

## Qualité des eaux destinées à la consommation humaine et à l'utilisation agricole (Cas des eaux souterraines d'Oued-Souf, SE algérien)

Salim KHECHANA<sup>1\*</sup> & El-Fadel DERRADJI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculté des Sciences et Technologie, Université d'El-Oued B.P. 789 El-Oued 39000 – Algérie.

<sup>2</sup> Laboratoire de Géologie, Université Badji Mokhtar- Annaba B.P. 12 Annaba 23000 – Algérie.

Révisé le : 12.10.2013

Accepté le : 05.02.2014

### ملخص

أصل مياه التمرين بالشرب والسقي في غور وادي سوف من مياه المركب النهائي (CT)، الذي يعاني كثرة التبذير، خاصة في السنوات الأخيرة، عند ظهور مشكل صعود مياه الطبقة السطحية. في هذه الدراسة، قمنا بتقييم نوعية مياه المركب النهائي (CT)، من خلال تفسير نتائج التحاليل الفيزيوكيميائية لعينات أخذت من أبراج المياه المتواجدة عبر منطقة الدراسة. بحسب هذه التحاليل، تبين أن النوعية الكيميائية لهذه المياه غير صالحة للاستهلاك البشري ولا للاستعمال الفلاحي بحسب المعايير الدولية.

**الكلمات المفتاحية:** غور وادي سوف – مياه طبقة المركب النهائي – تحاليل فيزيوكيميائية – الاستهلاك البشري – الاستعمال الفلاحي.

### Résumé

Les eaux destinées à l'alimentation de la population et d'irrigation dans la vallée d'Oued Souf ont comme origine la nappe du Complexe Terminal (CT), et souffrent de trop de gaspillage, surtout les dernières années, sous l'influence de l'apparition du phénomène de la remontée des eaux de la nappe phréatique. Dans ce travail, on a évalué la qualité des eaux du CT, grâce à l'interprétation des résultats des analyses physico-chimiques des échantillons pris des châteaux d'eau à travers le territoire de la région d'étude. D'après ces analyses, il apparaît que la qualité chimique des eaux en question est médiocre à mauvaise pour la consommation humaine et impropre à l'utilisation agricole.

**Mots clés:** Vallée d'Oued-Souf– Nappe du Complexe Terminal (CT) - Analyses physico chimiques - Consommation humaine- Utilisation agricole.

### Abstract

Water of drinking supply and irrigation water in Oued Souf valley come from groundwater of the Complex Terminal (CT), which suffers, excess use, especially in recent years, under the influence of the rising groundwater phenomenon. In this work, we assess the water quality of CT, through the interpretation of physico-chemical analysis results of water samples taken from water reservoirs throughout the territory of the study area. The present data indicate that the quality of the water in question is not suitable neither for human consumption nor for agricultural use.

**Keywords:** Oued Souf Valley- Groundwater of Complex Terminal (CT) - Physico-chemical analyzes - Human consumption - Agricultural use.

Auteur correspondant : khechana\_salim@yahoo.fr

## 1. INTRODUCTION

La vallée d'Oued Souf (Sud-Est algérien) possède un réservoir d'eau souterraine très important, constitué de trois nappes souterraines: la nappe phréatique, la nappe du Complexe Terminal (CT) et la nappe du Continental Intercalaire (CI) [1]. La nappe phréatique a connu le problème de la remontée des eaux, qui a des conséquences néfastes sur le plan environnemental et sanitaire [2], ceci a conduit à l'utilisation des eaux des nappes profondes (CT et CI) pour satisfaire les besoins en eau potable et d'irrigation.

L'utilisation accrue et incontrôlée des eaux du CT, plus particulièrement dans le secteur agricole, a dépassé de loin les normes de l'apport d'eau par hectare [3]. Ainsi, le gaspillage de ces eaux est également remarqué par la dotation journalière par habitant très élevée, dépassant largement les normes de consommation (204 l/j/hab) [4].

Dans cette optique, on a réalisé ce travail pour déterminer le faciès chimique des eaux de la nappe du CT, les origines de chimisme, ses potabilités et ses aptitudes à l'irrigation, en vue de mieux les gérer.

## 2. PRESENTATION DU MILIEU

### 2.1 Situation géographique

La vallée de Oued-Souf est une unité de ressource en eau située au Sud-Est algérien (Fig.1) au centre d'une grande cuvette synclinale, appelée aussi région du Bas-Sahara à cause de sa faible altitude. Elle occupe une superficie de 11738 km<sup>2</sup> et représente administrativement 18 communes et englobe une population de l'ordre de 500 000 habitants (en 2009) selon la Direction des Statistiques de la Wilaya [5]. La région d'El Oued est caractérisée par la production de dattes qui, avec celle de Biskra, sont parmi les régions les plus réputées au monde. La variété de dattes la plus connue en Europe est celle de Déglat-Nour. La région d'étude est limitée par les coordonnées Lambert suivantes [6]:

$$X = 275\ 200 / 322\ 000 \quad \bullet$$

$$Y = 3\ 665\ 000 / 3743\ 000$$

### 2.2 Les ressources hydriques disponibles

Malgré l'absence des ressources de surface, la vallée de Oued Souf dispose d'une réserve hydraulique très importante, présentée sous forme de trois nappes souterraines :

