

## I. INTRODUCTION

L'accès à l'eau potable est l'un des plus grands problèmes auxquels sont confrontés les humains en ces temps, bien qu'ils soient souvent la cause principale de la pollution, que ce soit intentionnellement ou non.

Les déchets industriels et domestiques non traités sont affectés par les eaux de surface et souterraines, cependant le plus grand problème est l'utilisation des produits chimiques et des engrais dans l'agriculture afin d'obtenir plus de rendements agricoles, mais les agriculteurs ne connaissent pas ou ignorent le risque de surexploitation de ces substances sur leur santé d'abord, sur les eaux ensuite et sur l'environnement en général.

Signalons que la pollution des nappes d'eau souterraines est la contamination de l'eau d'une nappe par des substances indésirables, qui provoquent des nuisances et qui rendent l'eau impropre pour certaines utilisations.

La chimie de l'eau n'a jamais été stable, en raison de son cycle hydrologique continu, en plus de la pression croissante imposée par les consommateurs, ce qui entraîne de multiples polluants, industriels, domestiques et même agricoles.

Afin de connaître les types, les sources et le volume de cette pollution pour déterminer la qualité de l'eau, nous avons mené cette étude sur la qualité de l'eau dans la plaine d'el Kebir Ouest, en se basant sur les analyses des échantillons de l'eau souterraine et de surface provenant de diverses régions en amont et en aval de la plaine et qui sont collectés de différents sites (3 sites chaque campagne d'échantillonnage) et à différents moments de l'année, suivant les saisons de hautes et basses eaux de l'année 2014. (Avril 2014, Septembre 2014,).

Au cours de ces périodes de l'année (Avril, Septembre), la composition générale et les propriétés physico-chimiques des eaux de surface et souterraines sont souvent modifiées, en fonction du début ou de la fin des précipitations.

Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006 sont la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable.

**Tableau : V.1 Normes de l'OMS sur l'eau potable**

Élément/ substance	Symbole/ formule	Concentration normalement trouvée dans l'eau de surface	Lignes directrices fixées par l'OMS
Aluminium	Al		0,2 mg/l
Ammonium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	< 0,2 mg/l (peut aller jusqu'à 0,3mg/l dans une eau anaérobique)	Pas de contraintes
Antimoine	Sb	< 4 µg/l	0.02 mg/l
Arsenic	As		0,01 mg/l
Amiante			Pas de valeur guide
Baryum	Ba		0,7 mg/l
Béryllium	Be	< 1 µg/l	Pas de valeur guide
Bore	B	< 1 mg/l	0.5mg/l
Cadmium	Cd	< 1 µg/l	0,003 mg/l
Chlore	Cl		Pas de valeur mais on peut noter un goût à partir de 250 mg/l
Chrome	Cr <sup>+3</sup> , Cr <sup>+6</sup>	< 2 µg/l	chrome total : 0,05 mg/l
Couleur			Pas de valeur guide
Cuivre	Cu <sup>2+</sup>		2 mg/l
Cyanure	CN <sup>-</sup>		0,07 mg/l
oxygène dissous	O <sub>2</sub>		Pas de valeur guide
Fluorure	F <sup>-</sup>	< 1,5 mg/l (up to 10)	1,5 mg/l
Dureté	mg/l CaCO <sub>3</sub>		200 ppm
Sulfure d'hydrogène	H <sub>2</sub> S		0.05 à 1 mg/L
Fer	Fe	0,5 - 50 mg/l	Pas de valeur guide
Plomb	Pb		0,01 mg/l
Manganèse	Mn		0,4 mg/l
Mercure	Hg	< 0,5 µg/l	inorganique : 0,006 mg/l
Molybdène	Mb	< 0,01 mg/l	0,07 mg/l
Nickel	Ni	< 0,02 mg/l	0,07 mg/l
Nitrate et nitrite	NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>		50 et 3 mg/l (exposition à court terme) 0.2 mg/l (exposition à long terme)
Turbidité			Non mentionnée
pH			Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5
Sélénium	Se	<< 0,01 mg/l	0,01 mg/l
Argent	Ag	5 – 50 µg/l	Pas de valeur guide
Sodium	Na	< 20 mg/l	Pas de valeur guide
Sulfate	SO <sub>4</sub>		500 mg/l
Étain inorganique	Sn		Pas de valeur guide : peu toxique
TDS			Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/l
Uranium	U		0.015 mg/l
Zinc	Zn		3 mg/l

## II. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

### II.1 Paramètres physiques

Généralement on désigne par ce terme les caractéristiques qu'on peut mesurer sur terrain, il s'agit du potentiel d'hydrogène (pH), la température (T), la conductivité électrique (CE), l'oxygène dissous (OD) et du potentiel d'oxydoréduction (Eh). Les mesures sont effectuées à l'aide d'un multi-paramètres.

#### II.1.1 La température (T)

La température de l'eau est un paramètre très intéressant, elle joue un rôle très important dans la solubilité des sels en particulier les gaz et dans la dissociation des sels dessous, donc sur la conductivité électrique, ainsi que dans la détermination du pH. Elle permet de différencier les eaux qui circulent en profondeur et donne une idée sur la thermalité des eaux. Elle varie en fonction de la saison et influe sur l'évaporation.

Dans la plaine d'oued el-Kebir Ouest les températures enregistrées oscillent entre 10,1 °C et 24,8 °C pour la nappe superficielle, et entre 18,7 °C et 25,8 °C pour la nappe profonde.

En générale les températures des eaux sont inférieures à la norme de potabilité, mais ce paramètre est dite paramètre de confort.

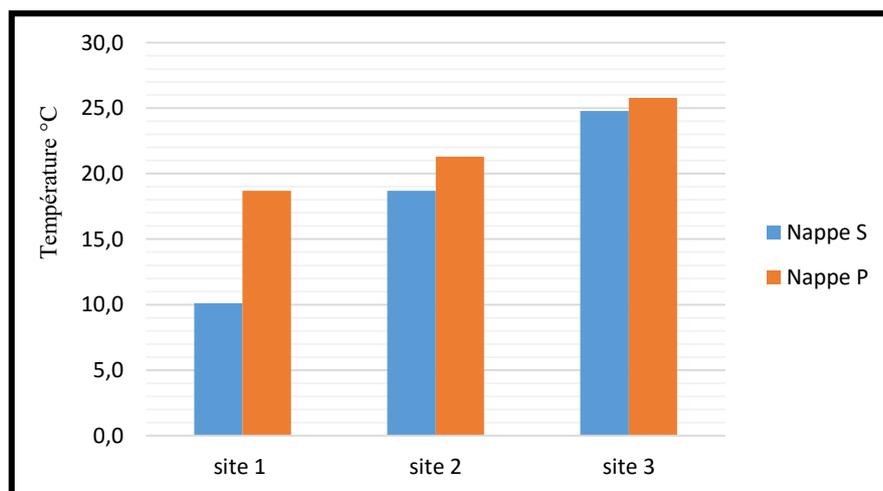


Figure V.1 : variation de la température des eaux de la plaine de Kebir Ouest

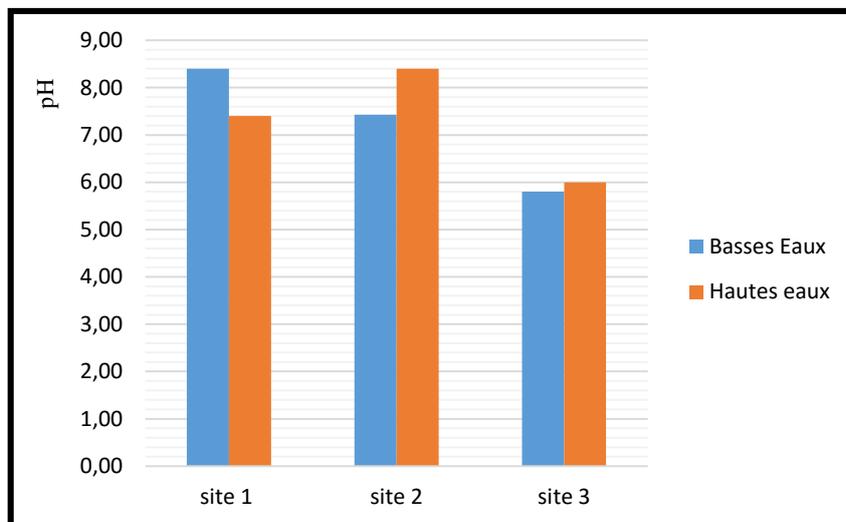
#### II.1.2 Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH d'une eau est la concentration des protons  $H^+$  contenus dans cette substance. Une eau de pH égal à 7 est dite neutre. Au-dessous de 7 l'eau devienne acide, et au-delà de 7 elle est basique.

- En ce qui concerne la nappe superficielle de la plaine de Kebir Ouest, les valeurs de pH enregistrés varient entre, 5,8 et 8,4 en période des basses eaux, et entre 6,0 et 8,6 en période des hautes eaux, avec une valeur peu étrange enregistrée au niveau du forage de Sidi Lakhdar de l'ordre de 9,3.

- Au niveau de la nappe profonde le pH varie entre 6,7 et 8,9 en basses eaux et entre 7,0 et 9,1 en période des hautes eaux.

Pour l'OMS, et suivant la dernière mise à jour, il n'existe pas de valeur guide de pH mais un optimum entre 6,5 et 9,5, alors les eaux de la plaine de Kebir Ouest répondent aux normes de potabilité sans exception.



**Figure V.2 : variation du pH des eaux de la plaine de Kebir Ouest**

### II.1.3 L'oxygène dissous (OD)

La qualité des eaux dépend essentiellement des interactions géochimiques et biologiques qui les affectent dans le sol et dans la nappe. Les concentrations en oxygène dissous constituent, avec les valeurs du pH, l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique.

L'oxygène dissous conditionne l'action bactérienne dans les sols et imprègne donc la chimie des eaux contenues dans l'aquifère. Régissant les réactions d'oxydoréduction, il présente une évolution identique à celle du Eh.

Dans la région d'étude les concentrations en oxygène dissous varient entre 0,9 et 6,9 mg /l. pour la nappe superficielle, cette variation est enregistrée sur toute l'étendue de la plaine et durant l'année, parce qu'elle est due d'une part aux apports par les eaux météoriques, cette pluie va participer à l'augmentation des concentrations en Oxygène dissous, d'autre part, la perméabilité des formations cela aide à l'évolution de la teneur en oxygène dissous des nappes souterraines.

Dans l'ensemble la concentration de l'oxygène dissous augmente à mesure que nous approchons de l'oued. En fait, cette variation est à l'origine de la nature des formations géologiques, les fortes concentrations en oxygène dissous reflètent une couche perméable, et les faibles teneurs un niveau peu perméable.

Au niveau de la nappe profonde les teneurs en oxygène dissous oscillent entre 0,9 et 5,0 mg /l. Cette variation comme pour la nappe superficielle est à l'origine des apports d'eau en période des hautes eaux.

### II.1.4 La conductivité électrique (CE)

C'est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 Cm<sup>2</sup> de surface et séparé l'un de l'autre de 1 Cm.

Elle traduit la propriété d'une eau à laisser passer le courant électrique. La mesure de la conductance ou de la résistance présente un grand intérêt car elle permet de suivre avec rapidité et précision les moindres perturbations atteignant les nappes souterraines.

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau. (Rodier j., et al. 2009).

