et 6 meq/l pour F1 et 7.2 meq/l pour F2).

Le rapport Cl⁻/ SO₄⁻ : ce rapport est de l'ordre de 1.88 pour la station, 6 pour F1 et 4.08 pour F2, il traduit une dominance de l'ion Cl⁻ par rapport au SO₄⁻. Selon Servant (1976), ces eaux sont chloruro-sulfatées pour l'eau de la station SEO, chlorurées pour l'eau de forage F1 et chloruro-sulfatées pour F2.

Faciès chimiques :

Les cations

Selon l'abondance relative des cations, on note que dans ces eaux, c'est le Na⁺ qui a des proportions élevées ; il est près de 40.40 % du total des cations pour l'eau de la station SEO, de 48.49 % pour l'eau de F1 et de 54.23 % pour l'eau du F2. Ensuite, viennent, le Ca⁺⁺ avec 38.48 % pour la station SEO, 26.79 % pour F1 et 26.92 % pour F2 ; le Mg⁺⁺ a une abondance de 20.45 % pour la station SEO, de 24.44 % pour F1 et de 18.34 % pour F2 de la somme des cations. L'ion K est pratiquement négligeable avec une valeur de 0.65 % pour l'eau de la SEO, de 0.28 % pour l'eau de F1 et 0.51 % pour F2. En se référant au diagramme de Piper (figure N° 11), il ressort que l'ordre d'abondance des cations est :



Les anions

Pour les anions, les chlorures sont plus prépondérants que les carbonates (HCO₃⁻) et les sulfates. Leurs proportions atteignent respectivement 48.08 %, 26.44%, 25.48% pour l'eau de la SEO, 57.14 %, 33.33 %, 16.66 % pour l'eau de forage F1 et 53.36 %, 33.57 %, 13.07 % pour F2. L'ordre de classement des anions selon leur importance est le suivant :



Sodicité

Le danger d'alcalinisation est exprimé par la valeur du SAR, qui s'exprime comme suit :

$$SAR = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}{2}}}$$

Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ et Na⁺ sont exprimés en meq/l.

Selon Servant et Servat (1966) et Mathieu et Pieltain, (2003), ces eaux ont un SAR de 3.32 pour l'eau de la station SEO, de 6.54 pour l'eau de forage F1 et 7.46 pour F2 (Annexe n°2).

Le SAR ne prend pas en compte les modifications de la teneur en Ca^{++} de l'eau du sol survenant par précipitation ou dissolution pendant ou après une irrigation. Le sodium qui constitue un facteur important de la salinité, reste constamment soluble et en équilibre avec le sodium échangeable. Les agents extérieurs ont peu d'influence sur la dissolution ou la précipitation du sodium, qu'il soit concentré par les prélèvements de la plante entre deux arrosages, dilué par l'eau appliquée ou lessivée par drainage.

Cependant, Sauraz (1981), a développé une autre formule pour évaluer le danger du sodium, c'est le RNa adj. (coefficient ajusté d'adsorption du Na^+), afin d'améliorer l'ancienne formule du SAR, ne prenant pas compte de la dissolution et de la précipitation du Ca^{++} . Cette formule est presque la même de celle du SAR et s'exprime ainsi :

$$\mathbf{R Na adj. = Na / (Cax + Mg / 2)^{1/2}}$$

Na^+ et Mg^{++} : sodium et magnésium de l'eau d'irrigation, exprimés en meq/l.

Cax : une valeur modifiée du calcium, issue du tableau de Suarez (1981, dans FAO, 1988, voir annexe N° 4). Le Ca représente Ca^{++} dans l'eau d'irrigation mais modifiée en fonction de la salinité de l'eau appliquée, de son rapport $\text{HCO}_3^- / \text{Ca}$ (HCO_3^- et Ca^{++} exprimés en meq/l) et de la pression partielle de CO_2 estimée sur une épaisseur du sol de quelques millimètres en surface ($\text{PCO}_2 = 0.007\text{atm}$).