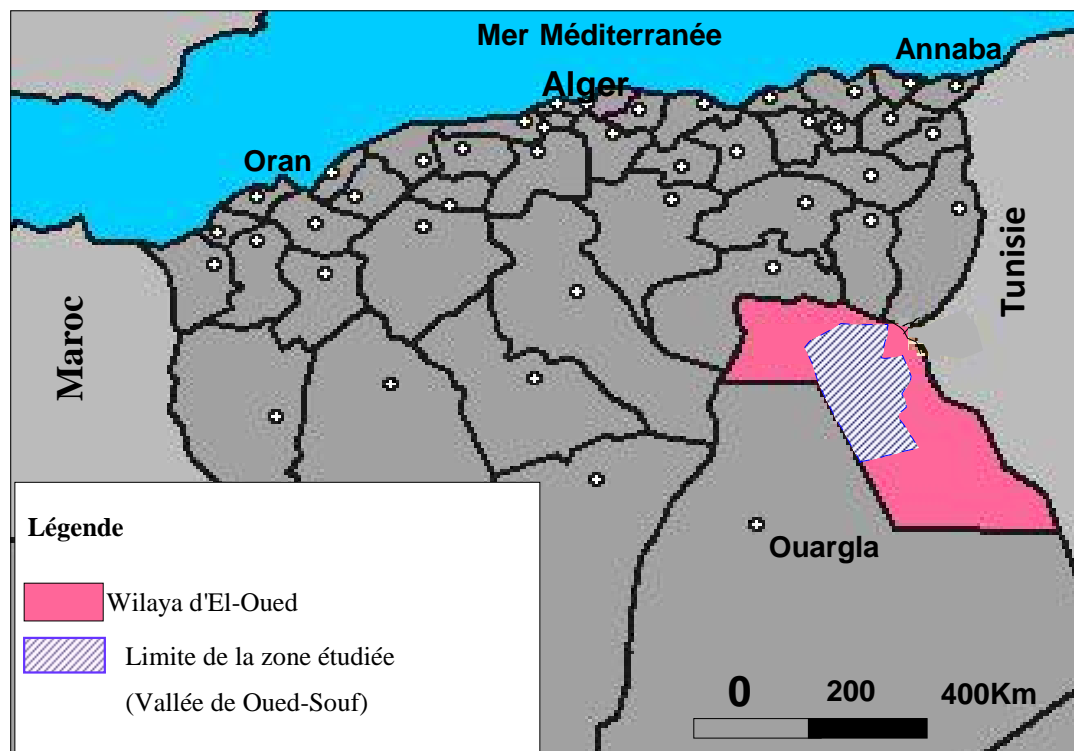


Figure 1. Situation géographique de la zone d'étude

la nappe de l'Albien (ou Continental Intercalaire CI), la nappe du Complexe Terminal (CT) et la nappe phréatique [7]. Le tableau 1 récapitule les systèmes aquifères de la région d'El-Oued.

Kouinine, Guemar et Réguiba, c'est à dire selon le sens d'écoulement des eaux de la nappe du Complexe Terminal (CT), à partir des forages destinés à la consommation humaine (Fig. 2). Les prélèvements ont été effectués manuellement pendant le mois de mars 2012 à partir de 26 châteaux d'eau, avec la condition que la javellisation soit arrêtée et la conduite vidangée pour que l'échantillon soit représentatif de l'eau du forage.

### 3. MATERIEL ET METHODES

#### 3.1 Echantillonnage

Afin de mener à bien notre travail et atteindre les objectifs souhaités, nous avons procédé à un échantillonnage selon l'axe Rabbah, El-Oued,

Tableau 1. Récapitulatif des systèmes aquifères de la région d'El-Oued [4]

Nature hydrogéologique		Nature lithologique	Etage		Ere
Nappe phréatique		Sables	Quaternaire		
Niveau imperméable		Argiles			
1 <sup>ère</sup> nappe des sables	Nappe de Complexe Terminal (CT)	Sables	Pliocène		Tertiaire
Semi-perméable		Argiles gypseuses			
2 <sup>ème</sup> nappe des sables		Sables grossiers, graviers	Pontien	Miocène	
Niveau imperméable		Argiles lagunaires, marnes	Moyen	Eocène	
Nappe des calcaires (perméables)		Calcaire fissuré	Inférieur		
Semi-perméable			Sénonien carbonaté		
Niveau imperméable		Evaporites, argiles	Sénonien lagunaire		
	Argiles, marnes	Cénomanién	Secondaire		
Nappe de Continental Intercalaire (CI)		Sables et grès	Albien		