#### a) La nappe superficielle

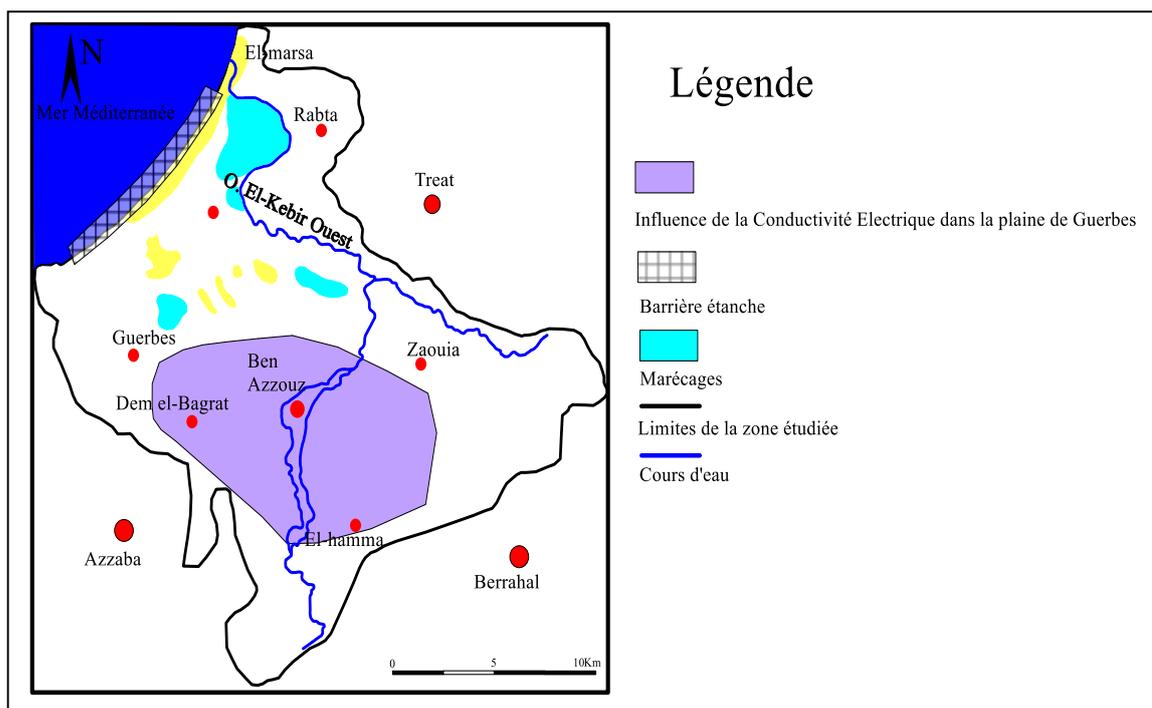
La conductivité électrique a bien évolué dans la nappe superficielle et elle est facilement remarquable à l'échelle des saisons, où les fortes valeurs s'observent en période de basses eaux, elles atteignent 3400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  au Sud, alors que les faibles valeurs sont enregistrées en période de crue, elles sont de l'ordre de 317  $\mu\text{S}/\text{cm}$  au Nord. À l'exception une très forte minéralisation, a été noté en période d'Avril 2004, où la conductivité électrique a dépassé 4000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  au Sud, ce qui reflète plutôt une pollution au niveau de cet endroit.

En conclusion les fortes minéralisations se manifestent dans le secteur Sud et Sud-Ouest où se concentre l'agglomération et par conséquent l'activité agricole intense, ce qui explique les fortes valeurs de conductivité électrique dans ces zones qui ont une origine anthropique.

#### b) La nappe profonde

De même, l'évolution de la conductivité électrique a été établie pour la nappe profonde. Ainsi, on remarque que les fortes minéralisations de cette nappe s'observent en période de basses eaux elle est de 1156  $\mu\text{S}/\text{cm}$  comme valeur maximale. Les faibles valeurs sont enregistrées en période de hautes eaux, elles sont de l'ordre de 239  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

L'évolution de la conductivité électrique pour la nappe profonde a été établie en période de basses eaux. On remarque que les fortes minéralisations de cette nappe sont de 1156  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , et les faibles valeurs sont enregistrées en période de hautes eaux, elles sont de l'ordre de 239  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .



**Figure V.3 : Influence de la conductivité électrique dans la plaine de Kebir Ouest**

(Bouleknafet Z., Derradji F. 2017)

### II.1.5 Le potentiel d'oxydoréduction (Eh)

Le potentiel redox, (Eh) d'une solution est le potentiel que peut prendre un fil de platine plongé dans la solution (potentiel de l'électrode de platine) quand cette solution se trouve à l'équilibre du point de vue des réactions d'oxydo-réduction de tous les couples redox qu'elle contient.

Il permet de prévoir l'évolution de la composition chimique des eaux naturelles, au cours des échanges avec les autres phases de leur environnement.

#### a) La nappe superficielle

Aux périodes des basses eaux, le potentiel d'oxydoréduction évolue mais à faibles valeurs ou on note la valeur de 50 mV enregistrée au Sud et 305 mV comme la plus forte valeur en période des hautes eaux. Ceci est dû comme pour les teneurs en oxygène dissous aux apports des précipitations qui régénèrent la nappe.

Par ailleurs, la variation du potentiel d'oxydoréduction dans l'espace montre que dans le secteur Est les valeurs sont de l'ordre de 214,7 mV, une augmentation enregistrée toute en allant vers le Sud pour atteindre le maximum de 305 mV.

#### b) La nappe profonde

Les valeurs d'Eh dans la nappe profonde, oscillent entre 110 et 179 mV. La variation temporelle de ce paramètre représentée par des valeurs faibles de l'ordre de 110 mV puis augmente à 179 mV.

### II.1.6 La salinité

La salinité présente peu de variations dans les eaux d'oued Kebir Ouest et s'observe essentiellement durant les périodes de pluie.

Elle varie généralement entre 0,1 ‰ et 1,1 ‰, dont les valeurs maximales sont enregistrées auprès de la mer et pendant les périodes des basses eaux et les valeurs minimales sont observées à la période des hautes eaux, ces derniers due probablement à l'effet de dilution pendant les périodes pluviales.

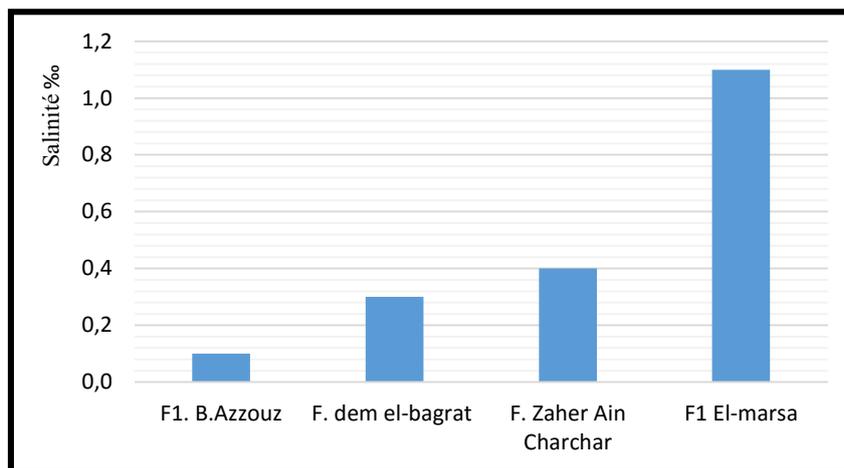


Figure V.4: Variations de la salinité de l'eau dans la plaine d'Oued el Kebir Ouest

### II.1.7 Les TDS

Les teneurs en sels dissous de l'eau peuvent être mesurées et exprimées de différentes manières selon la période de prélèvement. (Rodier j., et al 2009).

D'une manière générale, les teneurs en sels dissous varient en fonction des saisons de la même manière que la conductivité électrique.

La mesure de la TDS permet d'illustrer que la valeur 976 mg/l enregistrée dans le mois de Mars est la valeur maximale, tandis que la valeur 136 mg/l enregistrée pendant le mois de Novembre est la valeur minimale.

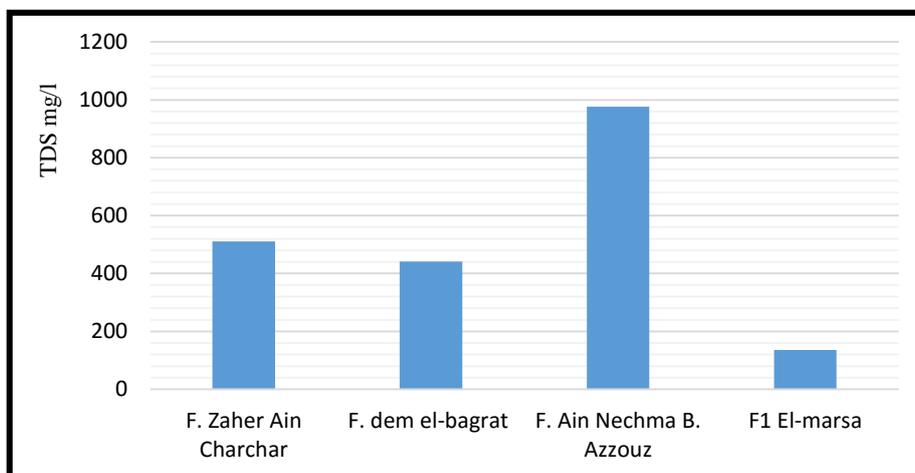


Figure V.5: Variations de TDS de l'eau dans la plaine d'Oued el Kebir Ouest

### III. CARACTERISTIQUES CHIMIQUES DES EAUX DE SURFACE

Des analyses chimiques complètes concernant tous les éléments majeurs ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  et  $\text{HCO}_3^-$ ). Les métaux lourds en traces ( $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ) ont fait l'objet d'un travail de laboratoire pour les deux campagnes d'échantillonnage. Les polluants résultants des activités agricoles ont été l'objet d'un suivi particulier ( $\text{NO}_3^-$ ) ainsi que les matières en suspension (MES), la turbidité, la demande biologique en oxygène ( $\text{DBO}_5$ ) et la demande chimique en oxygène (DCO).

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux de surface de l'Oued Kebir Ouest et des marécages alimentés par la nappe souterraine durant les deux campagnes de prélèvement sont récapitulés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau V.2. Récapitulation des résultats des analyses des campagnes d'échantillonnage**

paramètre		Unité	Période des hautes eaux (Avril 2014)			Période des basses eaux (Septembre 2014)		
			Site 1	Site 2	Site 3	Site 1	Site 2	Site 3
Bicarbonate	$\text{HCO}_3$	mg/l	344	156	99	263	49	143
Calcium	Ca	mg/l	118	179	132	120	109	97
Chlorure	Cl	mg/l	119,7	78,1	85,2	106,5	113,5	120,7
COT	/	mg/l	21,5	25,6	23,4	28,7	30,4	27,8
DBO5	/	mg/l	36,17	36,31	38,37	66,63	71,06	58,28
DCO	/	mg/l	65,12	54,47	58,31	133,25	142,12	116,55
Fer total	Fe	mg/l	0,5	0,4	0,7	1,9	2,0	1,7
Magnésium	Mg	mg/l	92,1	124,2	98,2	102,1	133,6	113,5
Manganèse	Mn	mg/l	0,0784	0,0647	0,0565	0,0175	0,1095	0,0210
MES à 105°C	/	mg/l	Abs	Abs	Abs	95	88	Abs
Nitrate	$\text{NO}_3$	mg/l	19	23	31	35	29	24
Potassium	K	mg/l	1,42	1,12	1,21	0,96	2,10	2,31
Sodium	Na	mg/l	69	71	54	83	45	32
Sulfate	$\text{SO}_4$	mg/l	112,67	149,9	175,62	125,47	134,44	115,22
Turbidité	/	N.T.U	3,79	4,90	3,13	7,86	9,40	8,57

### III.1 Éléments majeurs

#### III.1.1 Cations

##### A. Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )

Les concentrations enregistrées de l'analyse du calcium semblent être légèrement différentes, cela dû au moment et l'endroit où les échantillons ont été prélevés, mais les valeurs enregistrées ne dépassent pas les normes algériennes des paramètres de qualité de l'eau destinée à la consommation humaine, parus dans le décret exécutif, n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 publié dans le J.O.R.A.D.P N° 18.

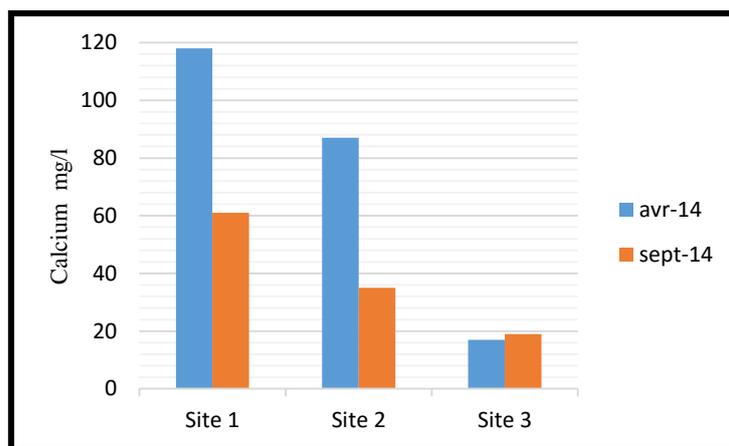


Figure V. 6. Concentrations du Calcium dans les eaux de surface de plaine de Kebir Ouest

##### B. Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )

La concentration du magnésium est très variable d'un site à l'autre et d'une période à l'autre aussi, sa concentration minimale est enregistrée en amont de la plaine vers Ain Charchar, et la valeur maximale au centre vers la localité de Ben-Azzouz.

