
Conclusion

L'étude hydrochimique des eaux de la plaine d'Annaba, montre une forte salinité des eaux. Deux faciès dominants sont observés, l'un chloruré sodique et l'autre, bicarbonaté sodique. L'observation du contexte géologique du site et de la répartition spatiale des éléments chimiques montre que son origine est liée principalement à la dissolution des formations évaporitiques et carbonatées et à l'invasion des eaux de mer.

La détermination du bilan ionique entre les éléments chimiques (Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} , SO_4^{2-} , HCO_3^-) qui caractérisent les formations argileuses principales du site, nous a permis de montrer la dominance des ions salifères (Na^+ et Cl^-) par rapport au gypse (Ca^{2+} et SO_4^{2-}) et aux carbonates (Ca^{2+} et HCO_3^-) dans l'augmentation de la salinité, ainsi que l'existence du phénomène d'échange de base entre les eaux de la nappe et les formations géologiques.

Les diagrammes croisés des concentrations des différents ions analysés en fonction des chlorures identifient trois processus responsables de la salinisation des eaux de la nappe des graviers

- 1) l'intrusion d'eau marine dans la nappe le long de la partie littorale (biseau salé),
 - 2) la dissolution de la formation aquifère (carbonatée et évaporitiques) et
 - 3) le retour des eaux d'irrigation chargées en sels dans les périmètres irrigués.
-

2-Cas de la région d'EL TARF

2.1. La chimie des eaux

2.1.1.Introduction :

L'étude chimique de l'eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité, donc de la possibilité de son utilisation pour l'alimentation en eau potable ou pour d'autres usages (irrigation, industrie....).

La composition chimique de l'eau peut évoluer durant son transit, ainsi l'information recueillie au niveau de la source est fonction de la nature du réservoir et également des minéraux rencontrés, du temps de transit et des conditions permettant ou non la conservation des hétérogénéités du réservoir à l'exutoire.

2.1.2.Mode d'échantillonnage et acquisition des données :

Cette étude chimique est fondée sur une analyse complète des échantillons au niveau des sources réparties dans le massif dunaire de Bouteldja (les coordonnées géographiques sont montrées dans l'annexe) (fig. 20).saadali2008

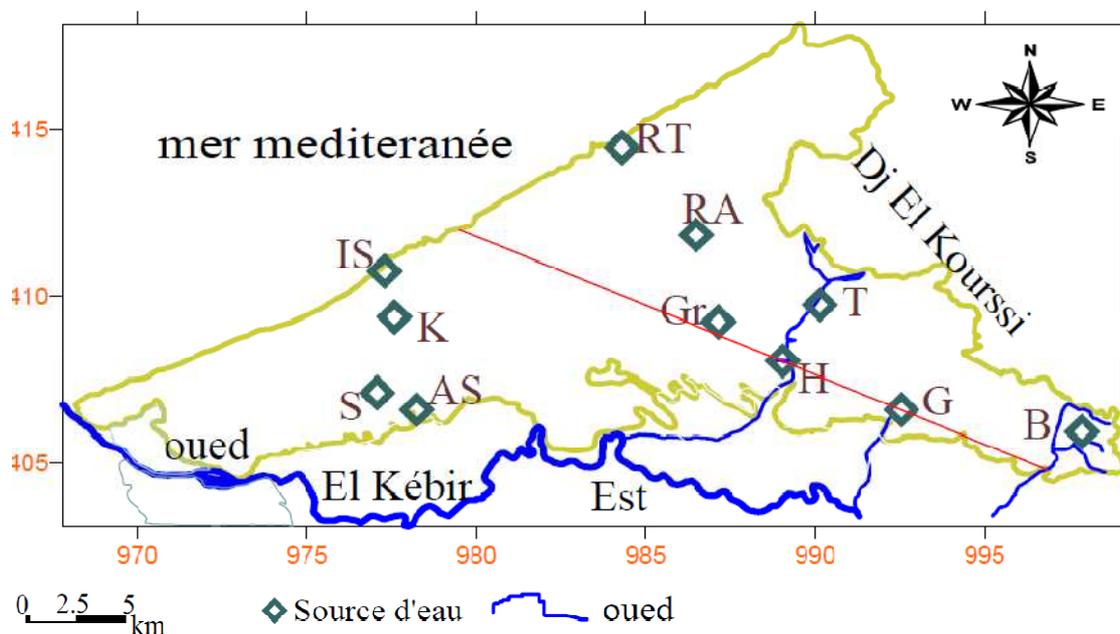


fig. 20 : Localisation géographique des onze sources dans le massif dunaire de Bouteldja.saadali2008