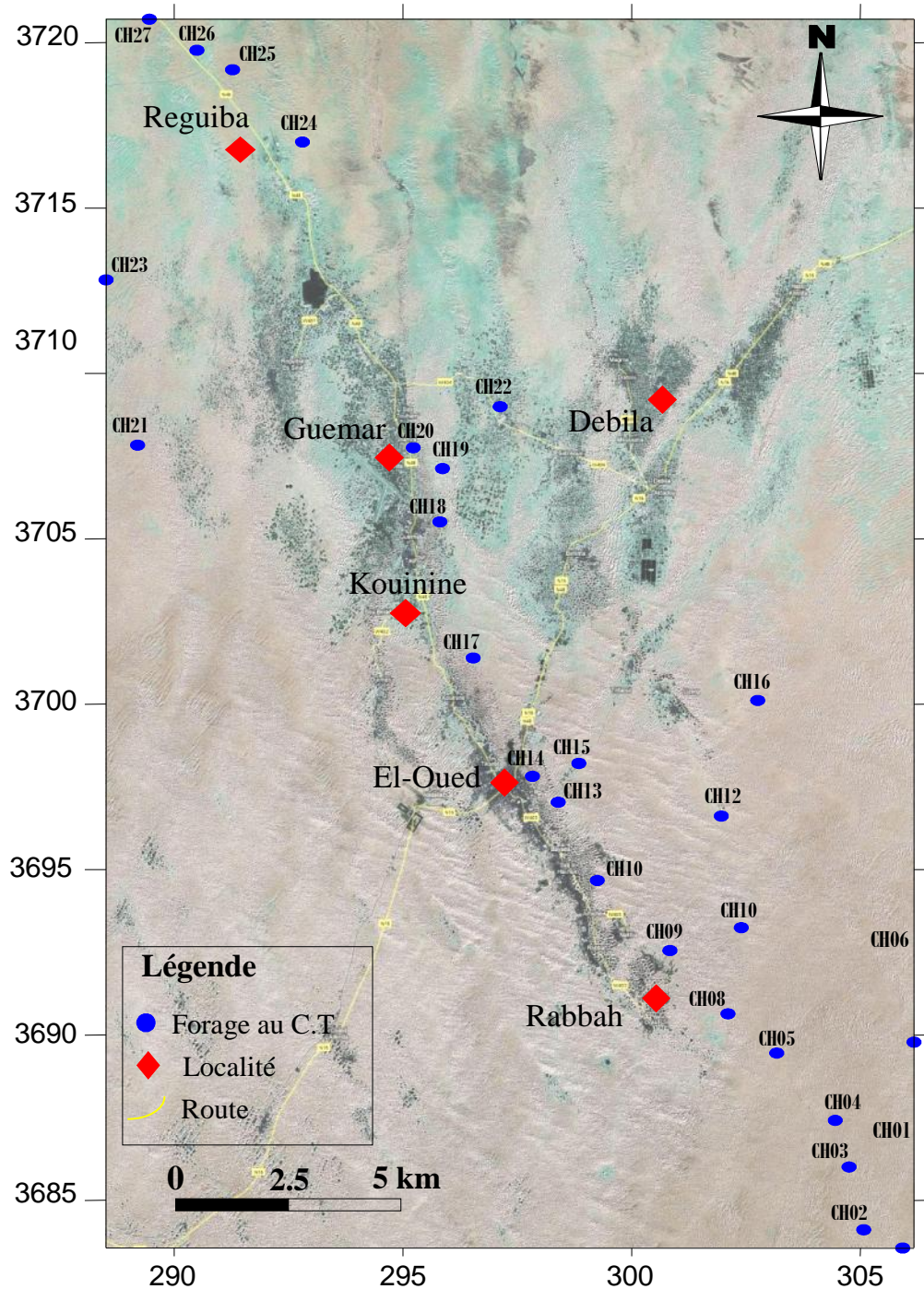


Figure 2. Carte d'inventaire des forages de prélèvement

Les échantillons ont été prélevés dans des bouteilles bien lavées, d'une capacité de 1 litre, sans rajouter aucune substance conservatrice pour éviter toutes contaminations [8]. La fiche de l'échantillon comporte : l'identité du préleveur, la date et l'heure du prélèvement, la ville ou l'établissement que l'eau alimente, l'origine et la température de l'eau.

### 3.2 Mode opératoire

Les paramètres physiques concernant la qualité des eaux ( $T^\circ$ , conductivité et pH) sont mesurés sur terrain (in situ) à l'aide d'une valise multi-paramètres (marque : 350i). La dureté totale des échantillons est déterminée par complexométrie (par titrage avec l'acide éthylène-diamine-tétracétique, EDTA). La

mesure de l'alcalinité est basée sur la neutralisation d'un certain volume de l'échantillon par l'acide sulfurique (N/50). Les chlorures sont déterminés par la méthode de Mohr et les sulfates par spectrophotométrie à une longueur d'onde = 420 nm pour une suspension obtenue par réaction des sulfates avec le chlorure de baryum. Le sodium et le potassium sont dosés par photométrie à émission de flamme sur appareil JENWAY PFP7.

Tous les résultats sont comparés avec les normes de l'organisation mondiale de la santé (OMS) [9].

#### 4. RESULTATS ET DISCUSSION :

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux du complexe terminal (26 forages) sont portés sur le tableau 2. Pour tous les échantillons, la balance ionique est inférieure 7%.

##### 4.1 Le faciès chimique

###### 4.1.1 Diagramme de Piper

Le report de 26 forages d'eau sur le diagramme de Piper (Fig. 3) montre que tous les points analysés sont caractérisés par des eaux de type sulfaté sodique [10]. Ce faciès indique une dissolution évaporitique riche en sels et en gypse [11].

###### 4.1.2 Diagramme de Schoeller-Berkaloff

Le diagramme de Schoeller-Berkaloff permet la représentation de plusieurs analyses sur le même graphique. Si les concentrations sont identiques, on trouve une superposition des droites obtenues et dans le cas contraire, on remarque un décalage relatif de ces dernières. D'après la figure 4 (a et b) on constate toujours l'existence d'une même famille d'eau qui est celle des eaux sulfatées, avec la prédominance du faciès sulfaté sodique.

##### 4.2 Etude des rapports caractéristiques et origine des éléments dominants

###### 4.2.1 Origine des éléments $\text{Na}^+$ et $\text{Cl}^-$

Pour avoir une idée sur les éléments dominants, une représentation graphique a été effectuée sur une échelle logarithmique, avec en abscisses la teneur exprimée en milliéquivalents des chlorures, et en ordonnées celle du sodium [12]. L'examen de la figure 5.a permis de remarquer que la majorité des points d'eau se

trouve au-dessous de la droite d'une pente égale à 1. Dans ce cas, ce sont les chlorures qui l'emportent sur le sodium à cause d'un excès de dissolution de cet élément dû à l'écoulement souterrain important et à la température élevée de ces eaux [13-14].

###### 4.2.2 Origine du calcium

Le faciès calcique a été étudié à l'aide de deux diagrammes, à cause de sa double origine : carbonatée et évaporitique [15]. Les figures 5.b et 5.c montrent que l'ensemble des points se trouve dans le domaine évaporitique, ce qui vérifie que l'élément  $\text{Ca}^{++}$  provient de la dissolution des calcaires fissurés et des évaporites d'âge Sénonien (Tab. 1).