Il n'existe pas de valeur indicative pour cet élément dans normes de l'OMS sur l'eau potable, ni dans le décret exécutif n° 11-125 du 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.

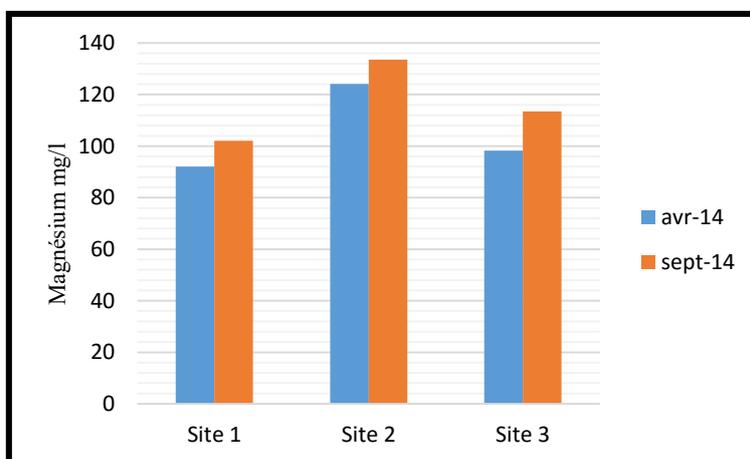


Figure V. 7. Concentrations du Magnésium dans les eaux de surface de plaine de Kebir Ouest

### C. Sodium ( $\text{Na}^+$ )

La variation de la concentration du sodium dans l'espace et dans le temps est remarquable de l'amont vers l'aval, les plus fortes concentrations sont enregistrées dans le premier site au Sud de la plaine, où se concentre la grande partie de la population et donc les activités agricoles et industrielles, sachant qu'une valeur trop élevée a été enregistrée après l'analyse de l'eau d'oued Kebir Ouest qui a dépassé le 2500 mg/l, ce chiffre dépasse largement la norme concernant le sodium, mais ça nous révèle à une pollution anthropique.

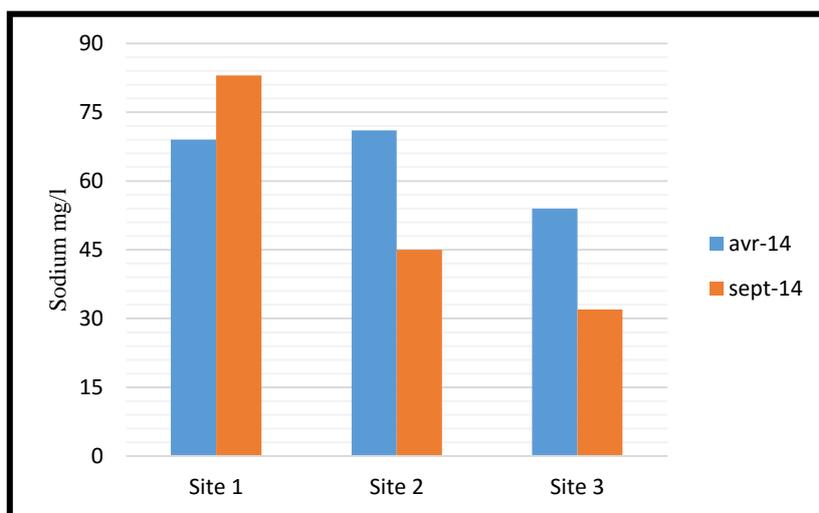


Figure V. 8. Concentrations du Sodium dans les eaux de surface de plaine de Kebir Ouest

### D. Potassium ( $\text{K}^+$ )

Les valeurs de concentrations enregistrées de cet élément restent toujours faibles par rapport aux normes du décret exécutif, dont la grande valeur a été remarquée dans le premier site pendant la période des hautes eaux.

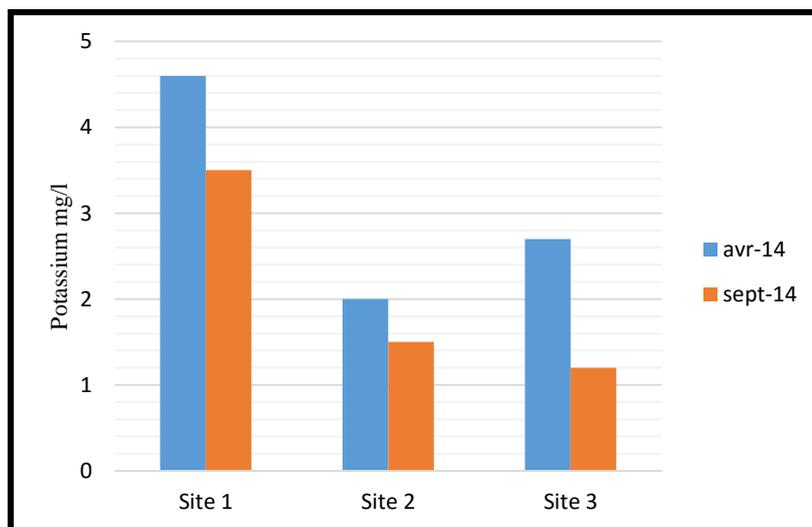


Figure V. 9. Concentrations du Potassium dans les eaux de surface de plaine de Kebir Ouest

### III.1.2 Anions

#### A. Chlorures (Cl<sup>-</sup>)

Les Chlorures sont généralement stables dans l'espace et dans le temps, sa concentration est incluse entre 78 mg/l et 120 mg/l, la seule anomalie a été remarquée dans l'échantillon d'oued Kebir Ouest le même cas pour le sodium, ou on a enregistré plus de 4950 mg/l, cette exception peut s'expliquer par les mêmes raisons qui conduisent à une forte concentration de sodium.

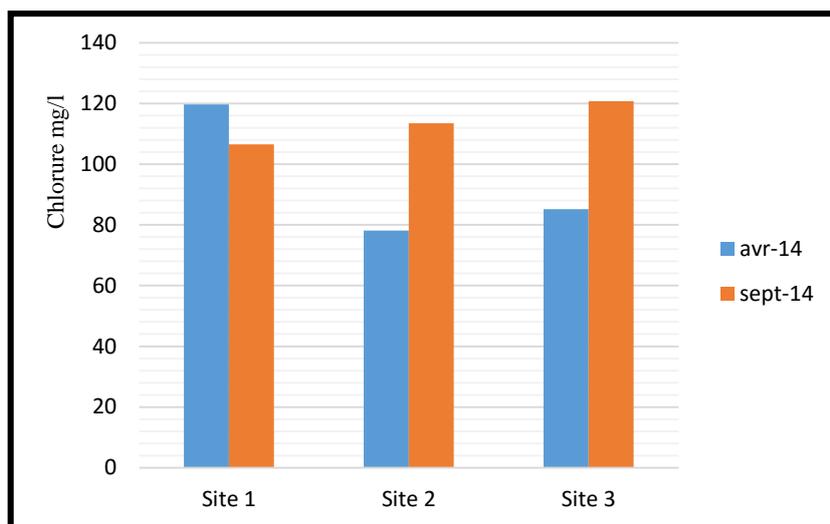


Figure V. 10. Concentrations du Chlorure dans les eaux de surface de plaine de Kebir Ouest

#### B. Sulfate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)

La concentration des sulfates varie dans l'espace et dans le temps, où nous pouvons enregistrer cette concentration croissante lorsque nous nous déplaçons de Sud vers le Nord, tandis que des concentrations presque stables sont enregistrées dans les trois sites pendant la période des basses eaux.

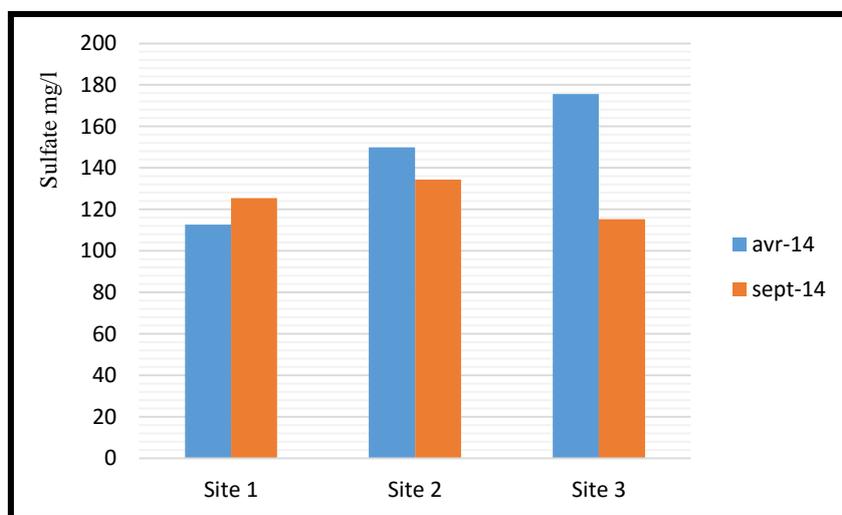
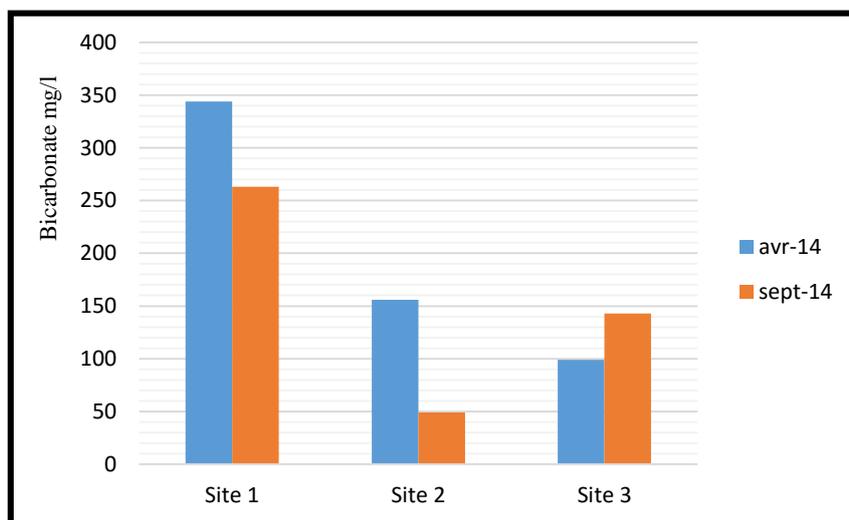


Figure V. 11. Concentrations du Chlorure dans les eaux de surface de plaine de Kebir Ouest

### C. Bicarbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ )

La concentration des bicarbonates varie d'un endroit à l'autre et de temps en temps, où nous avons enregistré la plus petite valeur dans la période des basses eaux et la valeur la plus élevée dans la période des hautes eaux. Généralement la concentration diminue tout en allant vers le Nord.

Il n'existe pas de valeur indicative pour cet élément dans le décret exécutif n° 11-125 du 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.



**FigureV.12. Concentrations du Bicarbonate dans les eaux de surface de plaine de Kebir Ouest**

### III.2 Métaux lourds et Nitrates

La pollution par composés métalliques est généralement d'origine industrielle, mais elle peut également provenir de la nature géologique des roches en contact avec l'eau souterraine, ou de surface au cours de ruissellement, ou par la lixiviation des déchets solides ménagers. Des métaux telle que (Fer, zinc, manganèse...) ne produisent que des inconvénients d'aspect ou de goût ; l'eau doit être traitée pour être potable, ou l'utilisée pour d'autres usages.

Les métaux lourds, comme le Mercure, le Cadmium, le Plomb, le Chrome, sont toxiques et rendent l'eau inutilisable pour l'usage domestique et l'agriculture.