Pour atteindre cet objectif, deux (02) campagnes de prélèvement et d'analyses ont été réalisées, la première se rapporte au mois de janvier 2010 et l'autre concerne le mois de juillet 2010. Onze (11) sources réparties à travers le massif dunaire de Bouteldja ont fait l'objet de mesures sur site et ont porté sur les paramètres physiques suivant : pH, conductivité électrique la température. Par ailleurs, l'analyse chimique effectuée en labo a portée sur les éléments suivants: Ca 2+, Mg 2+, Na +, K+, Cl -, SO4 2-, HCO3 – et aussi sur l'oxygène dessous, le résidu sec, l'ammonium, les nitrites et les nitrates (les analyses ont été faites au niveau du laboratoire centrale de Constantine).

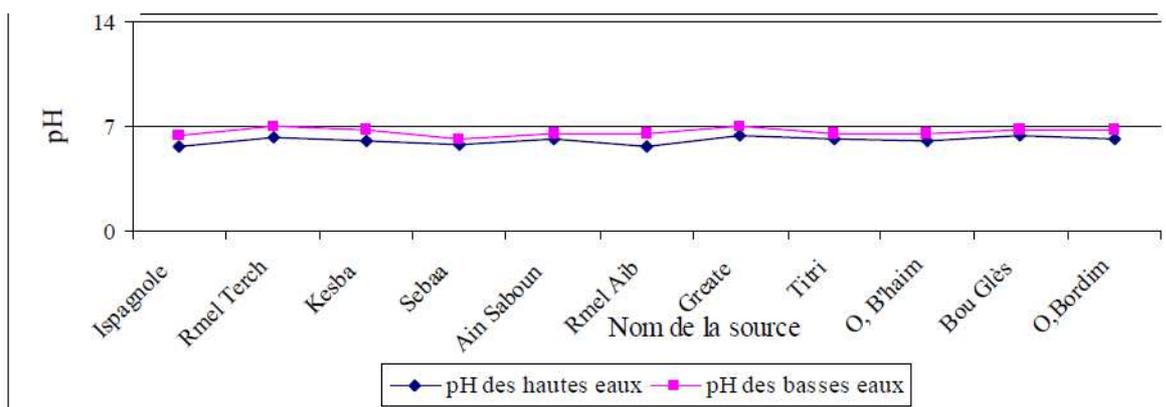
2.1.3. Etudes des paramètres physiques :

a. Le potentiel d'Hydrogène (pH) :

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H⁺ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau (Castany, Margat, 1977) .

Le pH doit être impérativement mesuré sur le terrain à l'aide d'un pH-mètre ou par colorimétrie. Les résultats des mesures du pH sont enregistrés sur le tableau.

Fig :21 Evolution du pH des eaux des sources dans le massif dunaire de Bouteldja.saadali2008