###### 4.2.3 Le rapport $\text{Ca}^{++} / \text{Mg}^{++}$

La figure 5.d montre l'existence de deux ensembles de points :

Un ensemble où le rapport est supérieur à 1, donc le calcium prédomine, c'est le cas de la plupart des points d'eau analysés, cela est dû à la dissolution des formations gypseuses [16].

Un ensemble où le rapport est inférieur à 1, le magnésium prédomine, il concerne quelques échantillons analysés. Le faciès magnésien indique la présence d'argiles ou de dolomies riches en magnésium [17].

##### 4.3 Aptitude des eaux à la potabilité

Afin de définir la potabilité des eaux souterraines, nous nous basons sur les normes de l'O.M.S (Organisation Mondiale de la Santé) et ceux du D.H.T (Degré Hydrométrique Total).

###### 4.3.1 Selon l'O.M.S

Ces normes définissent deux types de concentrations maximales (Tab. 3) qui traduisent les limites de potabilité. On distingue :

- Une concentration maximale acceptable à partir de laquelle une eau provoque une certaine réticence chez les consommateurs.
- Une concentration maximale admissible qui correspond à la quantité maximale de substance à tolérer et dont la teneur supérieure peut être dangereuse à la santé.

L'examen du tableau 3, montre que tous les échantillons analysés ont des teneurs en  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  supérieures aux normes maximales admissibles

Tableau 2 : Résultats des analyses physico-chimiques des eaux du CT (mars 2012).

Nom	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Ca <sup>++</sup> (mg/l)	Mg <sup>++</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	pH	T °C	CE (ms/cm)
CH01	841.41	31.18	310	190.80	1065	42.70	701.27	30.73	7.41	22.60	4.38
CH02	615.53	30.12	364	117.60	1579.75	45.14	713.92	30.12	7.55	22.50	4.38
CH03	508.24	29.35	404	120	1100.50	41.48	713.92	30.73	7.34	22.50	4.46
CH04	776.47	29.21	288	156	1242.50	46.36	688.61	32.56	7.30	22.50	4.31
CH05	728.47	29.24	312	208.8	1100.50	40.26	726.58	28.9	7.28	22.50	4.27
CH06	824.47	30.12	316	148.8	1065	43.92	562.03	31.95	7.55	22.50	4.47
CH08	485.65	35.83	248	151.20	1029.50	46.36	713.92	27.07	7.67	22.60	3.97
CH09	660.71	30.85	232	216	1217.65	46.36	663.29	27.68	7.38	22.50	3.96
CH10	417.88	30.68	302	85.20	656.75	47.58	308.86	45.37	7.17	22.30	2.69
CH11	423.07	30.78	352	115.20	1189.25	42.70	594.94	29.51	7.37	22.40	4.32
CH12	807.53	31.59	274	164.40	1100.50	45.14	701.27	28.90	7.57	22.20	4.33
CH13	649.41	27.67	278	133.20	1189.25	43.92	701.27	26.46	7.41	22.50	4.10
CH14	550.59	28.26	314	181.20	1118.25	48.80	688.61	31.34	7.51	22.50	4.32
CH15	680.47	28.88	256	153.60	390.50	47.58	625.32	28.90	7.71	22.10	3.95
CH16	663.53	27.96	352	98.40	1189.25	45.14	625.32	28.90	7.39	22.10	3.98
CH17	494.12	29.94	304	115.20	1153.75	43.92	663.29	27.07	7.47	22.30	3.99
CH18	504.28	28.29	428	26.40	1118.25	42.70	579.11	27.07	7.55	22.50	4.07
CH19	545.36	31.07	328	204	1792.75	45.14	579.11	28.90	7.37	23	4.58
CH20	434.67	27.60	274	140.40	1029.50	46.36	612.66	24.63	7.42	22.60	3.66
CH21	895.06	31.22	380	103.20	1118.25	46.36	726.58	28.29	7.28	22.50	4.57
CH22	745.41	29.87	290	111.60	1029.50	43.92	701.27	26.46	7.34	22.50	4.29
CH23	646.59	29.90	332	172.80	1136	46.36	713.92	28.90	7.33	22.30	4.34
CH24	671.25	29.90	364	85.20	1189.25	45.14	579.11	27.68	7.38	22.50	4.35
CH25	578.82	33.60	250	188.40	958.50	46.36	688.61	27.68	7.26	22.60	4.37
CH26	835.77	31.11	416	96	1153.75	46.36	675.95	28.90	7.3	22.50	4.38
CH27	784.76	29.87	314	151.20	1065	43.92	594.94	27.07	7.34	22.30	4.33

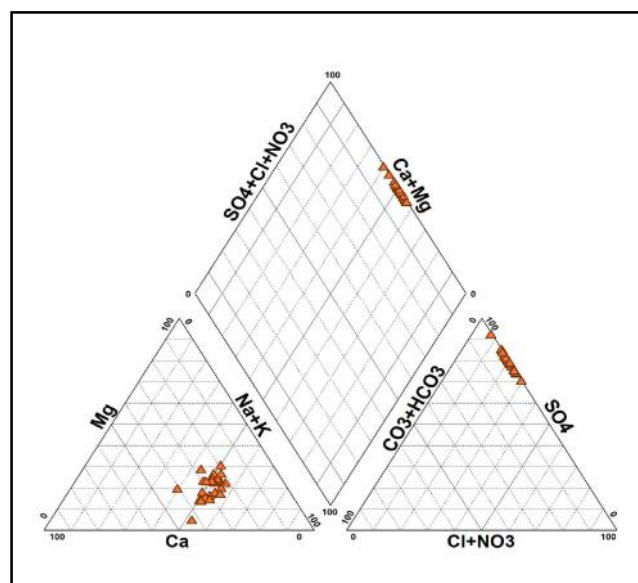


Figure 3: Diagramme de Piper des eaux de la nappe du CT (Région d'Oued Souf, mars 2012)

