

# Augmentation de la minéralisation dans la nappe du Complexe Terminal dans la zone de Kébili (Sud tunisien)

BEN HAMMADI Marouan (1,2), DROGUE Claude (1), JOURDE Hervé (1), BEN DHIA Hamed (2), ZAIRI Moncef (2)

1. HydroSciences Montpellier, Université Montpellier II  
2. LR3E Ecole supérieure des ingénieurs de Sfax W. 3038 Tunisie  
ben\_marouan@yahoo.fr

## Introduction

Le sud tunisien est un secteur à vocation agricole et touristique. La croissance démographique, l'extension importante des périmètres irrigués ont augmenté les besoins en eau dans cette zone. L'activité touristique, introduite dans le secteur vers l'année 1980 a sollicité encore plus les nappes profondes au sud tunisien. L'objectif de ce travail est suivre la variation spatio-temporelle de la qualité des eaux souterraines dans cette zone aride.

## 1. Cadre général

La région de Kébili est située au sud tunisien entre les latitudes  $32^{\circ}30'$  et  $34^{\circ}20'$  et longitudes  $7^{\circ}30'$  et  $10^{\circ}00'$ . La superficie totale est de l'ordre de  $22450 \text{ km}^2$ .

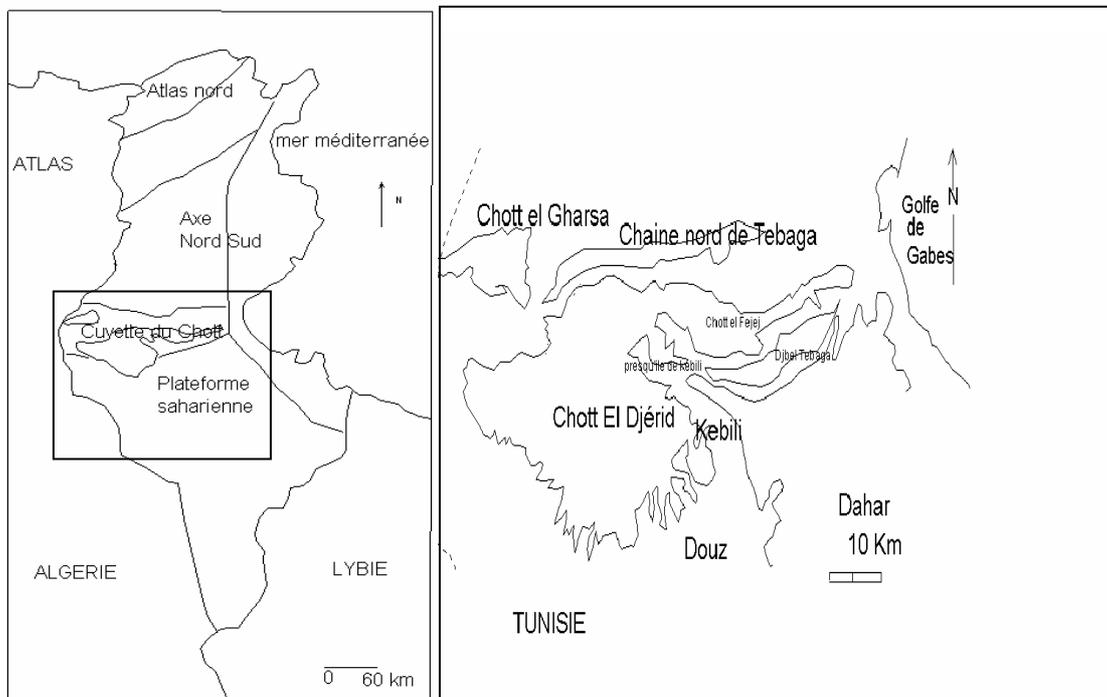


Fig.1 : Localisation de la zone de Kébili (Swezey, 1995) modifié

Le climat dans cette zone est aride. La moyenne annuelle des précipitations atteint les 80 mm et l'évapotranspiration annuelle est de l'ordre de 2500 mm. Ces facteurs climatiques sévères font que le ruissellement est rare et contribue très faiblement à la recharge des nappes profondes.

Le sud tunisien est une zone de transition météorologique en allant du nord au sud. Cette transition est caractérisée par le passage de masse d'air de différentes directions. On distingue :

- le passage du régime climatique méditerranéen vers le climat désertique de direction est en ouest.
- le passage des steppes atlasiques vers la plateforme saharienne de direction nord sud.