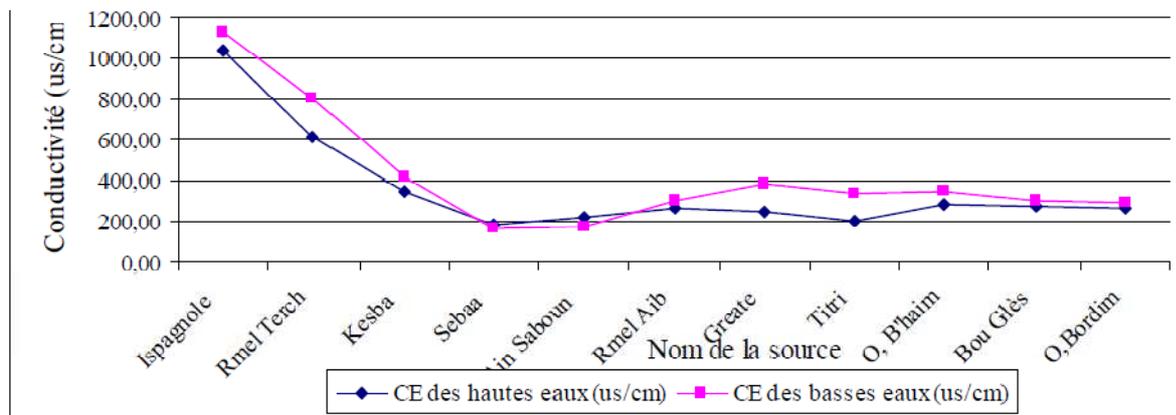


Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. D'une manière générale les eaux du massif dunaire de Bouteldja (fig.21) présentent un pH oscillant entre 5.5 et 7 proche de la neutralité. Donc, les eaux de la nappe dunaire de Bouteldja sont dans l'ensemble acides.

b. La Conductivité électrique (CE):

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes, la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés d'électron, la mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau, la conductivité est également fonction de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température augmente. Les résultats de mesure doivent donc être présentés en terme de conductivité équivalente à 25°C. Les appareils de mesure utilisés sur le terrain effectuent en général automatiquement cette conversion.

Fig. 22 : Evolution de la conductivité électrique des eaux des sources dans le massif dunaire de Bouteldja



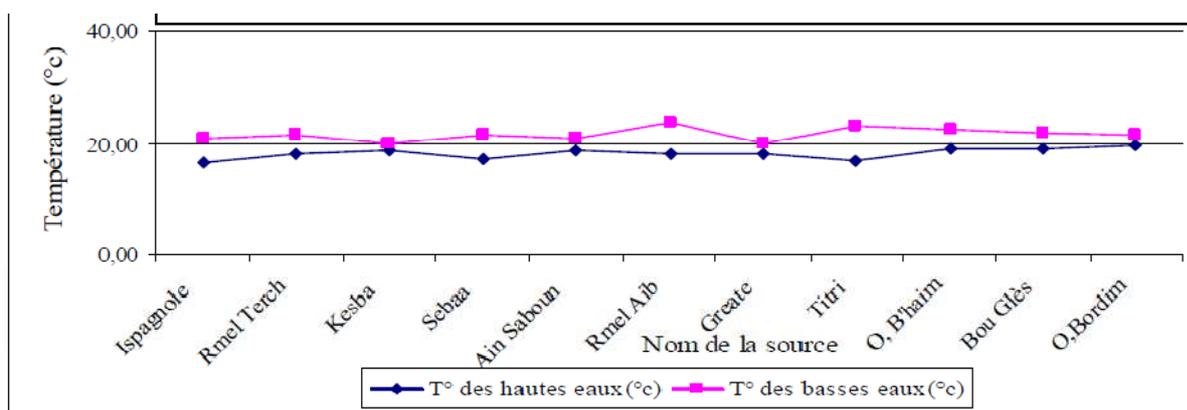
Les résultats des mesures ont permis d'observer la variation de la conductivité (fig.22), montrant que celle-ci variée entre 150 et 1100 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et ceci pendant les deux périodes considérées. les valeurs de CE diminuent en s'éloignant du littoral en allant à l'intérieur du massif dunaire. la présence des marécages influence de plus sur l'augmentation de CE (le cas de Greate et le secteur oued B'haim).

c. La Température (T):

La température de l'eau est un paramètre important car elle permet de déterminer l'utilisation des eaux pour le confort des usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment).

De plus, en mettant en évidence des contrastes de température de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau.

Fig. 23 : Evolution de la température des eaux des sources dans le massif dunaire de Bouteldja



La température des eaux (fig.23) avoisine toujours 20°C et ceci durant les deux périodes d'observations.