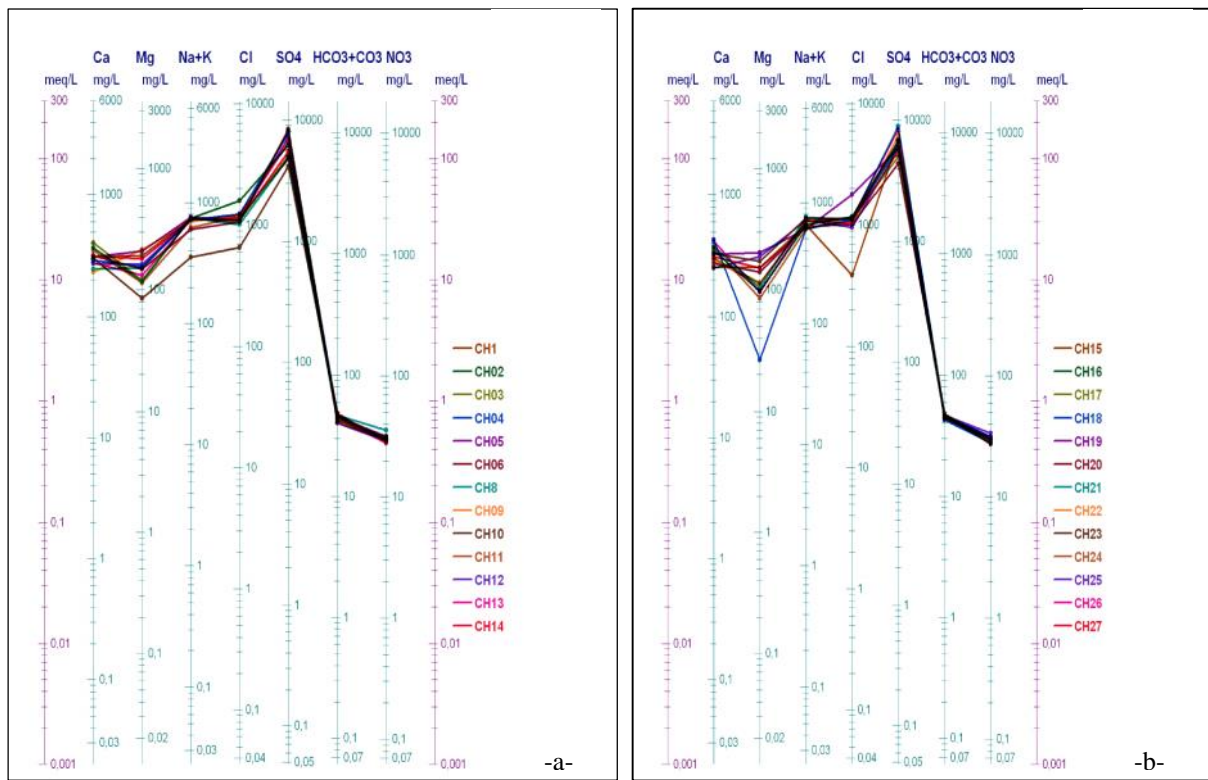


Figure 4: Diagramme de Schoeller Berkaloff des eaux de la nappe du CT (Région d’Oued Souf, mars 2012).  
 a: Diagramme de Schoeller Berkaloff des eaux de 13 forages (du CH 1 à CH 14) ; b : Diagramme de Schoeller Berkaloff des eaux de 13 forages (du CH 15 à CH 27).