Ce passage subit certaines influences locales indépendantes du relief comme dans la zone des montagnes du Dahar, les zones de dépressions des chotts et les dunes de l'Erg. L'influence des reliefs se caractérise par la vitesse du vent, la température de l'air et la pluviométrie.

Cette région est soumise à l'influence de plusieurs « centres d'actions » totalement différents qui sont à l'origine d'importantes variations des paramètres météorologiques observés d'une année à l'autre (Mamou A., 1976). Ces centres d'actions sont le Sahara au sud, la mer méditerranée à l'Est et les monts de l'Atlas tellien au Nord.

a) Les vents :

Les vents se caractérisent par dans le sud tunisien, par un régime saisonnier différent suivant les périodes de l'année. On distingue :

- en hiver, des vents dominants dirigés de l'intérieur du pays vers la mer,
- en été, c'est le continent qui reçoit les vents de mer.

b) La pluviométrie :

Dans le sud tunisien la pluviométrie est assez irrégulière. Le réseau d'observation n'est pas dense dans le sud ouest et l'extrême sud car ces zones correspondent aux régions où la pluviométrie est la plus faible (de 50 à 120 mm annuellement). La pluviométrie varie suivant la position géographique. On distingue dans le sud tunisien deux domaines :

- le domaine steppique qui s'étend sur la région et la plaine côtière ainsi que le Dahar ( $P > 150$  mm),
- le domaine saharien qui se caractérise par une pluviométrie irrégulière inférieure à 150 mm. Cette irrégularité est d'autant plus grave que l'évaporation est intense.

### c) La température

Dans le sud tunisien, la température varie d'une zone à une autre suivant les effets conjugués de la latitude et de l'influence maritime. Dans la zone de Kébili, le mois de janvier est le plus froid et le mois juillet est le plus chaud. L'évolution du climat du sud tunisien depuis la fin du tertiaire et durant tout le quaternaire.

### 2) Géologie :

Le sud tunisien se caractérise par des formations peu plissées dont les plus anciens affleurements remontent au Permien. La séquence géologique de la zone de Kébili est formée par des sédiments datant du Paléozoïque, Mésozoïque et Cénozoïque d'épaisseur approximative de 5000 m.

### 3) Formations aquifères :

Les nappes du sud tunisien sont multiples et d'une importance inégale. Ils existent deux types, les nappes profondes essentielles pour les besoins en eau et les nappes superficielles de moindre importance.

Au sud tunisien, ils existent deux ensembles aquifères profonds qui ont une extension à l'échelle du Sahara Septentrional. Le système aquifère du Sahara septentrional « SASS » s'étend sur une vaste zone dont les limites sont situées en Algérie, Tunisie et Libye. Ce bassin englobe une série de couches aquifères qui ont été regroupées en deux réservoirs appelés le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT).