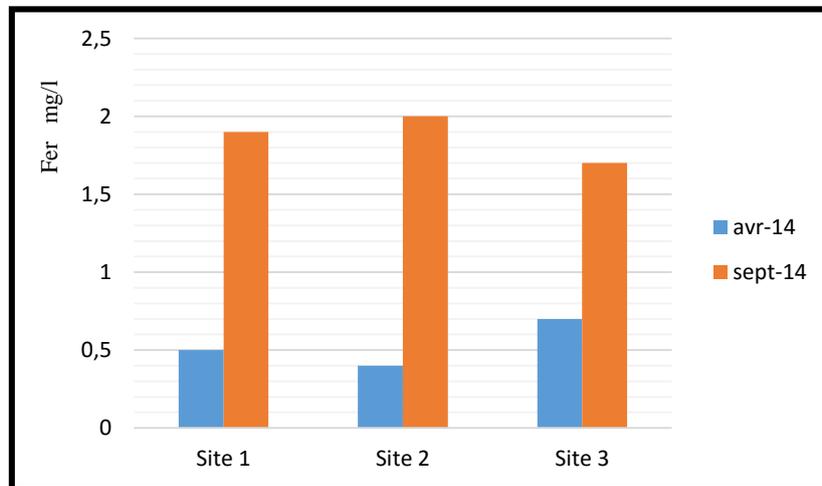
#### A. Fer ( $\text{Fe}^{2+}$ )

La concentration en fer varie considérablement entre les périodes de hautes et basses eaux, où nous enregistrons des valeurs trop élevées par rapport aux taux admissibles. Les sources de fer dans l'eau peuvent être d'origines géologiques, industriels ou domestiques, ce métal a le caractère polluant à effets toxiques s'il dépasse les concentrations admises.

Les concentrations maximales de Fer observées dans les eaux de l'oued sont faiblement en hausse, mais ils constituent une pollution qui peut être inquiétante à long terme.

La présence des minéraux ferreux dans les différentes unités géologiques de la région : grès, dolomies, certains calcaires et l'argile, font la cause principale de la concentration élevée du fer.

Les valeurs des concentrations du fer enregistrées dans les trois sites d'échantillonnage sont assez élevées durant les deux périodes allant d'un minimum sur le site S2 de 0,4 mg/l en hautes eaux a un maximum au niveau du site S2 de 2 mg/l en basses eaux.

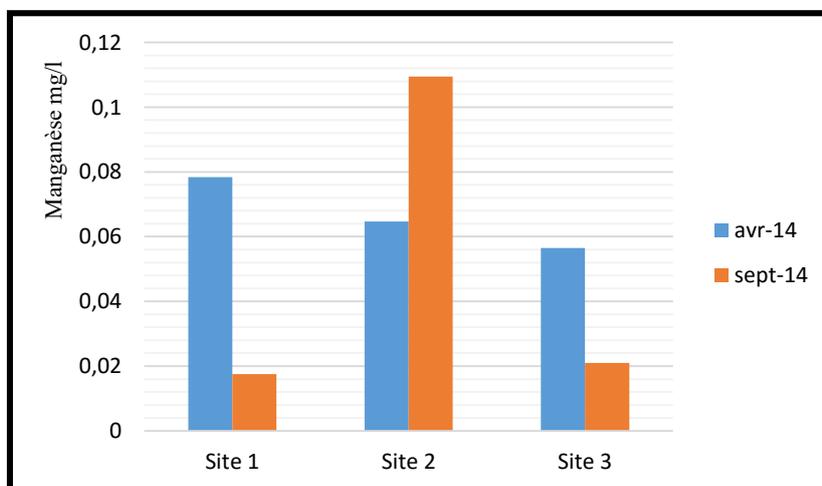


**Figure V. 13. Concentrations du Fer dans les eaux de surface de plaine de Kebir Ouest**

### B. Manganèse ( $Mn^{2+}$ )

Le manganèse accompagne généralement le fer dans les roches, ils sont souvent associés dans les minéraux ferreux, sa solubilité dépend du potentiel d'oxydo-réduction (Eh), c'est pourquoi ses concentrations élevées sont dues à la présence des différentes unités géologiques (les grès, les dolomies, les calcaires, les argiles).

Les concentrations du manganèse dans les trois sites dépassent largement la limite figurée dans le décret exécutif, sauf dans deux cas mesurés en période des basses eaux. Les concentrations sont incluses entre un maximum de 0,1095  $\mu g/l$  enregistrée en période des basses eaux au niveau du site 2, et un minimum de 0,0175  $\mu g/l$  noté au site 1. (Ben Rabah S., et al. 2013).

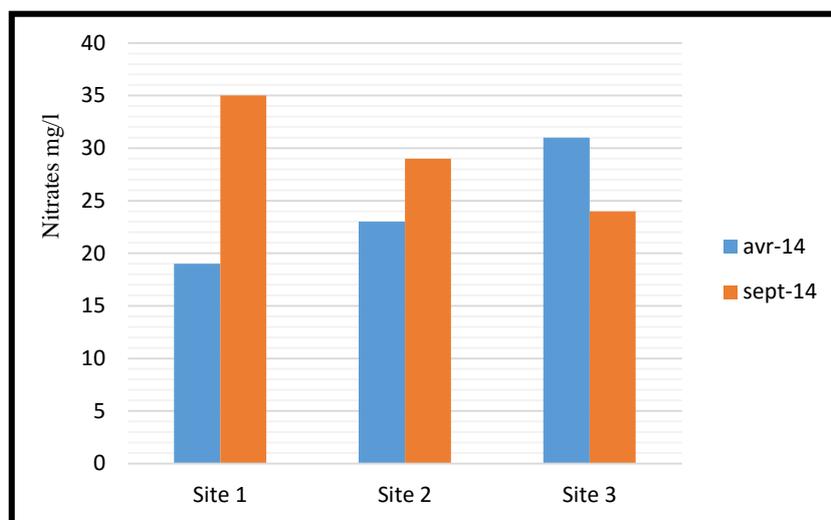


**Figure V. 14. Concentrations du Manganèse dans les eaux de surface de plaine de Kebir Ouest**

### C. Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Les concentrations des nitrates sont tous moins de 35 mg/l cette valeur est inférieure à la norme transcrite dans le décret exécutif n° 11-125 du 22 mars 2011.

On remarque que la concentration augmente au fur et à mesure de Sud vers le Nord pendant la période des hautes eaux, cela revient probablement à la dissolution des engrais. Pendant la période des basses eaux il y'aura une diminution dans la même direction Sud-Nord, cette fois, cela peut être dû à la décomposition des résidus organiques dans la partie Sud en raison de l'abondance des zones agricoles ainsi que de l'élevage.



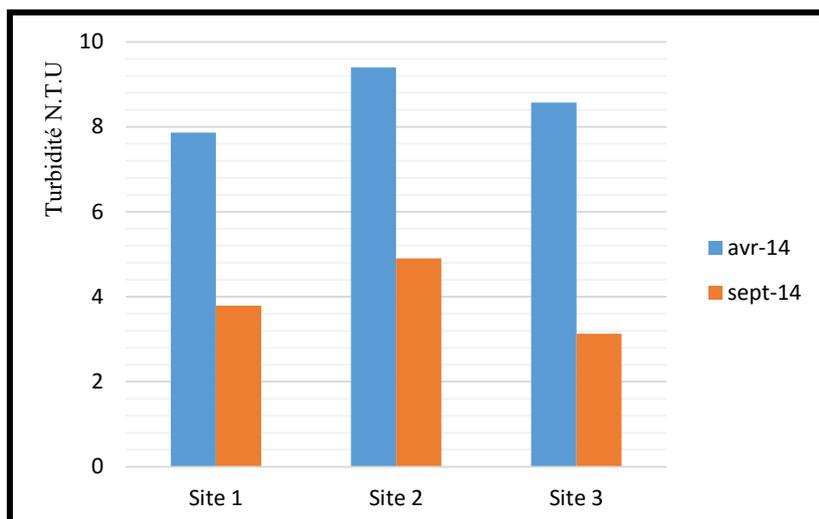
**Figure V. 15. Concentrations du Nitrate dans les eaux de surface de plaine de Kebir Ouest**

### III.3 Analyses physico-chimiques

#### A. Turbidité

La turbidité désigne la teneur d'une eau en matières qui le troublent. Dans les cours d'eau elle est généralement causée par des matières en suspension (particules d'argile, limon, plancton et des particules colloïdales...). La turbidité s'accroît tout en augmentant la vitesse de ruissellement superficiel et l'érosion des sols.

Dans la plaine d'oued Kebir les concentrations de turbidité sont divisées en deux parties, la première représente la période des hautes eaux où nous enregistrons des niveaux élevés de turbidité au-dessus du taux admissible et la seconde représente la période des basses eaux où nous enregistrons des valeurs inférieures au taux admissible. La période des basses eaux survient pendant et après l'été avant que la pluie ne commence à précipiter, sachant que les pics de turbidité suivent les fortes précipitations.



**Figure V. 16. Variation des turbidités dans les eaux de surface de la plaine de Kebir Ouest**  
**B. Demande biologique et chimique en Oxygène (DBO<sub>5</sub> et DCO)**

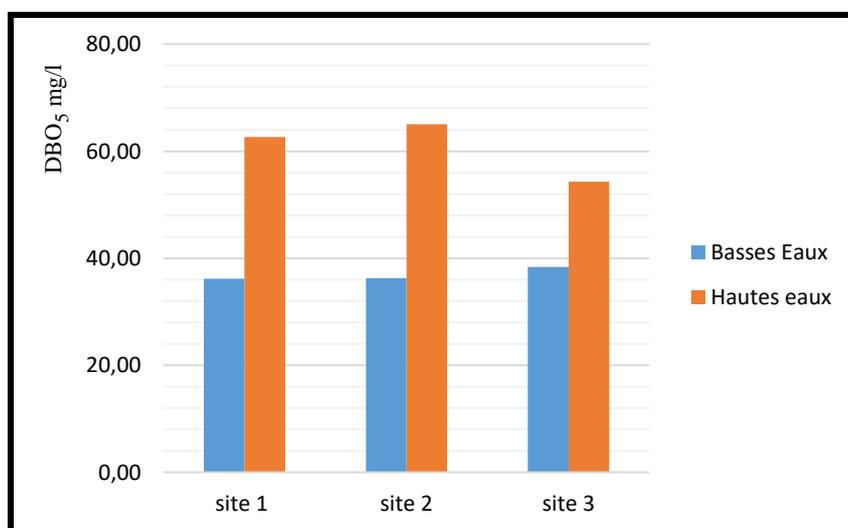
### B.1 DBO<sub>5</sub>

La DBO<sub>5</sub> ou Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours, représente la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour oxyder (dégrader) l'ensemble de la matière organique présente dans un échantillon d'eau maintenu à 20 °C, à l'obscurité, pendant 5 jours.

La mesure de la DBO<sub>5</sub> est un paramètre prescrit pour la surveillance des rejets et de fonctionnement des stations d'épuration mais elle est peu précise pour qualifier la bonne qualité d'une eau naturelle.

La DBO<sub>5</sub> d'une eau de surface non polluée, varie généralement de 2 à 20 mg/l. Au-delà, on peut suspecter une pollution.

Les résultats des analyses effectuées dans la plaine de Kebir Ouest ont montré que les valeurs du DBO<sub>5</sub> sont tous supérieur à 20 mg/l, ce qui signifié la présence d'une contamination dans la plaine.