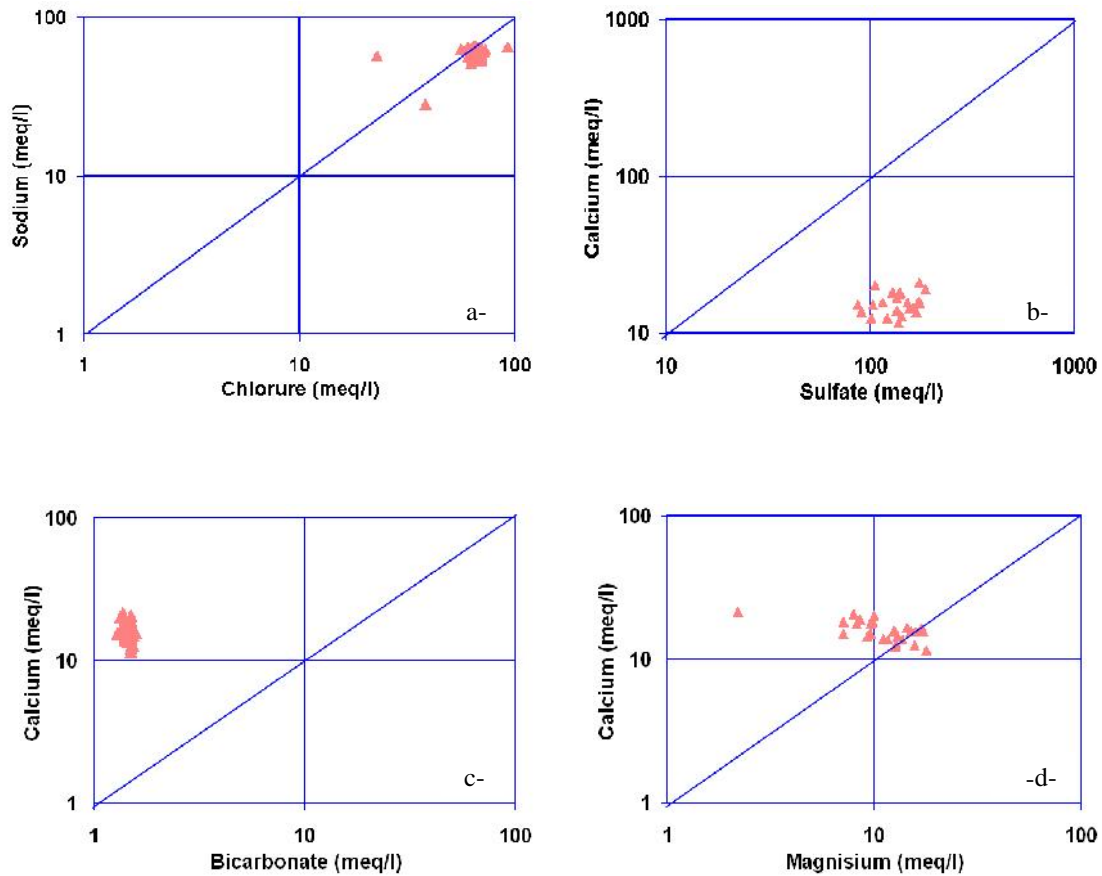


Figure 5 : Les rapports caractéristiques  
 a : le rapport  $Na^+/Cl^-$  ; b: le rapport  $Ca^{++}/SO_4^{--}$  ; c: le rapport  $Ca^{++}/HCO_3^-$  ; d: le rapport  $Ca^{++}/Mg^{++}$

Tableau 3 : Normes de potabilité de l'O.M.S [9].

Eléments chimiques	Concentration maximale acceptable (mg/l)	Concentration maximale admissible (mg/l)	Pourcentage des échantillons ayant une concentration inférieure à la concentration maximale admissible
Calcium	75	200	00
Magnésium	50	150	50
Sodium	150	250	00
Sulfates	200	500	00
Chlorures	200	400	00
Nitrates	50	100	100

Pour le magnésium, 50 % des eaux ont des teneurs inférieures aux normes. Cependant, pour les nitrates, elles restent toutes inférieures aux normes maximales admissibles.

En résumé, d'après les analyses physico-chimiques effectuées sur terrain et au laboratoire en mars 2012 pour les 26 forages de la nappe du Complexe Terminal alimentant les quatre dairas d'El Oued, Rabbah, Guemar et Reguiba, on constate ce qui suit (Tab. 2):

- La température varie entre 22.1 °C et 23 °C, elle est conforme aux normes (20 °C- 25 °C);
- Le pH varie entre 7.175 et 7.71, il est conforme aux normes (6.5- 8.5);
- Les valeurs de la conductivité électrique varient entre 2690  $\mu\text{s}/\text{cm}$  et 4580  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , elles dépassent la norme admise (200 à 1000  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ), pour toute la région d'étude;
- Les teneurs en calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ) varient entre 232 mg/l et 428 mg/l dépassant la norme qui est de 100 à 140 mg/l. Par contre pour le magnésium 50% des forages ont des teneurs conformes à la norme;
- Les concentrations en chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) dans les forages varient entre 656.75 mg/l et 1792.75 mg/l dépassant la norme (500 mg/l), excepté le forage de Sidi Mestour (390.5 mg/l);
- Les concentrations en sulfates ( $\text{SO}_4^{--}$ ) oscillent entre 4178.82 et 8950 mg/l dépassant la norme préconisée qui est de 400 mg/l;
- En ce qui concerne le sodium ( $\text{Na}^+$ ), les concentrations oscillent entre 308 et 726 mg/l dépassent la norme (200 mg/l);

- Les concentrations en potassium ( $\text{K}^+$ ) varient entre 24 et 45 mg/l dépassant largement la norme qui est 12 mg/l;
- Malgré l'activité agricole intense dans la région, les concentrations en nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) restent conformes à la norme (50 mg/l), et varient entre 27 et 35 mg/l, ceci s'explique par la nature captive de la nappe du Complexe Terminal qui assure sa protection contre toute contamination anthropique [18].

#### 4.3.2 Selon le degré hydrométrique total (D.H.T)

Le degré hydrométrique ou la dureté d'une eau correspond à la somme des concentrations en calcium et en magnésium [19].

$$\text{DHT} = r \text{Ca}^{++} + r \text{Mg}^{++} \text{ (en méq/l).}$$

$$\text{DHT} = (r \text{Ca}^{++} + r \text{Mg}^{++}) * 5 \text{ (en degré français } ^\circ\text{F).}$$

Le tableau 4 montre que la totalité des eaux analysées (100%) sont très dures, le D.T.H est supérieur à 54 °F. Cette dureté a des conséquences plus ou moins néfastes telle que la consommation excessive du savon, la mauvaise cuisson des légumes secs et le goût inacceptable, ce qui oblige les citoyens à acheter l'eau à des propriétaires.

Nous pouvons donc dire que les eaux souterraines de la nappe du Complexe Terminal d'Oued Souf sont de qualité chimique médiocre à mauvaise et impropres à la consommation selon les normes de l'O.M.S.

#### 4.4 Aptitudes des eaux à l'irrigation

L'abondance de sodium dans l'eau d'irrigation peut provoquer également la



dispersion et la destruction de la structure du sol [20], si la teneur en sodium est au moins trois fois supérieure à celle du calcium. Dans de telles conditions, il peut devenir extrêmement difficile de satisfaire les besoins en eau de la culture [21]. Le risque est déterminé à partir de la valeur du sodium absorbable « Sodium Absorption Ratio » (S.A.R) pour une même conductivité, le risque est d'autant plus grand que le coefficient est plus élevé. Le S.A.R est donné par la formule ci-dessous, il est utilisé en combinaisons avec la conductivité électrique de l'eau.