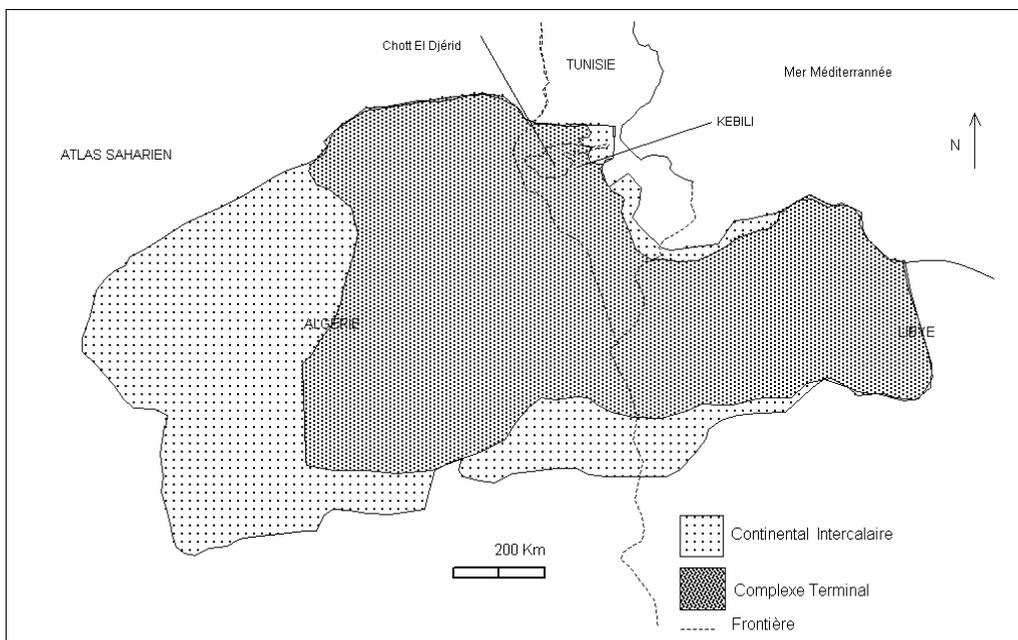


Fig.2 : Système aquifère du Sahara Septentrional (SASS, 2003)

La nappe la plus profonde est la nappe du CI. Le terme « Continental Intercalaire » désigne un épisode continental localisé entre deux cycles sédimentaires marins (C. Kilian, 1932).

Le terme complexe Terminal CT a été adopté par l'étude ERESS en 1972, pour désigner « les formations les plus récentes déposées au Bas Sahara » (ERESS, 1972). Les formations englobées par ce terme correspondent au Turonien, au Sénonien, à l'Eocène, au Miocène et au Plioquaternaire. Ce terme souligne l'hétérogénéité lithologique de ces formations.

La nappe du complexe terminal CT est plus exploitée. En effet, environ 80 % des besoins en eaux domestiques et agricoles proviennent de la nappe du CT.

#### 4) Historique de la nappe du CT :

Anciennement les sources jaillissaient dans la zone de Kébili. Ce secteur a connu différentes périodes d'exploitation des ressources en eau souterraines. En effet, avant les années 1907, des sorties naturelles jaillissent des monticules (appelée Djezirat) ont été alimenté par la couche profonde du CT. L'augmentation démographique et l'extension de périmètres irrigués ont augmenté les besoins en eaux. Cette nouvelle situation a eu des effets sur la piézométrie de la nappe du CT. Le déficit a été comblé par des forages. Initialement la plupart des forages été artésiens. Par la suite le mode d'exploitation a vite évolué au pompage à cause des importants volumes exploités. La baisse du niveau piézométrie a entraîné la disparition de l'artésianisme.