2.1.4. Etude des paramètres chimiques:

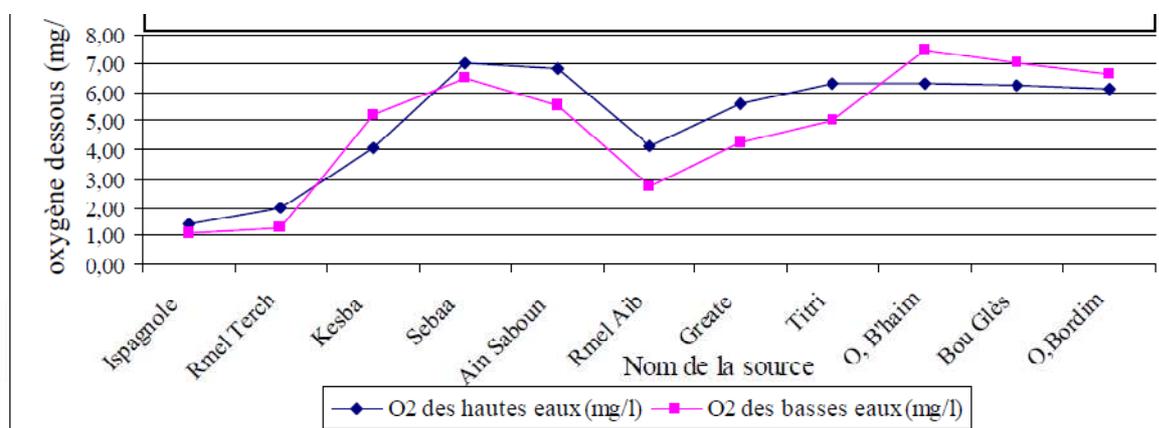
a. Oxygène dessous (O₂):

Exprime la concentration en (mg/l) d'oxygène dessous, sa présence dans les eaux superficielles joue un rôle dans le maintien de la vie aquatique. La diminution de sa teneur génère un milieu favorable à la fermentation et aux dégagements d'odeurs.

L'appauvrissement du milieu en O₂ dissous provoque le développement d'algues et végétaux ainsi que l'apparition de pollution bactériologique (Rodier, 1996).

Sa solubilité baisse avec l'augmentation de la température et sa densité diminue dans un milieu chargé en sel.

Fig.24 : Evolution de l'oxygène dessous des eaux des sources dans le massif dunaire de Bouteldja



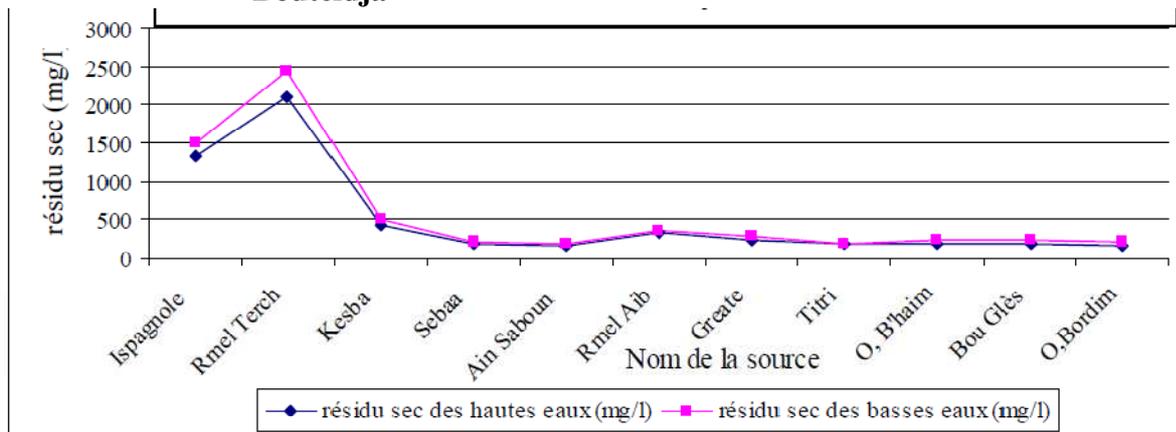
D'une façon générale, les teneurs en oxygène dessous (O₂) sont comprises entre 1 et 7 mg/l (fig.24), ces teneurs n'expriment pas une forte pollution organique.