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

Où tous les éléments sont exprimés en méq/l

Par sa qualité bactériologique, l'eau souterraine doit être destinée prioritairement à l'AEP, malheureusement ce n'est pas le cas pour la nappe du Complexe Terminal d'Oued Souf à cause de sa qualité impropre [6]. Afin d'estimer l'influence de ces eaux sur le sol et sur certaines

cultures pratiquées dans la région, nous allons essayer d'évaluer leur aptitude à l'irrigation.

Pour classer ces eaux, nous avons utilisé la méthode de Richards. Le tableau 5 récapitule les résultats obtenus après l'interprétation du diagramme de Richards (Fig.6).

Les eaux de la région d'étude appartiennent à deux classes selon le diagramme de Richards [22] :

- La classe S<sub>2</sub> C<sub>4</sub> avec un pourcentage de 38.46%. Celle-ci est caractérisée par des eaux de mauvaise qualité. L'eau est fortement minéralisée pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces (concombre) bien tolérantes au sel, sur des sols bien drainés et lessivés.
- La classe S<sub>3</sub> C<sub>4</sub> avec un pourcentage de 61.54, caractérisée par des eaux de très mauvaise qualité, parce que le SAR et la conductivité sont à leur maximum [23 et 24].

Tableau 4 : Dureté des eaux en °F [9].

D.H.T (en °F)	0 -7	7 - 22	22 - 32	32 - 54	> 54
Qualification de l'eau	Douce	Modérément douce	Assez douce	Dure	Très dure
Pourcentage des points	0	0	0	0	100

Tableau 5 : Résultats obtenus après interprétation du diagramme de Richards

Classes		Pourcentage des points d'eau (%)
Admissible	S <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	00
	S <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	00
Médiocre	S <sub>1</sub> C <sub>4</sub>	00
	S <sub>2</sub> C <sub>4</sub>	00
Mauvaise	S <sub>2</sub> C <sub>4</sub>	38.46
Très mauvaise	S <sub>3</sub> C <sub>4</sub>	61.54

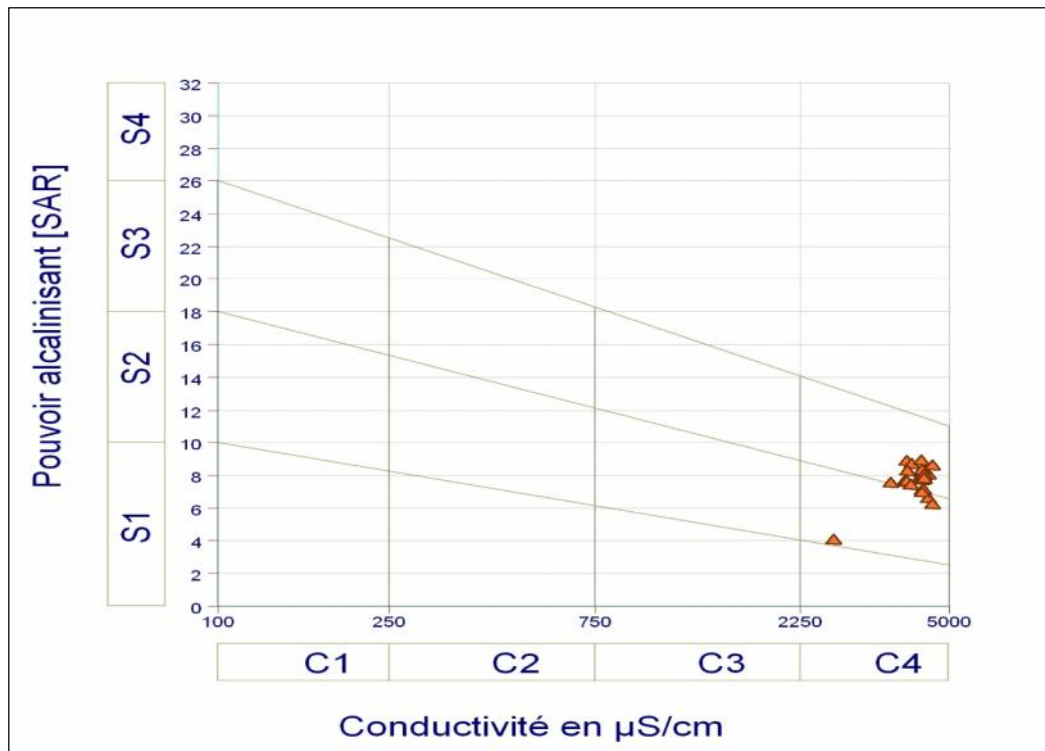


Figure 6 : Diagramme de Richards: classification des eaux d'irrigation en fonction du S.A.R (Nappe du Complexe Terminal de la région d'Oued Souf, mars 2012)

## 5. CONCLUSION

La région d'Oued Souf possède une potentialité hydrique très importante, présentée sous forme de trois nappes souterraines : la nappe du Complexe Terminal (CT), la nappe du Continental Intercalaire (Albien) et la nappe phréatique (libre). La quasi-totalité des eaux destinées à l'alimentation de la population sont celles du CT qui ont de forts débits (dépassant les 14 000m<sup>3</sup>/j [25]) ce qui traduit une consommation excessive de cette nappe

Au cours de ce travail, on a pu définir la qualité des eaux de la nappe du CT, du point de vue potabilité et aptitude à l'irrigation. D'après l'interprétation des analyses physico-chimiques, ces eaux sont trop salées et la concentration des éléments majeurs dépasse de loin les normes de potabilité de l'OMS, ce qui nous laisse confirmer la mauvaise qualité de ces eaux pour la consommation humaine.

La classification des eaux du CT selon le diagramme de Richards montre qu'elles ont des conductivités très fortes et sont impropres pour les utilisations agricoles.