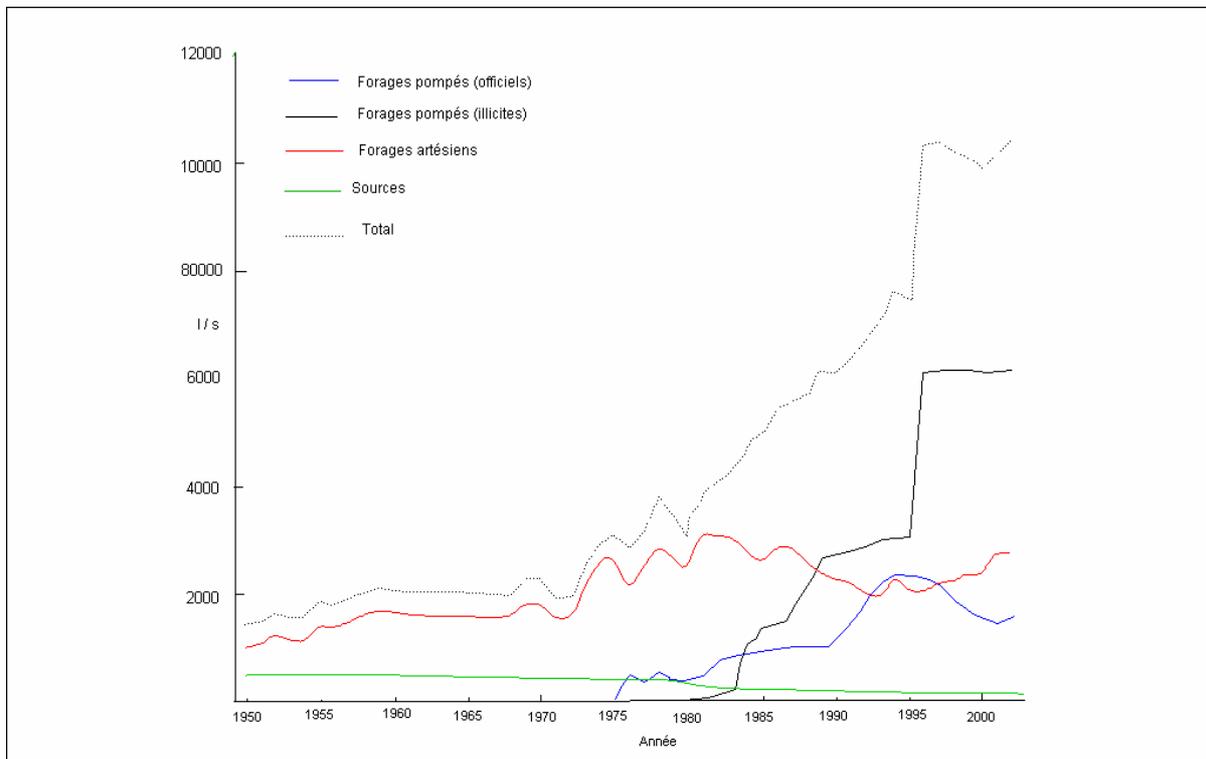


Fig.3 : Volume de prélèvement de la nappe du CT (El Fahem, 2003)

La généralisation des moyens de pompage a incité les agriculteurs à creuser des puits privés dans leurs parcelles. L'augmentation de la densité des forages dans les oasis a contribué à une baisse continue du niveau piézométrique jusqu'à la disparition de l'artésianisme dans la plupart des forages.

### 5) Augmentation de la minéralisation

La disparition de l'artésianisme, la salinité des eaux souterraines a augmenté considérablement. La variation de la salinité n'est pas identique dans toute la zone de Kébili.

On peut distinguer trois types d'évolution dans trois localités différentes :

1. la presqu'île de Kébili (A)
2. Negga –Guettaya (B)
3. Kébili (C)

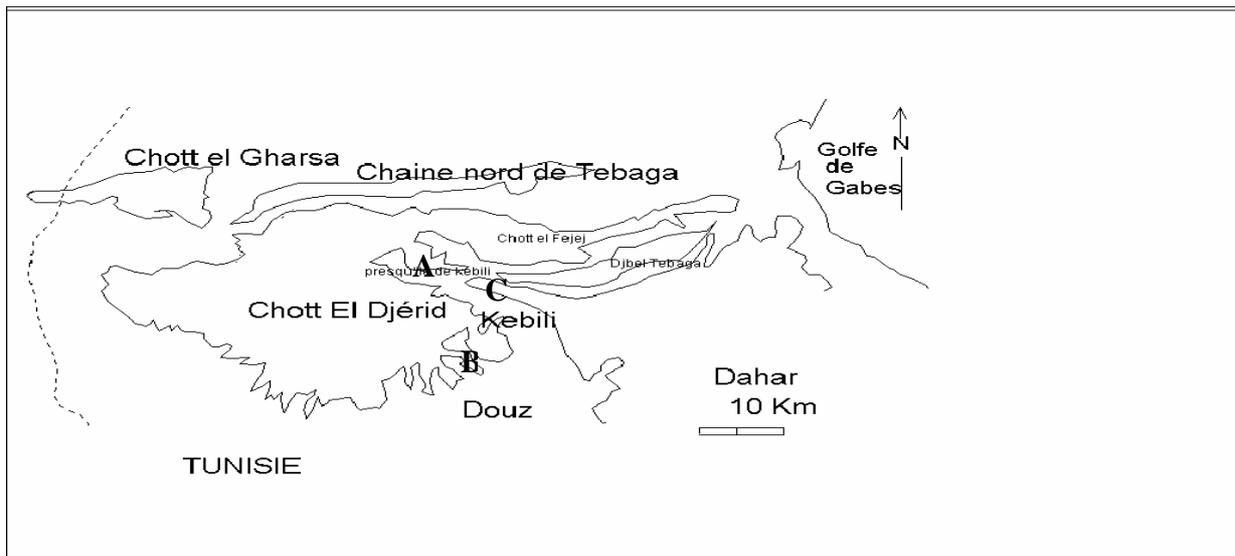


Fig.4 : Localisation des trois localités d'étude

L'augmentation de la salinité est variable spatialement. Les graphiques suivants montrent la l'évolution du résidu sec spatialement.