Les faibles teneurs sont remarquées au niveau de Rmel Terch et la source Espagnole (<2).

b. Résidu sec (Rs):

Les analyses chimiques des résidus secs dans le massif dunaire de Bouteldja montrent que les valeurs les plus répandues s'échelonnent entre 150 et 250 mg/l. La faiblesse du résidu sec s'explique par le fait que les eaux de la nappe dunaire circulent rapidement dans des terrains essentiellement siliceux où les ions solubles ont été en grande partie lessivés.

Fig. 25 : Evolution du résidu sec des eaux des sources dans le massif dunaire de Bouteldja



Les valeurs les plus basses, inférieure à 200 mg/l, apparaissent au niveau du secteur oued B'haim, secteur Sebaa, Bou Glès et Bourdim dans le massif dunaire de Bouteldja, il y a toutefois dans le secteur, une anomalie à 300 mg/l qui contourne la zone marécageuse d'El Goureate et Sr Kesba. Alors que dans la zone proche du littoral et la moitié occidentale du massif dunaire semblent être caractérisées par un résidu sec plus élevé, atteignant les 2500 mg/l pour la source de Rmel Terch mettant ainsi en évidence le rôle de l'évaporation dans l'augmentation de la salinité et donc sur la teneur du résidu sec (fig.25).

c. Les ions majeurs :

La minéralisation de la plupart des eaux est dominée par huit ions appelés couramment les ions majeurs. On distingue les cations : calcium, magnésium, sodium et potassium, et les anions : chlorures, sulfates, et bicarbonates et nitrates.

Notre étude hydrochimique a été menée sur les onze (11) sources (fig.20), la critique des données est faite par la vérification de la précision des analyses chimiques en calculant la balance ionique (BI) qui est la suite (Djabri, 1996) :

$$BI = \frac{(\sum \text{cations} - \sum \text{anions})}{(\sum \text{cations} + \sum \text{anions})} \times 100 \%$$

Dans l'ensemble, les échantillons analysés ont des BI < 6 %, on les a considéré comme fiables, malgré les erreurs dues à la méthodologie employée et aux éléments non dosés.

2.1.5. Faciès chimiques :

Cependant le rapport des valeurs, après avoir calculé la balance ionique, nous a permis de déterminer les faciès chimiques de chaque une des sources qui sont réparties dans le massif dunaire de Bouteldja. Le tableau ci – dessous représente les faciès chimiques des sources :