**Figure V. 17. Concentration du DBO<sub>5</sub> dans les eaux de surface de la plaine de Kebir Ouest**

## B.2 DCO

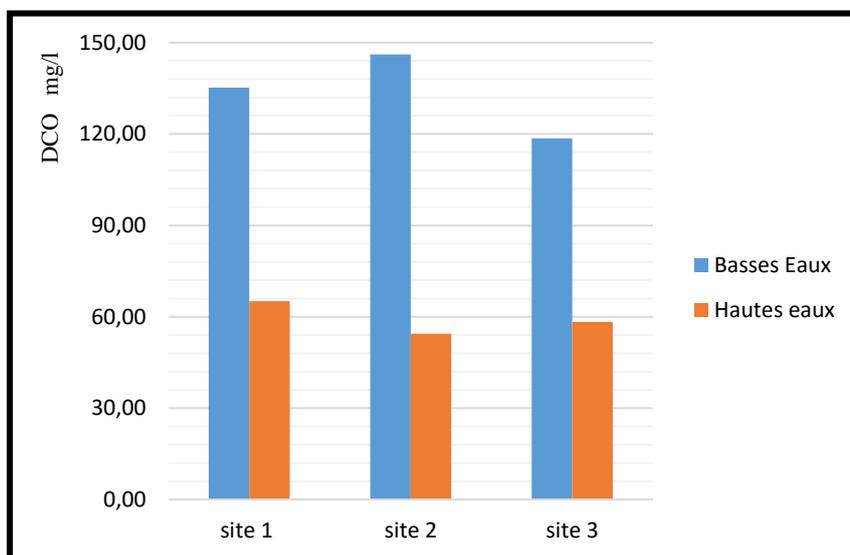
La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est la consommation en oxygène par les oxydants chimiques forts pour oxyder les substances organiques et minérales de l'eau. Elle permet d'évaluer la charge polluante des eaux usées.

La DCO mesure la totalité des substances oxydables, ce qui inclut celles qui sont biodégradables. Dans une eau résiduaire urbaine, le rapport DCO / DBO<sub>5</sub> est de l'ordre de 2 à 2,6.

Les effluents industriels offrent un rapport DCO / DBO<sub>5</sub> > 3.

Les effluents tels que les hydrocarbures et les savons, offrent un rapport DCO / DBO<sub>5</sub> proche de 5.

Les résultats de mesures de la DCO dans la plaine nous révèlent des concentrations variées entre 54,47 mg/l et 146,12 mg/l.



**Figure V. 18. Concentration du DCO dans les eaux de surface de la plaine de Kebir Ouest**

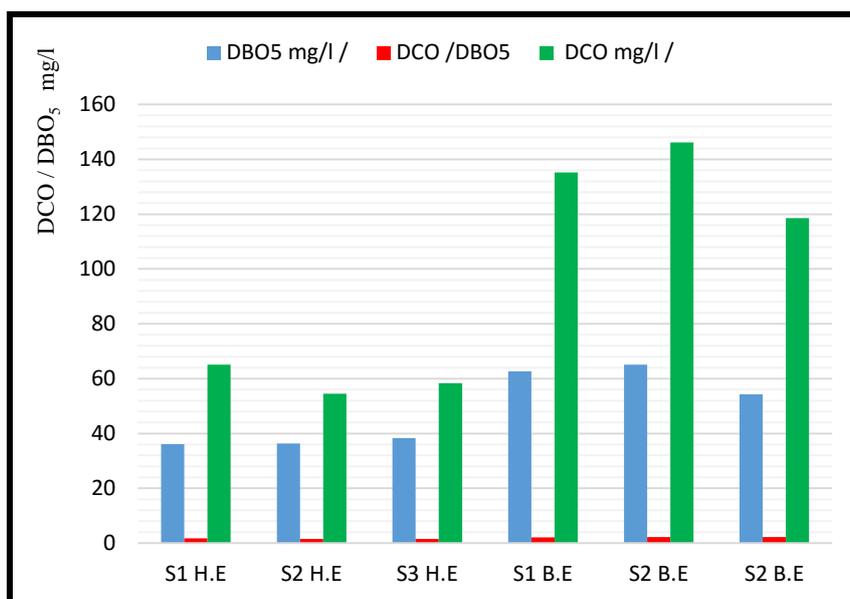
Les résultats des analyses des DBO<sub>5</sub> et des DCO dans les eaux de surface de la plaine de Kebir Ouest, nous révèlent que les concentrations des DCO sont trop élevées en comparaison avec la DBO<sub>5</sub>.

Les rapports DCO / DBO<sub>5</sub> ont donné les résultats suivants :

**Tableau : V.3. Résultats du rapport DCO / DBO<sub>5</sub> dans la plaine de Kebir Ouest**

	S1 H.E	S2 H.E	S3 H.E	S1 B.E	S2 B.E	S3 B.E
DCO	65,12	54,47	58,31	135,25	146,12	118,55
DBO <sub>5</sub>	36,17	36,31	38,37	62,63	65,06	54,28
DCO/DBO <sub>5</sub>	1,80	<b>1,50</b>	1,25	2,16	<b>2,25</b>	2,18

Dans la période des hautes eaux le rapport est inférieur à 2 tandis qu'il est supérieur à 2 en période des basses eaux, et par conséquent le rapport entre la DCO et la DBO<sub>5</sub> est inclus entre 1,50 et 2,25.



**Figure V. 19. Concentrations des DBO<sub>5</sub> et DCO et le rapport DCO / DBO<sub>5</sub> dans les eaux de surface de la plaine de Kebir Ouest**

Selon les recommandations de l'organisation mondiale de la santé (OMS), pour qu'une eau de surface soit de bonne qualité, sa demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) ne doit pas dépasser 3 mg/l, dans les eaux de l'oued Kebir Ouest la DBO<sub>5</sub> varie de 36,17 à 65,06 mg/l.

### C. Matières en suspension (MES)

La notion de matière en suspension (**MES**) désigne l'ensemble des matières solides insolubles visibles à l'œil nu présentes dans l'eau. Plus une eau en contient, plus elle est dite turbide.

Ce terme, utilisé dans les domaines de l'écologie des milieux aquatiques et dans le secteur industriel, il inclut toutes les formes de minéraux, de sable, de boue, d'argile, de roche sous forme de débris, de particule de matières organiques ou autres, dont la taille est comprise entre 1 micromètre et 1 centimètre.

On différencie :

- Les matières en suspension des colloïdes (taille comprise entre 10 nm et 1 µm).
- Les matières dissoutes (taille inférieure à 10 nm).

Dans la plaine de Kebir Ouest il parut que les MES sont absent durant l'année, sauf dans les sites 1 et 2 (en amont et au centre de la plaine), ou on a enregistré des valeurs significatives, en période des basses eaux.

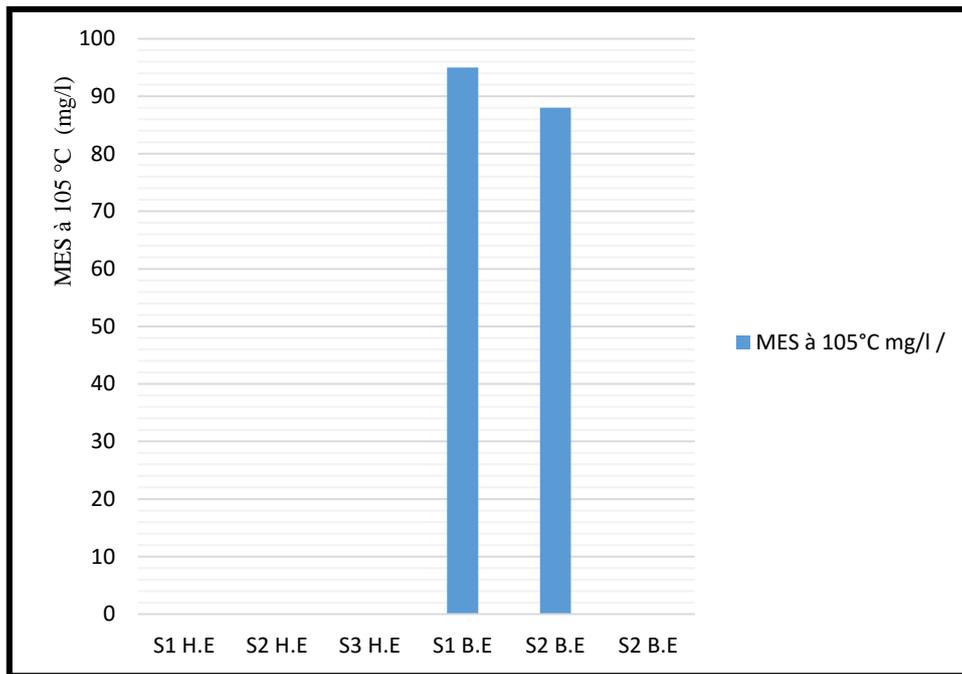


Figure V. 20. Variation des M.E.S dans les eaux de surface de la plaine de Kebir Ouest

#### IV. PRÉSENTATION GRAPHIQUE DES ANALYSES CHIMIQUES

Afin d'effectuer une bonne interprétation des analyses des eaux de la plaine et oued Kebir Ouest il est nécessaire d'examiner la fiabilité, l'exactitude et la certitude des analyses effectuées, par la vérification de la balance ionique, pour établir la formule ionique, après on doit classer par ordre décroissant de gauche à droite les anions puis les cations pour déterminer le faciès chimique dominant.

Le traitement des résultats par le diagramme de Piper nous montre que les eaux de la plaine et l'oued Kebir Ouest appartiennent essentiellement aux deux familles des eaux qui sont :

- Chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne.
- Chlorurée sodique et potassique ou sulfatée sodique.

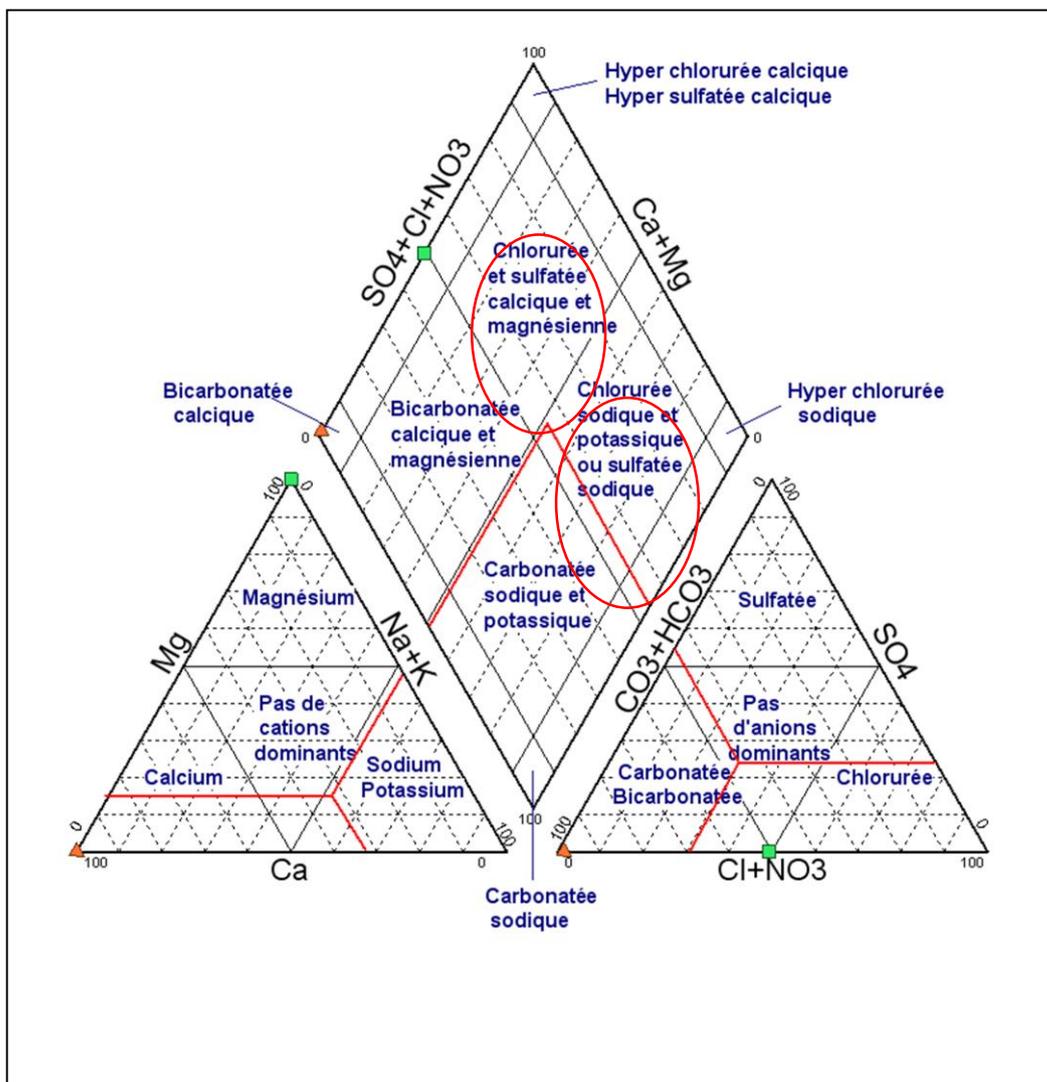
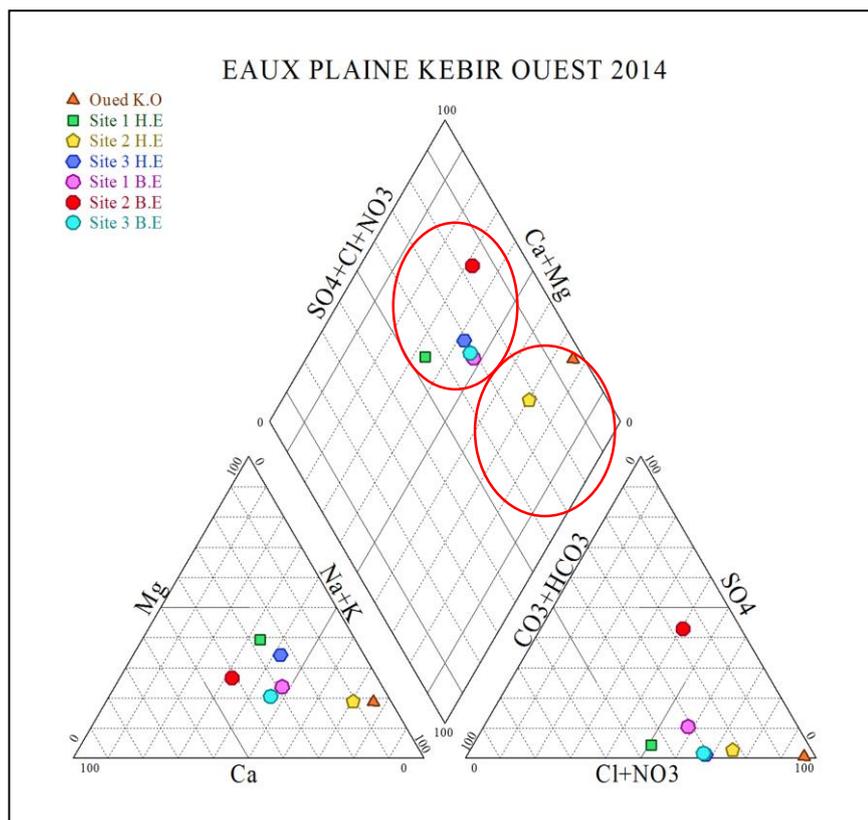