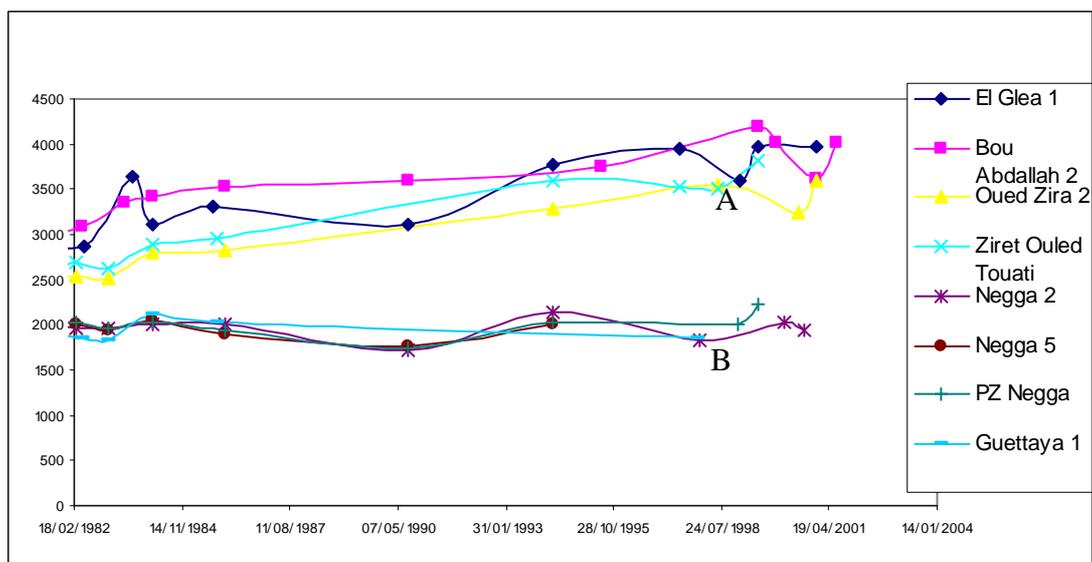


Fig.5 : Evolution de la salinité au niveau des forages des zones A et B

Les quantités du résidu sec ont augmenté considérablement au niveau de certains forages à savoir EL Glea 1, Bou Abdallah 2, Oued Zira 2, Ziret Ouled Touati. La quantité du résidu sec a évolué de 1 g/l en moyenne. Pourtant on remarque que les forages au niveau de localités Guattaya (forage Guattaya 1) et Negga (forage Negga 5) n'ont enregistré aucune évolution remarquable. Ce deuxième groupe de forage se trouve dans la zone limitrophe du Chott. Au niveau de cette zone l'artésianisme existe encore mais les forages produisent des débits très faibles (10 l/s). La profondeur du toit au niveau de cette zone dépasse les 70 m.

Pour la zone de Kébili, la variation de la salinité est différente. L'évolution croissante de la salinité est plus visible.