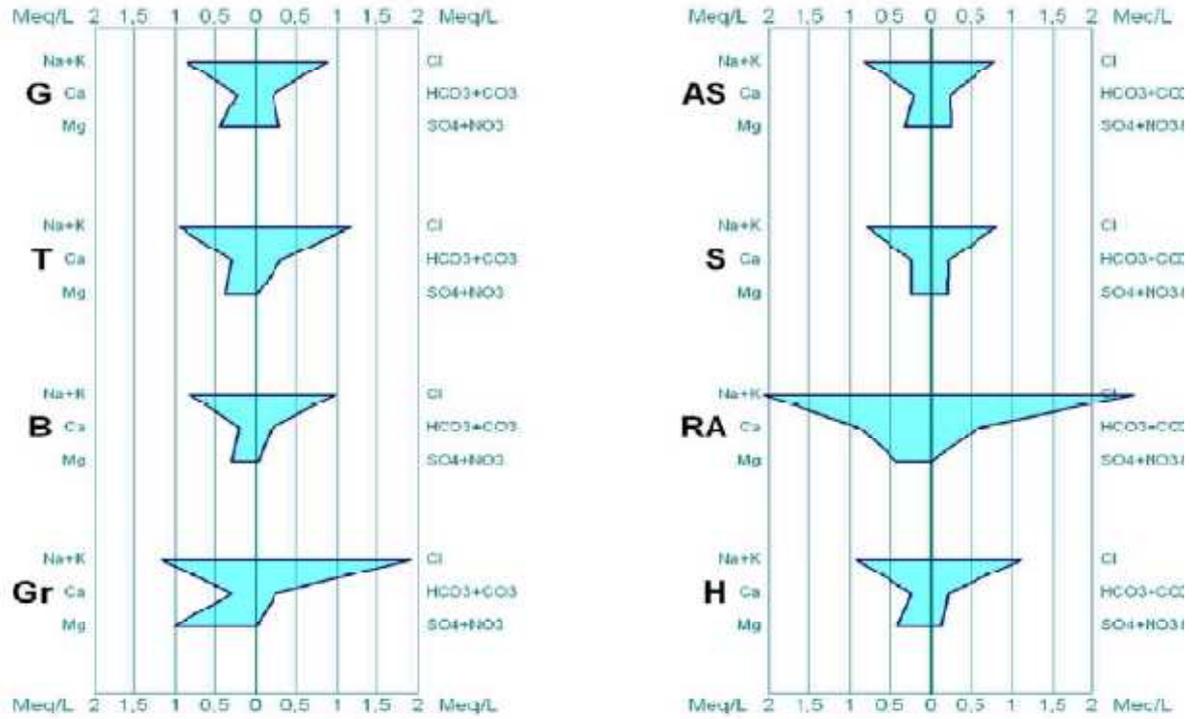
La source	Formule ionique	Faciès chimique
<i>Sr Bou Glès (G)</i>	$rNa^+ > rMg^{++} > rCa^{2+}, rCl^- > rSO_4 > rHCO_3^-$	Chloruré sodique
<i>Sr Titri (T)</i>	$rNa^+ > rMg^{++} > rCa^{2+}, rCl^- > rSO_4 > rHCO_3^-$	Chloruré sodique
<i>Sr oued Bourdim (B)</i>	$rNa^+ > rMg^{++} > rCa^{2+}, rCl^- > rSO_4 > rHCO_3^-$	Chloruré sodique
<i>El Greate (Gr)</i>	$rNa^+ > rMg^{++} > rCa^{2+}, rCl^- > rSO_4 > rHCO_3^-$	Chloruré sodique
<i>Sr Ain Saboun (AS)</i>	$rNa^+ > rMg^{++} > rCa^{2+}, rCl^- > rSO_4 > rHCO_3^-$	Chloruré sodique
<i>Sr Sebaa (S)</i>	$rNa^+ > rMg^{++} > rCa^{2+}, rCl^- > rSO_4 > rHCO_3^-$	Chloruré sodique
<i>Sr Rmel El Terch (RT)</i>	$rNa^+ > rMg^{++} > rCa^{2+}, rCl^- > rSO_4 > rHCO_3^-$	Chloruré sodique
<i>Sr Espagnole (IS)</i>	$rNa^+ > rMg^{++} > rCa^{2+}, rCl^- > rSO_4 > rHCO_3^-$	Chloruré sodique
<i>Sr Kasba (K)</i>	$rNa^+ > rMg^{++} > rCa^{2+}, rCl^- > rSO_4 > rHCO_3^-$	Chloruré sodique
<i>Sr Rmel El Aib (RA)</i>	$rNa^+ > rMg^{++} > rCa^{2+}, rCl^- > rSO_4 > rHCO_3^-$	Chloruré sodique
<i>Sr oued B'haim (H)</i>	$rNa^+ > rMg^{++} > rCa^{2+}, rCl^- > rSO_4 > rHCO_3^-$	Chloruré sodique

Tableau n°20 : Formule ionique et faciès chimique des eaux des sources réparties dans le massif dunaire de Bouteldja (année 2007).saadali2008

Les résultats d'analyse chimique effectués et reportés sur le tableau ci - dessus, indiquent qu'au côté cation, le sodium est le cation dominant suivi par le magnésium. Au niveau des anions, les chlorures dominent et sont suivis par les bicarbonates. Pour visualiser cette répartition on a déterminé les faciès chimiques en utilisant le diagramme de STIFF.