Figure : V.21 Diagramme de Piper



**Figure : V.22** représentation des analyses chimiques des eaux de Kebir Ouest sur le **diagramme de Piper**

Le classement des anions et des cations par ordre décroissant nous révèle les formules ioniques récapitulées dans le tableau ci-après :

**Tableau : V.4** Représentation des formules ioniques et des faciès chimiques

Station	Formule ionique	Faciès chimique
<i>O. Kebir Ouest</i>	$rCl > rSO_4^{2-} > rHCO_3^- > rNO_3^{2-} \text{ --- } r(Na^+ + K^+) > rMg^{2+} > rCa^{2+}$	Chloruré - sodique
<i>S1 H.E</i>	$rCl > rSO_4^{2-} > rHCO_3^- > rNO_3^{2-} \text{ --- } rMg^{2+} > rCa^{2+} > r(Na^+ + K^+)$	Chloruré - magnésien
<i>S2 H.E</i>	$rCl > rSO_4^{2-} > rHCO_3^- > rNO_3^{2-} \text{ --- } r(Na^+ + K^+) > rMg^{2+} > rCa^{2+}$	Chloruré - sodique
<i>S3 H.E</i>	$rCl > rSO_4^{2-} > rHCO_3^- > rNO_3^{2-} \text{ --- } r(Na^+ + K^+) > rCa^{2+} > rMg^{2+}$	Chloruré - sodique
<i>S1 B.E</i>	$rCl > rSO_4^{2-} > rHCO_3^- > rNO_3^{2-} \text{ --- } r(Na^+ + K^+) > rCa^{2+} > rMg^{2+}$	Chloruré - sodique
<i>S2 B.E</i>	$rSO_4^{2-} > rCl^- > rHCO_3^- > rNO_3^{2-} \text{ --- } rCa^{2+} > r(Na^+ + K^+) > rMg^{2+}$	Sulfaté - calcique
<i>S3 B.E</i>	$rCl > rSO_4^{2-} > rHCO_3^- > rNO_3^{2-} \text{ --- } r(Na^+ + K^+) > rCa^{2+} > rMg^{2+}$	Chloruré - sodique

Pour s'assurer des résultats du tableau nous avons traité les données par le diagramme de Stiff et Stabler qui nous a donné ce qui suit :

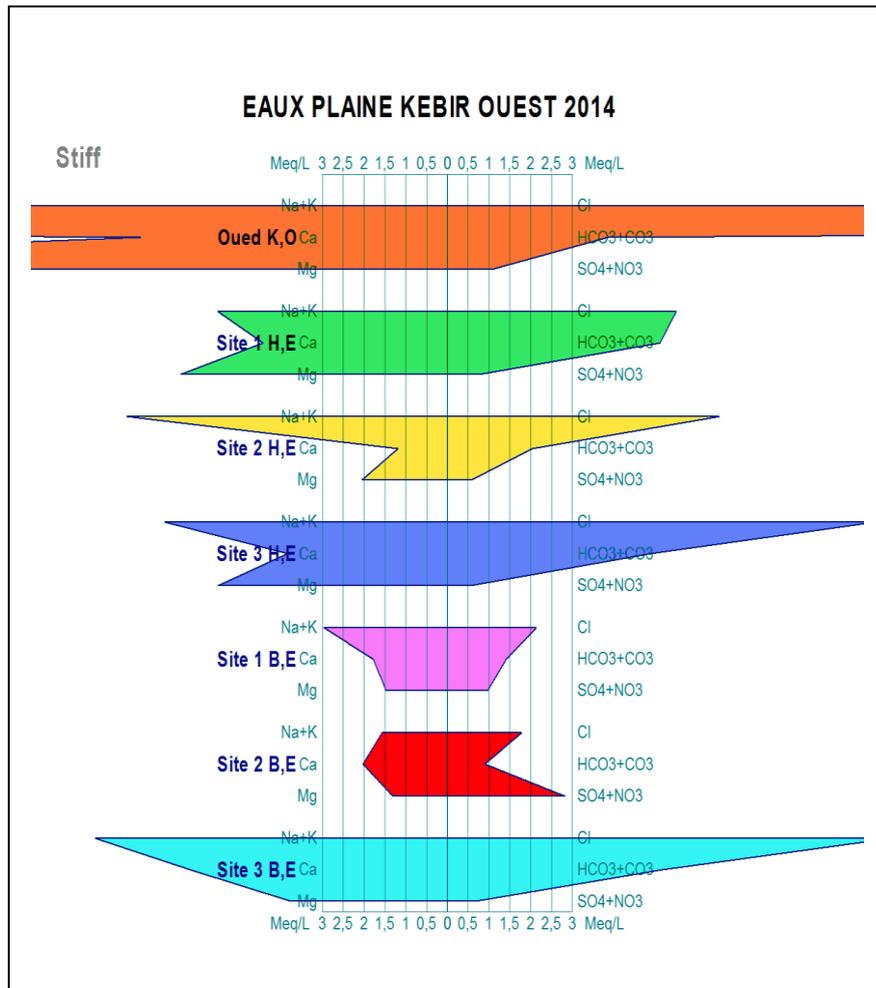


Figure : V. 23 Diagramme de Stiff

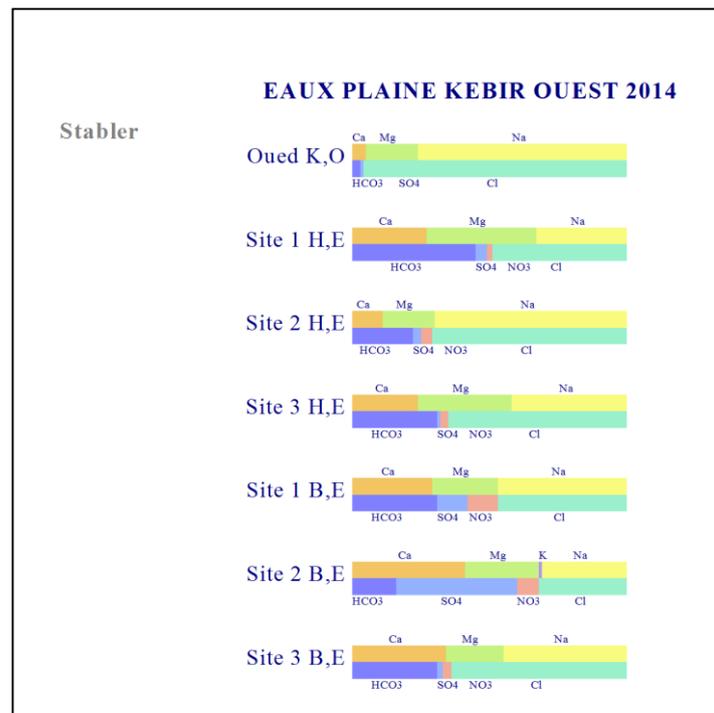


Figure : V. 24 Diagramme de Stabler

Selon les diagrammes de Stiff et Stabler, nous concluons que la plupart des eaux ont un faciès chlorurée sodique seulement dans quelques cas où elles sont chlorurées magnésiennes ou sulfatées sodiques.

## V. CARACTERISTIQUES CHIMIQUES DES EAUX SOUTERRAINES

Pour avoir une idée sur la qualité des eaux souterraines des nappes superficielle et profonde, de la plaine de Kebir Ouest, des campagnes de prélèvements ont été effectuées au niveau de différents forages captant les deux nappes.

Après avoir effectué les analyses chimiques des échantillons, nous avons traité les résultats par les différents diagrammes de manipulation.

**Tableau : V.5 Synthèse des analyses chimiques des eaux de la plaine et d'oued Kebir Ouest**

Site	pH	CE	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
N P. Ain N	7,42	752,45	122,06	88,92	49,92	2,87	33,47	14,5	27,53	2,95
N P. B. Azzouz	7,18	781,72	115,93	118	28,25	6,62	45,75	18,83	28,56	0,28
N P. S. Lakhdar	7,31	732,69	123,19	126	22,42	2,85	50,96	15,83	23,39	1,28
N S. Ain N	7,25	635,46	109,95	99,83	34,5	2,27	46,98	15,42	41,08	1,7
N S. B. Azzouz	7,47	628,84	116,33	137,38	36,58	1,26	52,40	16,08	62	1,53
N S. S. Lakhdar	7,56	662,81	106,48	147,83	46,58	6,03	48,52	17,5	56,67	1,53
N S. El-Marsa	7,61	689,87	117,35	124,67	39,92	1,37	62,33	15,42	50,42	1,2

**NB :** les mesures sont effectuées en (mg/l), et la CE en (µS/cm).

**Tableau : V.6 Représentation des formules ioniques et des faciès chimiques des eaux souterraines**

Site	Formule ionique	Faciès chimique
N P. Ain N	$rCl^- > rSO_4^{2-} > rHCO_3^- > rNO_3^{2-} \text{ --- } rCa^{2+} > r(Na^+ + K^+) > rMg^{2+}$	Chloruré - calcique
N P. B. Azzouz	$rCl^- > rSO_4^{2-} > rHCO_3^- > rNO_3^{2-} \text{ --- } rCa^{2+} > r(Na^+ + K^+) > rMg^{2+}$	Chloruré - calcique
N P. S. Lakhdar	$rCl^- > rSO_4^{2-} > rHCO_3^- > rNO_3^{2-} \text{ --- } rCa^{2+} > r(Na^+ + K^+) > rMg^{2+}$	Chloruré - calcique
N S. Ain N	$rCl^- > rSO_4^{2-} > rHCO_3^- > rNO_3^{2-} \text{ --- } rCa^{2+} > r(Na^+ + K^+) > rMg^{2+}$	Chloruré - calcique
N S. B. Azzouz	$rCl^- > rSO_4^{2-} > rHCO_3^- > rNO_3^{2-} \text{ --- } r(Na^+ + K^+) > rCa^{2+} > rMg^{2+}$	Chloruré - sodique
N S. S. Lakhdar	$rSO_4^{2-} > rCl^- > rHCO_3^- > rNO_3^{2-} \text{ --- } r(Na^+ + K^+) > rCa^{2+} > rMg^{2+}$	Sulfaté - sodique
N S. El-Marsa	$rCl^- > rSO_4^{2-} > rHCO_3^- > rNO_3^{2-} \text{ --- } rCa^{2+} > r(Na^+ + K^+) > rMg^{2+}$	Chloruré - calcique

## V.1 Traitement des résultats

### a. Diagramme de Piper

Les résultats des analyses chimiques des eaux souterraines sont reportés sur le diagramme de Piper afin de déterminer les tendances chimiques de l'eau.