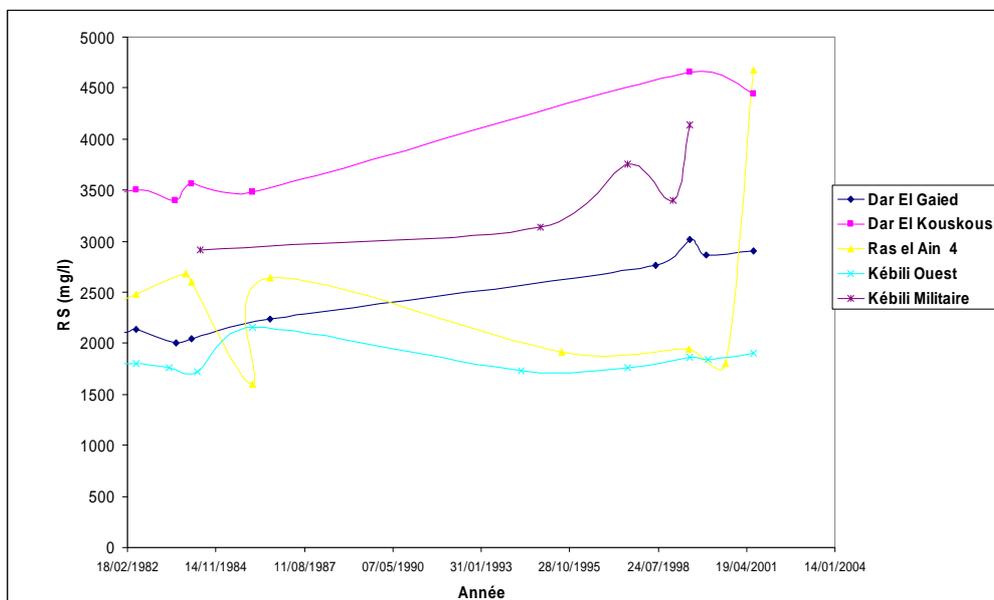


Fig.6 : Evolution de la salinité dans la zone C

Les quantités du résidu sec ont augmenté considérablement au niveau de certains forages à savoir EL Glea 1, Bou Abdallah 2, Oued Zira 2, Ziret Ouled Touati. La quantité du résidu sec a évolué de 1 g/l en moyenne. Pourtant dans la même on remarque que les forages au niveau de localités Guattaya (forage Guattaya 1) et Negga (forage Negga 5) n'ont enregistré aucune évolution remarquable. Ce deuxième groupe de forage se trouve dans la zone limitrophe du

Chott. Au niveau de cette zone l'artésianisme existe encore mais les forages produisent des débits très faibles. La profondeur du toit du CT dans cette zone dépasse les 70 m.

#### 6) Sources de contamination

L'objectif de ce travail est d'identifier les causes d'augmentation de la salinité des eaux souterraines. Deux sources potentielles de contamination des eaux du CT sont la nappe Plioquaternaire ainsi que le réseau de drainage des oasis et la deuxième source est la nappe du continental intercalaire.

La contamination du CT par les eaux de la nappe Plioquaternaire et le réseau de drainage peuvent s'effectuer par drainance descendante. Ces eaux ont une salinité moyenne de 13 g/l. Cette contamination ne produit que dans certaines zones. Cette infiltration est empêchée dans certaines zones car ils existent des couches d'argile sont très épaisses (de l'ordre de 20 à 50 m). Les zones les plus touchées par le phénomène d'augmentation de la minéralisation sont les localités où la profondeur du toit d l'aquifère est moins de 50 m.

La deuxième source possible est la nappe du Continental intercalaire. Cette nappe est caractérisée par une salinité moyenne entre 4 et 5 g/l. cette nappe elle captive dans la zone de Kébili et l'interconnexion entre le nappe du CI et celle du CT peut s'effectuer au niveau de la faille Kébili Tozeur.

7) Méthodologie :

L'étude de la correspondance de faciès chimique entre les eaux des différents niveaux aquifères est une méthode qui peut déterminer les mélanges des eaux. Pour cela j'ai sélectionné des échantillons de différents niveaux.

	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4
Drain Douz (PQ)	850,8	439,1	276,9	87	4697	2309
Drain El Hsay (PQ)	1042,3	338,1	1526,5	39	3187	2225
Drain Kelwamen (PQ)	916,2	325,6	1155,4	53	1844	2090
Drain Negga (PQ)	1389,5	675,4	1559,9	90	488	929
Drain Souk El Bayez (PQ)	3301,7	0	6605,6	245	268	2839
Drain Telmine (PQ)	1746,1	557	1305,6	54	3078	2255
Drain Zafranne (PQ)	859,5	398,2	1127,5	51	1405	2120
Mustapha Zaghdoud (PQ)	729,73	227,5	847,88	37	1489	2389
Puit de surface Kébili (PQ)	844	285,6	1599,7	27	972	1868
Puit de surface Douz (PQ)	457,2	231,9	998,6	69	1201	1552
Dar El Couscousi (CT)	426,96	189	66,5	22	1199	1508
Ksar El Tabal (CT)	481,6	214,4	485,62	18	956	1143
Oued Zira 2 (CT)	430,72	150,8	485,62	212	719	1560
Guettaya 2 bis (CT)	190,47	87,33	259,26	17	561	477
Douz 2	496,3	277,1	26,5	890	1600	1006
Oued Zira 3	712,9	243,6	689,3	18,	761	1447
Jemna CI	323,2	76,8	632	41,4	899	752
Kébili CI	1351,1	449,2	1763,2	122,6	1641	2186
Tinia CI	624	297	1442	97,2	2059	2472
Bechri CI	284,58	78,49	345,73	48,18	650	762
Bouabdallah CI	326,48	60,11	473,31	32,44	623	1084

Tab.1 : Concentration en éléments majeurs des échantillons d'eau (mg/l).