Cette expression permet de prévoir d'une manière plus correcte les problèmes potentiels d'infiltrations dues à une teneur relativement forte en sodium (ou faible en calcium) dans l'approvisionnement en eau d'irrigation. (FAO, 1984).

La préférence va à la méthode du RNa adj. (FAO ; 1984,1988) qui avec le Ca^{++} , du tableau de Suarez(1981), offre un meilleur aperçu des transformations du calcium dans l'eau du sol, liées à la dissolution à partir des carbonates et des silicates (addition de calcium). Par ailleurs, des méthodes thermodynamiques qui tiennent compte de ces processus géochimiques sont développées actuellement. (Bala, 2005).

La valeur de RNa adj. égale à 4.67 pour l'eau de la station SEO, à 8.86 pour l'eau de forage F1 et à 10.62 pour F2. Enfin, il est à noter que des valeurs acceptables du SAR, autour de 10, ont peu d'action, sur les propriétés physiques des sols tant que la salinité globale est suffisante (Daoud et Halitim, 1994).

Cette expression permet de prévoir d'une manière plus correcte les problèmes potentiels d'infiltrations dues à une teneur relativement forte en sodium (ou faible en calcium) dans l'approvisionnement en eau d'irrigation. (FAO, 1984).

La préférence va à la méthode du RNa adj. (FAO ; 1984,1988) qui avec le Ca^{++} , du tableau de Suarez(1981), offre un meilleur aperçu des transformations du calcium dans l'eau

du sol, liées à la dissolution à partir des carbonates et des silicates (addition de calcium). Par ailleurs, des méthodes thermodynamiques qui tiennent compte de ces processus géochimiques sont développées actuellement. (Bala, 2005).

La valeur de R_{Na} adj. égale à 4.67 pour l'eau de la station SEO, à 8.86 pour l'eau de forage F1 et à 10.62 pour F2. Enfin, il est à noter que des valeurs acceptables du SAR, autour de 10, ont peu d'action, sur les propriétés physiques des sols tant que la salinité globale est suffisante (Daoud et Halitim, 1994).

Classification des eaux d'irrigation

La qualité de l'eau d'irrigation est appréciée en utilisant le diagramme de classification des eaux de l'U.S.S.L (1954), c'est un tableau à double entrée, avec les conductivités en abscisses et des SAR en ordonnées. Cependant, le diagramme proposé a été modifié par l'addition d'une 5^{ème} classe d'après la conductivité électrique (Durand, 1958).

Le report des résultats sur ce diagramme (voir annexe N°4) montre que l'eau d'irrigation de la station SEO appartient à la classe (C4S1), celle du F1 à la classe (C4S2) et celle du F2 à, aussi, à la classe (C4S2).

Risque de salinité

C4 : eaux très fortement salées, ne convenant pas normalement pour l'irrigation dans certaines conditions, elles peuvent être utilisées en mettant en œuvre des pratiques spéciales.

Risque d'alcalinité

S1 : eaux utilisables pour l'irrigation de presque tous les sols avec peu de danger d'alcalinisation, bien que, certaines cultures sensibles au sodium puissent être gênées.

S2 : l'alcalinisation des sols est appréciable dans les sols à texture fine et surtout dans des conditions de faible lessivage, à moins que le gypse ne soit présent dans le sol. Cette eau est utilisable pour des sols à texture grossière.

Conclusion

Il ressort de cette étude faite sur l'eau d'irrigation des trois périmètres de la plaine d'El-Outaya, que l'eau d'irrigation de la station où sa source principale est celle de barrage de la Fontaine de Gazelle, ainsi que l'eau de forage F1 et F2 ont une forte salinité avec un risque d'alcalinisation nulle pour l'eau de la station SEO et une faible alcalinisation pour l'eau de forage F1, ainsi que l'eau de forage F2 mais à tendance être moyenne.

Le faciès chimique de ces eaux la caractérisé en type chloruré sodique. Selon le rapport Cl^-/SO_4^{2-} , elles ont une salinisation de type chloruré sulfaté pour l'eau de la station SEO ainsi que l'eau de forage F2 et chloruré pour l'eau de forage F1.