Le diagramme de Piper a montré que les eaux souterraines des deux nappes d'el Kebir Ouest appartiennent à la famille des eaux Chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne, et à l'aide du diagramme de Stiff ou Stabler on peut déduire le faciès chimique correspondant à chaque échantillon.

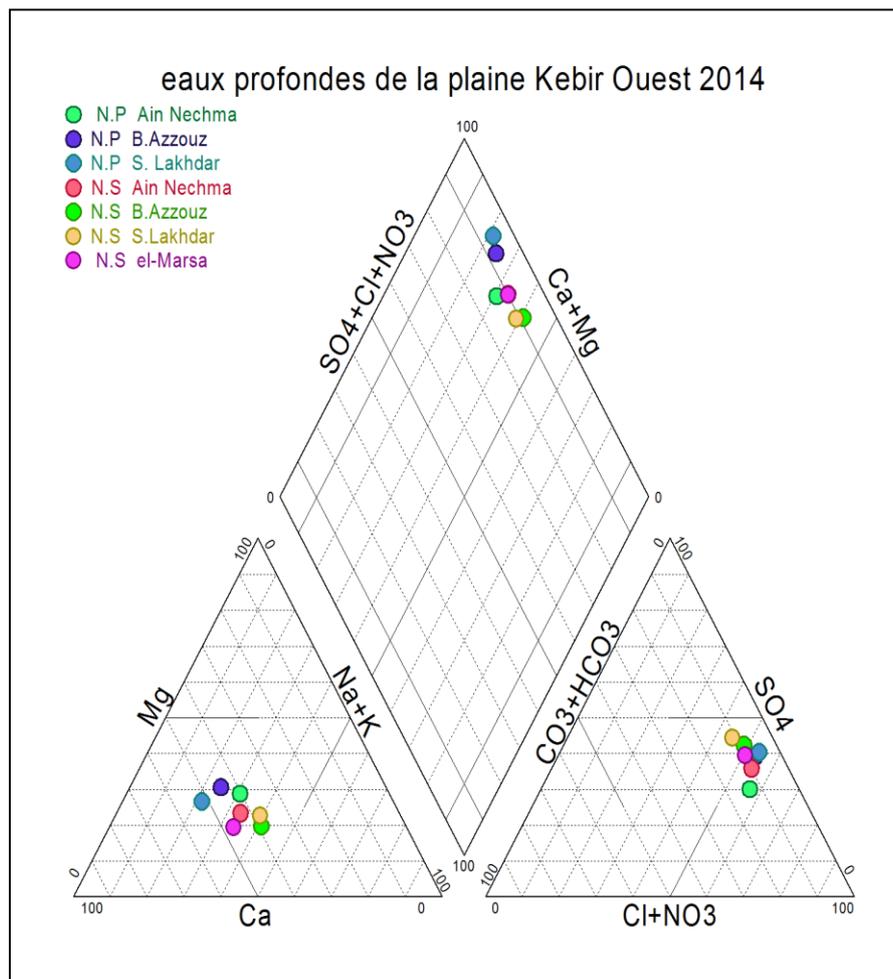
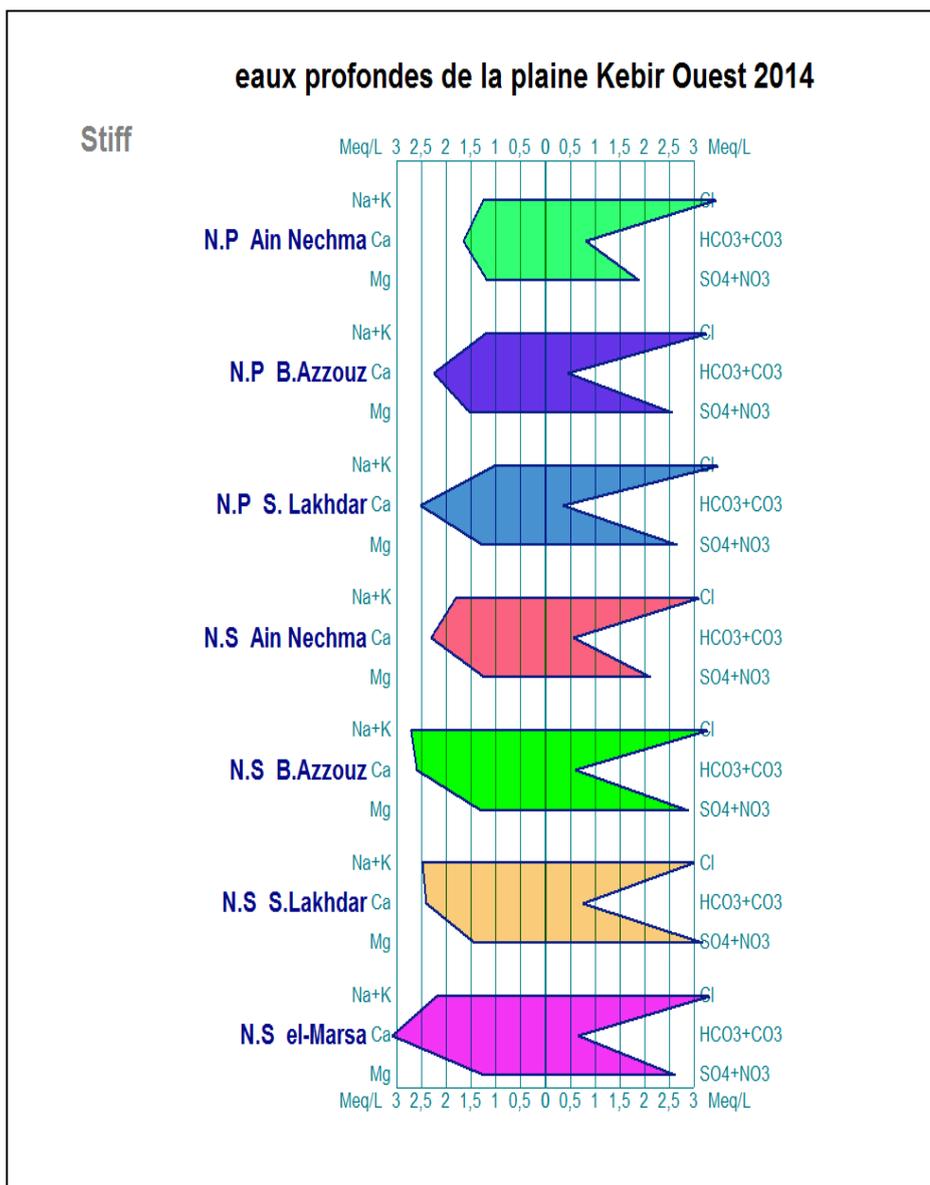


Figure : V.25 les faciès chimiques des eaux souterraines d'el Kebir Ouest par le diagramme de Piper

**b. Diagramme de Stiff**

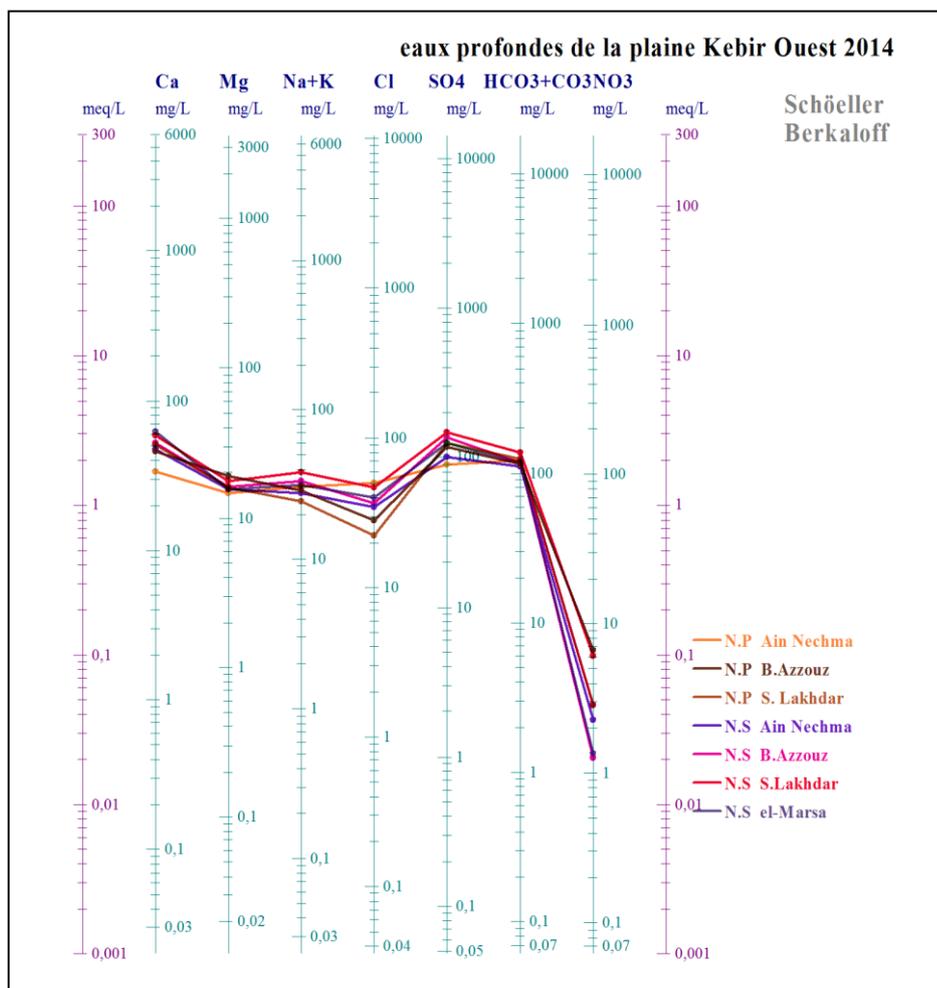
Le diagramme de Stiff a montré que le faciès dominant dans la nappe profonde est le chlorurée calcique, tandis que la nappe superficielle présente plusieurs faciès, où on peut trouver le chlorurée calcique, le chlorurée sodique et le sulfatée sodique.



**Figure : V. 26 faciès chimiques des eaux souterraines d’el Kebir Ouest par le diagramme de Stiff**

### c. Diagramme de Schöeller Berkaloff

L'interprétation des résultats des analyses chimiques des eaux souterraines par le diagramme de Schöeller Berkaloff montre une dominance du faciès chlorurée-calcique dans la nappe profonde, avec l'existence du faciès Chloruré – sodique, chlorurée-sodique et Sulfaté-sodique dans la nappe superficielle.