Pour comparer les faciès chimiques, j'ai utilisé le diagramme de Piper (Piper, 1940). Cette figure montre une correspondance de faciès chimiques entre les eaux superficielles (nappe Plioquaternaire et réseau de drainage) et les eaux du CT.

Cette observation confirme l'existence d'un processus de mélange entre les deux niveaux sableux (PQ) et calcaire (CT).

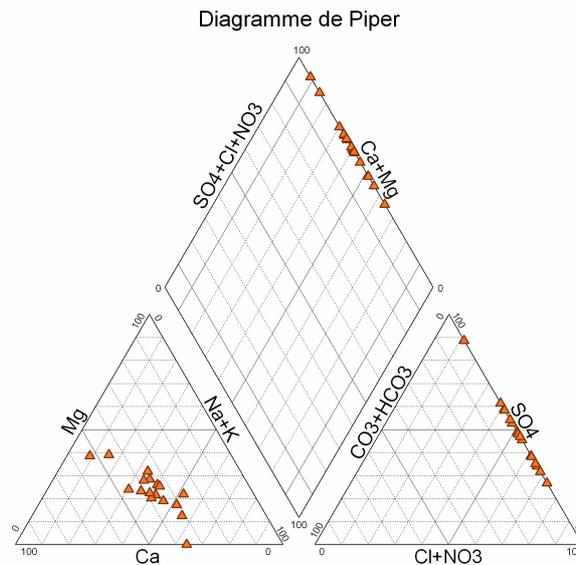


Fig.7 : Diagramme de Piper pour les échantillons d'eau

Le diagramme de Piper montre aussi une correspondance de faciès entre les trois différents horizons. Le faciès chimique des eaux est chloruré sulfaté calcique et magnésique. Cette observation indique qu'un processus de mélange a eu lieu et qu'il existe une interconnexion entre chacun des différents niveaux aquifères.

Les eaux du CI sont des eaux géothermales et la température moyenne est de l'ordre de 70 °C. Pour évaluer les possibles combinaisons entre la nappe du CI et CT j'ai effectué des diagraphies à l'aide d'une sonde multi paramètre qui mesure le pH, la conductivité et la température à une profondeur donnée. J'ai choisi d'effectuer ces diagraphies dans les zones où le CI affleure. Ces mesures sur une colonne d'eau de 100 m sur plusieurs forages n'ont montré aucune variation importante.

Actuellement, je peux affirmer que les principales sources de contamination des eaux souterraines de la nappe du CT sont la nappe Plioquaternaire et le réseau de drainage des oasis.

## Conclusion :

Les taux de prélèvement la nappe du CT augmentent quotidiennement d'une façon continue. Cette situation a déjà entraîné une baisse considérable du niveau piézométrique. La continuation du régime d'exploitation actuel peut conduire à des effets irréversibles sur la qualité des eaux du CT. Il est alors nécessaire de revoir les plans de gestion de ressources en eau souterraines. Dans cette perspective, l'installation des stations de désalement des eaux est nécessaire pour améliorer la qualité des eaux potables dans ce secteur.

## Références bibliographiques

**EL Fahem T.** (2003) Stalinisation of groundwater in the Nefzaoua Oases: South Tunisia, Institute of Hydromechanics and water resources management, Swiss Federal Institute of Zurich.

**ERESS** (1972) étude des ressources du Sahara Septentrional UNESCO 1972.

**Kilian C.** (1932) Sur les conglomérats précambrien du Sahara Central. Le Pharusien et le Suggarien. C. R. Soc. Geol. France., 87 pp.

**Mamou A.** (1976) Contribution à l'étude hydrogéologique de la presqu'île de Kébili. Thèse de doctorat université Pierre et Marie Curie.

**SASS** (2003) système aquifère du Sahara Septentrional. Observatoire du Sahara su Sahel OSS 2003.

**SWEZEY C.S.** Structural controls of Quaternary depocentres within the Chotts region of the southern Tunisia. Journal of African Earth Sciences. Vol22 N. 2 pp 335 – 347. 1996

**Zammouri M.**, 2003 Salinisation of groundwater in the Nefzaoua oases region, Tunisia: results of a regional-scale hydrogeologic approach. Journal of hydrology 2007.