Cette situation a conduit les habitants de la région d'Oued Souf à acheter les eaux des

citernes (eaux traitées ou provenant des régions voisines) pour leur propre consommation et n'utiliser les eaux de robinet (de CT) que pour le lavage et l'arrosage des espaces verts et des jardins. Ainsi, la dotation journalière devient très élevée (dépassant les 200 litres/jour/habitants [25]), ce qui a pour conséquence une mauvaise gestion de cette ressource rare et vulnérable.

## REFERENCES

- [1] DHW (Direction d'Hydraulique de la Wilaya d'El-Oued), 2010. Ressources en eau de la région d'El-Oued, 6p.
- [2] DE (Direction de l'Environnement d'El-Oued), 2009, Rapport «dégâts de la remontée des eaux et pollution de la nappe superficielle d'El-Oued », 19p.
- [3] DSA (Direction Des Services Agricoles de la Wilaya d'El-Oued), 2010. L'irrigation par les forages de la nappe du Complexe Terminal (CT), p.4-11.
- [4] Khechana S. & Derradji F., 2012. Management of Water Resources in a Hyper-Arid Area: Strategy and Issues (Case of Oued-Souf Valley-South Eastern of Algeria), *Journal of Water Resource and Protection*, Vol.4 No.11, 922-928.

- [5] DS (Direction de la Statistique de la wilaya d'El Oued), 2009., Recensement de l'année 2008 pour la wilaya d'El-Oued, 2p.
- [6] Burri J.M. & Burri P., 2004. Vallée du Souf : Etudes d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation, Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique, Mission II. 111p.
- [7] Khechana S., Derradji F. & Derouiche A., 2010. La gestion intégrée des ressources en eau dans la vallée d'Oued-Souf : enjeux d'adaptation d'une nouvelle stratégie, *Revue des Sciences Fondamentale et Appliquées*, Vol.2 No.2, 22-36.
- [8] Tiri A. & Boudoukha A., 2010. Hydro chemical analysis and assessment of Surface water quality in Koudiat Medouar reservoir, Algeria. *European Journal of Scientific Research*, Vol.41 No.2, 273-285
- [9] WHO (World Health Organization), 1993. "Guidelines for drinking water quality", (2<sup>nd</sup> edition), Volume 1, Geneva, WHO, pp. 130.
- [10] Piper A. M., 1944. "A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses". *Transactions American Geophysical Union*, 25, 914-928.
- [11] Rouabhia A., 2006. Vulnérabilité et risques de pollution des eaux souterraines de la nappe des sables Miocènes de la plaine d'El Ma El Abiod nord-est algérien. Thèse de Doctorat en hydrogéologie. Université d'Annaba, Algérie 189p.
- [12] Khechana S., Derradji E.F. & Mega N., 2011. Hydro chemical characteristics of groundwater from the Valley of Oued Souf (SE Algerian), *European Journal of Scientific Research*, Vol.62 No.2, 207-215.
- [13] Olivier H., Séverin P., Nicolas C., Jean D., Christelle B. & Jean-Luc S., 2006. Origine des eaux des émergences karstiques chlorurées du Languedoc-Roussillon, *Comptes Rendus Géoscience*, 338, 703-710.
- [14] Romain S. & François-David V., 2010. Remobilisation of deep Na-Cl waters by a regional flow system in the Alps: Case study of Saint-Gervais-les-Bains (France), *Surface geosciences, Comptes Rendus Geoscience*, 342, 151-161.
- [15]. Bernard S., Gil M. & Annie M., 1990. Origine des substances dissoutes dans les eaux des sources thermales et des forages de la région Asal-Ghoubbe (République de Djibouti), *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 43, 333-352.
- [16] Lucia F., Mohamed K., Kamel Z., Ahmed M. & Gian M., 2001. Origine de la minéralisation et comportement hydrogéochimique d'une nappe phréatique soumise à des contraintes naturelles et anthropiques sévères : exemple de la nappe de Djebeniana (Tunisie), *Comptes Rendus Académie des Sciences Paris, Sciences de la Terre et des planètes*, 332, 665-671.
- [17] Youssef H., Jacques M., Jacky M., Lhoussaine B. & Pierre C., 1999. Use of the Bd/Cl ratio to determine the origin of the salinity of groundwater an example from the Souss plain (Morocco), *Académie des sciences / Elsevier*.
- [18] J.-N. Cretenet., 2003. Vallée du Souf : Etudes d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation, Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique, Mission II, 60p.
- [19] Rosset R., Ben Amor M. & Ghorbel A., 1997. Caractérisation du pouvoir incrustant des eaux d'irrigation du Cap Bon par chronoélectrogravimétrie, *Comptes Rendus Académie des sciences Paris*, 325, p.727-732.
- [20] Suyama H., Benes S.E., Robinson P.H., Grattan S.R., Grieve C.M. & Getachew G., 2007. Forage yield and quality under irrigation with saline-sodic drainage water, *Greenhouse evaluation. agricultural water management*, 88, 159-172.
- [21] Papaioannou A., Plageras P., Dovriki E., Minas A., Krikelis V., Nastos P.Th., Kakavas K., & Paliatos A.G., 2007. Groundwater quality and location of productive activities in the region of Thessaly (Greece), *Journal of Desalination*, 213, 209-217.
- [22] Richard L.A., 1954. "Diagnosis and improvement of saline and alkali soils". *Agricultural handbook* 60. Washington, DC: USDA, 160p.
- [23] Wilcox L.V., 1948. "The quality of water for irrigation use". *Technical Bulletin 962. Washington, U.S. Department of Agriculture*, 40p.
- [24] Wilcox. L.V., 1955. "Classification and use of irrigation waters". Circular 969. Washington, U.S. Department of Agriculture, 19p.
- [25] ADE (Algérien Des Eaux), 2010. Comptendu d'enquête sur les exploitations et les demandes d'AEP dans la Wilaya d'El-Oued, 4p.