Dans leur totalité, les eaux de la nappe dunaire de Bouteldja présentent (fig.26) un faciès chloruré sodique, en relation avec le lieu de prélèvement et sa géologie locale.

Milliequivalent maximal : 2 , interval Meq : 0.5



Milliequivalent maximal : 20 , interval Meq : 4

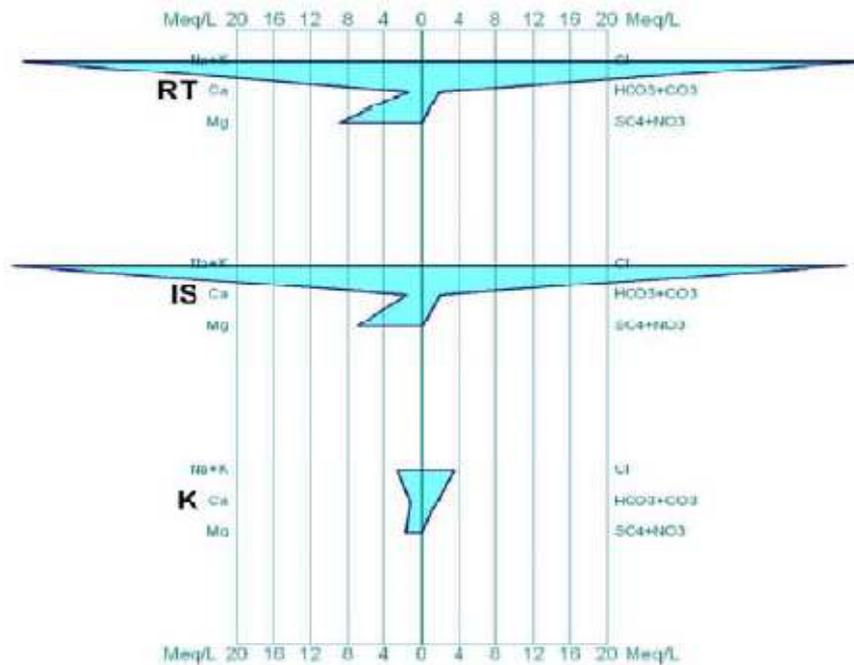


Fig.26 Digramme de Stiff

2.2. Qualité des eaux :

La qualité des eaux, d'une façon générale, doit être évaluée aujourd'hui car on sait bien que les eaux souterraines sont vulnérables aux pollutions diffuses, qui se manifestent souvent après un temps d'accumulation (Jourda, 1991).

La qualité des eaux souterraines s'est dans l'ensemble beaucoup dégradée. Même si les responsabilités sont partagées, les pollutions d'origine agricole restent les premières responsables de la dégradation récente. La qualité naturelle des eaux souterraines, va donc être naturellement influencée par ce que les géologues appellent le « fonds géochimique ».

L'évolution de l'indice d'altération et l'étendue des périmètres de protection à partir des méthodes de vulnérabilité nous permet de bien avoir une idée sur la pollution de l'eau et pour la protection des nappes d'eaux souterraines et donc de garder une bonne qualité des eaux

2.2.1. Degré d'altération des eaux des naturelles :

a. Classification des éléments chimiques par classes d'altération :

Les éléments chimiques analysés (Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- et R.S) sont classés par tranches en fonction des teneurs des éléments et selon les normes de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé).

Le tableau ci – dessous montre les concentrations des éléments chimiques représentés en quatre (4) classes selon les normes de l'OMS

Classe Elément (mg/l)	1	2	3	4
Mg^{2+}	< 50	50 – 60	60 – 70	> 70
Na^+	< 150	150 – 180	180 – 210	> 210
K^+	< 12	12 – 14,4	14,5 – 16,9	> 16,9
Cl^-	< 200	200 – 240	240 – 280	> 280
SO_4^{2-}	< 250	250 – 300	300 – 350	> 350
NO_3^-	< 50	50 – 60	60 – 70	> 70
R.S	< 1500	1500 – 1800	1800 – 2100	> 2100

Tableau n° 21 : Classification des concentrations des éléments chimiques par classes (D'après l'OMS).