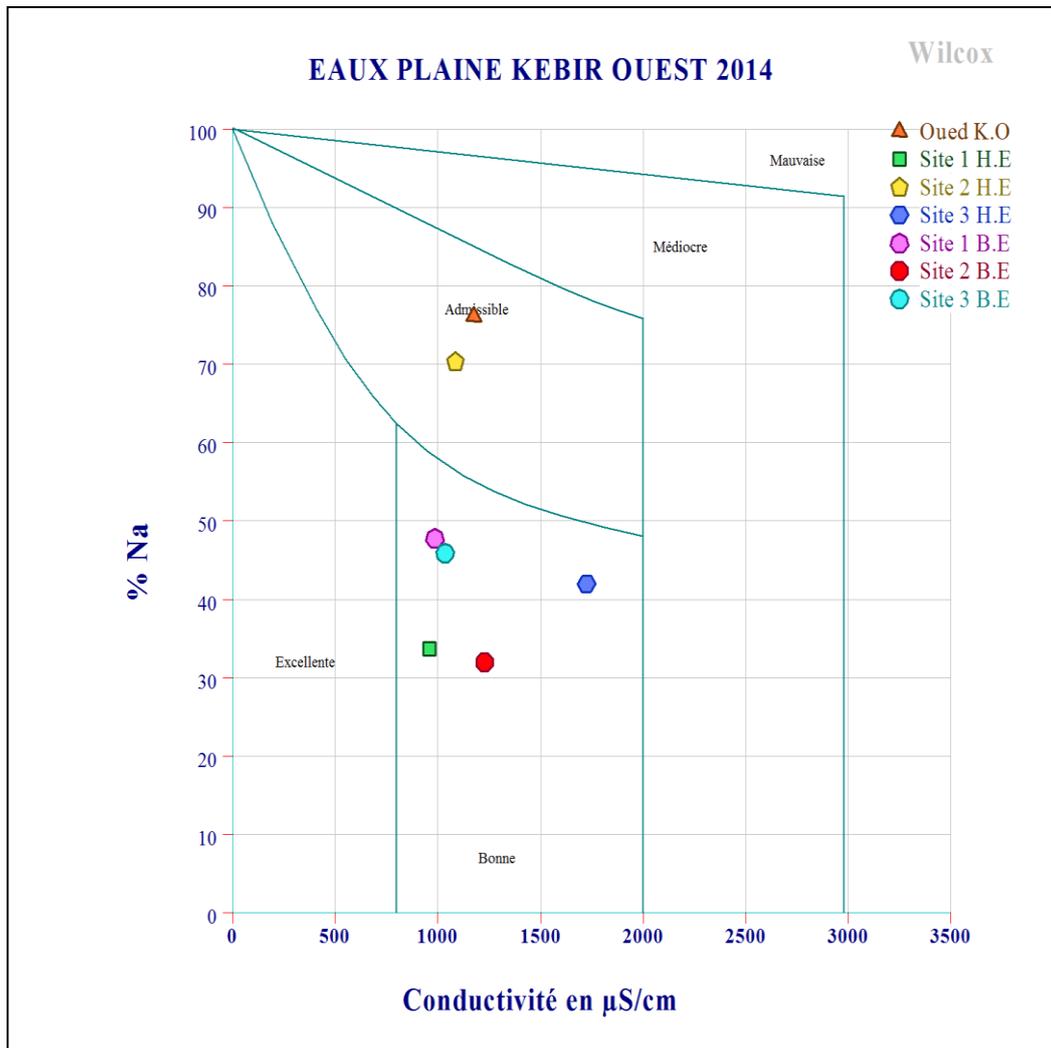
**Figure : V. 27 faciès chimiques des eaux souterraines d'el Kebir Ouest par le diagramme de Schöeller Berkaloff**

## V.2 Aptitude des eaux à l'irrigation

### a) Les eaux superficielles

La zone étudiée est une région littorale à vocation agricole, deux facteurs susceptibles d'être facteurs pollueurs, les eaux de surface de la plaine de Kebir Ouest représentée par l'oued Kebir et les marais sont utilisées directement à l'irrigation par pompage, sans faire attention à l'état et à la composition chimique de l'eau utilisée.

Pour vérifier la validité de cette eau à l'irrigation nous sommes obligés de classer ces eaux par le diagramme de Wilcox, qui a donné les résultats suivants :



**Figure : V.28 Classification des eaux superficielles de Kebir Ouest par degré d'aptitude à l'irrigation par le diagramme de Wilcox**

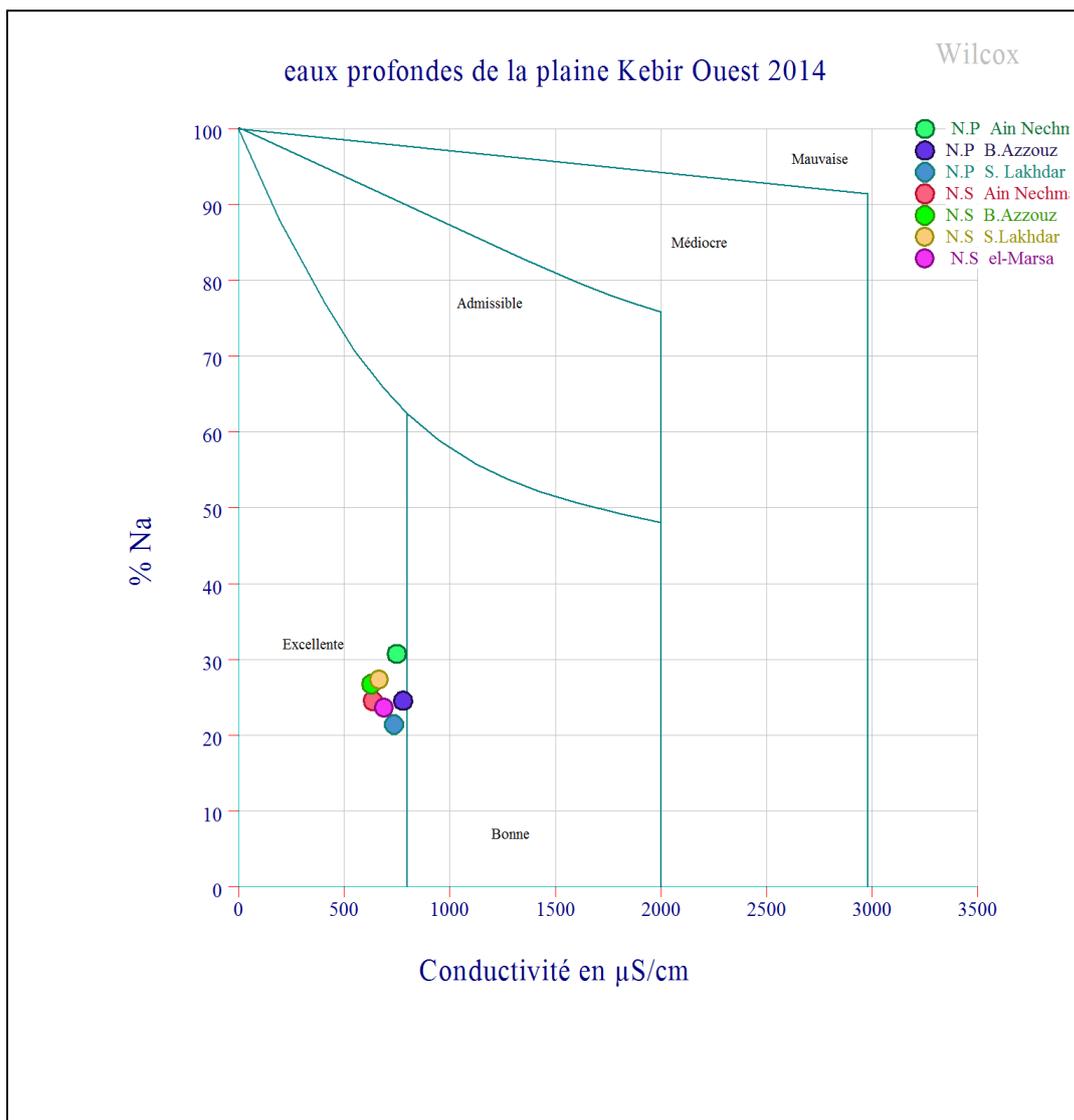
D'après le diagramme de Wilcox on distingue deux qualités des eaux d'irrigation.

- La première est bonne, elle est en général, utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation de plantes moyennement tolérantes en sels.

- La deuxième est admissible, cette eau convenant en général à l'irrigation des cultures tolérantes en sel, sur des sols bien drainés, mais l'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée.

#### **b) Les eaux profondes**

Les nappes souterraines sans peu loin de la pollution et ses eaux sont d'excellente qualité ce qui est montré par le diagramme de Wilcox.



**Figure : V.29 Classification des eaux profondes de Kebir Ouest par degré d'aptitude à l'irrigation par le diagramme de Wilcox**

### V.3 Normes de potabilité des éléments majeurs

Dans le cadre de la surveillance de la potabilité des eaux de la plaine de Kebir Ouest, des analyses de routines ont été effectuées par les organismes spécialisés. Le contrôle portait sur les éléments majeurs. Les résultats ont révélé des eaux de bonne qualité et ne sont pas présentés de danger sur la santé des habitants.

#### ➤ Calcium

Le calcium n'a pas d'effet nocif sur la santé de l'individu, car la quantité susceptible d'être ingérée quotidiennement sous forme des besoins est inférieure à celle nécessaire pour l'organisme. En effet l'O.M.S impose 140 mg/l comme teneur maximale. Les eaux dépassant les 200 mg/l présentent un sérieux problème pour les usages domestiques et pour l'alimentation des chaudières.

➤ **Magnésium**

Le magnésium est un élément indispensable pour la croissance de l'organisme, au-delà d'une certaine concentration il offre un goût désagréable et provoque des troubles chez les enfants, l'O.M.S donne 50 mg/l comme concentration maximale admissible.

➤ **Sodium**

Le sodium ne présente aucun danger pour la santé, à l'exception de certaines maladies telles que l'hypertension et les maladies du cœur qui nécessitent des teneurs faibles. Les teneurs élevées offrent à l'eau un goût désagréable.

➤ **Potassium**

Présent dans l'eau naturelle, ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg/l, donc il n'a pas de problèmes pour la santé.

➤ **Chlorures**

Les chlorures donnent un goût désagréable et pose le problème de corrosion et aussi pour les personnes atteintes de maladies cardio-vasculaires ou rénales. La norme donnée par l'O.M.S est de 250 mg/l.

➤ **Sulfates**

Les sulfates provoquent des troubles intestinaux, l'O.M.S fixe à 250 mg/l la teneur maximale admissible.

➤ **Bicarbonates**

La présence des bicarbonates dans l'eau de boisson ne provoque aucun effet nocif sur la santé. La recommandation pour la quantité de l'eau potable ne comporte pas de norme relative (l'OMS fixe le TAC à 500mg/l).

## VI. CONCLUSION

L'homme a besoin de l'eau dans sa vie quotidienne et pour ses activités et son développement. Il utilise l'eau pour son agriculture, industrie et pour ses besoins domestiques.

Cette utilisation n'est pas sans imperfections, car il entraîne des problèmes de contamination des sources d'eau, qu'il s'agisse d'eau souterraine ou de surface, cette pollution peut se présenter sous différentes formes : physique chimique, ou même bactériologiques.

La plaine de Kebir Ouest se caractérise par une salinité variable ; les secteurs situés au sud étant les plus chargées, cela dû à la concentration relative de la forte population en ces lieux et donc l'activité agricole. Dans la zone Nord les fortes concentrations de la salinité ont été expliquer par l'effet de dilution et la proximité de la mer.

Une autre pollution physique qui se présente dans la conductivité électrique touchant les deux nappes où on enregistre une valeur de 1156  $\mu\text{S}/\text{cm}$  dans la nappe profonde, et une autre qui dépasse 4000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  au Sud au niveau de la nappe superficielle.

La nappe profonde elle aussi subit des variations de faciès et de minéralisation dans le temps. L'existence de rapports hydrodynamiques entre les deux aquifères n'exclut pas les échanges.

La zone côtière montre des enrichissements des eaux en chlorures ; c'est l'existence du biseau d'eau salée.

Les normes de potabilité des eaux souterraines sont pour le moment passables sauf concernant les nitrates qui en certaines périodes et en certains lieux les dépassent du double. Les faciès dominants dans les eaux superficielles sont le chloruré sodique parfois magnésien et parfois sulfaté calcique.

Le faciès chloruré calcique est le faciès dominant pour les eaux souterraines avec l'existence du sulfaté sodique parfois et le chloruré sodique d'autre fois.

L'hydrochimie des eaux souterraines est en étroite liaison avec les roches magazines et les affleurements ainsi que par les activités anthropiques de surface, elle reste en générale une source d'eau douce peu polluée qui nécessite une protection et une attention particulière contre tout type de contamination.