

# DE LA CARACTERISATION HYDROCHIMIQUE D'UN SYSTEME AQUIFERE HETEROGENE SOUS CLIMAT SEMI-ARIDE

(EXEMPLE DE LA PLAINE DE TEBESSA) »

## HYDROCHIMIC CHARACTERIZATION OF HETEROGENEOUS AQUIFER SYSTEM UNDER SEMI-ARID CLIMATE (EXAMPLE OF THE PLAIN OF TEBESSA)

**DERIAS** Tarek Maître Assistant. Département des sciences de la terre. Faculté des sciences. Université de Batna. [tderias@yahoo.fr](mailto:tderias@yahoo.fr)

**TOUBAL** Ahmed Cherif Professeur, Directeur de Recherche, FSTGAT, USTHB, BP : 32 El Alia, Bab Ezzouar, Alger. [toubal@hotmail.com](mailto:toubal@hotmail.com)

**Résumé :** La zone étudiée fait partie du sous bassin du Mellègue (extrême Nord- Est Algérien). Cette zone est caractérisée par un climat semi-aride. Le système aquifère est formé par des alluvions plio-quadernaires reposant sur un substratum marneux d'âge Eocène. L'étude hydrochimique classique a montré l'influence de la géologie locale sur le chimisme des eaux. L'analyse statistique multidimensionnelle a mis en évidence deux profils chimiques au sein de la même nappe : le premier concerne les eaux de la nappe qui sont en contact avec les formations triasiques. Ces eaux ont un chimisme spécifique : (Na, Cl, Ca, Mg,  $So_4$ ) ; le deuxième a révélé l'alimentation de la nappe par les calcaires maestrichtiens de bordures, avec un chimisme (Ca,  $Hco_3$ ).

L'établissement des cartes isofacteurs de la première et la deuxième composante principale a montré d'une part une minéralisation due essentiellement à la dissolution des formations évaporitiques du Dj Djébissa et le lessivage des sédiments quadernaires couvrants la plaine et qui augmente dans le sens de l'écoulement et présente de fortes concentrations au centre et à l'Est de la plaine, d'autre part une pollution provenant de l'infiltration des eaux usées et l'épandage des engrais chimiques. Le secteur de Tébéssa et le centre de la plaine sont les plus contaminés.

**Mots-clefs :** Hydrochimie, ACP, Mellègue, Tébéssa.

**Abstract:** The studied area forms part of under basin of Mellègue (extreme North East Algerian). This area is characterized by a semi-arid climate. The aquifer system is formed by plio-quaternary alluvia resting on a marly substratum of Eocene age. The traditional hydrochimic study showed the influence of local geology on the chimism of water. The multidimensional statistical analysis highlighted two chemical profiles within the same tablecloth:

- The first profile relates to water of the tablecloth which is in contacts with the triassic formations. This water has a specific chimism: (Na, Cl, Ca, Mg,  $\text{SO}_4$ ).
- The second profile revealed to him the food of the tablecloth by limestones maestrichtiens of edges, with a chimism (Ca,  $\text{HCO}_3$ ).

The establishment of the map contours isofacteurs of the first and the second principal component showed:

- A Mineralization is the consequence of dissolution of the evaporate formations of Djebissa and quaternary sediments It increases in the direction of the flow and present of strong concentrations at the center and the East of the plain
- A pollution coming from the infiltration from worn water and utilization from the artificial fertilisers. The sector of Tébessa and the center of the plain are contaminated.

**Keywords:** Hydrochimie, PCA, Mellègue, Tébessa.

## INTRODUCTION

La qualité de l'eau évolue avec les saisons et d'une région géographique à l'autre, même en l'absence de pollution. La chimie fondamentale des eaux superficielles et souterraines est déterminée par le sol, les formations géologiques. A ces conditions fondamentales s'ajoutent les substances introduites à la suite d'une activité humaine.

L'eau de la pluie est légèrement acide du fait de sa teneur en  $\text{CO}_2$  dissout. Au cours de son infiltration dans le sol et le sous-sol, elle se charge en ions et acquiert des propriétés physiques et chimiques qui caractérisent l'eau de la nappe qu'elle forme. Les eaux souterraines sont plus au moins minéralisées en fonction :

- de la nature des roches traversées et des minéraux rencontrés au cours de l'infiltration.
- du temps de contact de l'eau avec les minéraux, donc de la vitesse de percolation de l'eau dans le sous-sol.
- du temps de renouvellement de l'eau de la nappe par l'eau de l'infiltration.

On voit l'importance des minéraux solubles des roches et de la perméabilité de l'aquifère dans la minéralisation de l'eau. Dans l'aquifère, il s'établit un équilibre entre la composition chimique de l'eau et celle des roches : l'eau prend une minéralisation qui demeure stable dans le temps et sert à caractériser un faciès hydrochimique. Pour mieux visualiser les faits géologiques et mieux saisir le chimisme des eaux souterraines de la nappe de Tébessa, on fait appel à l'analyse en composante principale.

## PRESENTATION DU DOMAINE D'ETUDE

La zone étudiée (Fig.1) fait partie du bassin versant de l'Oued Medjerda, sous bassin du Mellègue, située dans l'extrême Nord-Est Algérien. Le climat y est semi-aride, avec une température moyenne de 15°C et une pluviométrie annuelle n'excédant pas les 350 mm. Elle est drainée principalement par Oued Kébir et Oued Chabro.

Géologiquement la plaine s'installe dans un fossé d'effondrement à remplissage Plioquaternaire reposant sur un substratum marneux d'âge Miocène.

Le remplissage alluvionnaire est constitué par des sédiments continentaux (Plioquaternaire) présentant une meilleure porosité et perméabilité aux bordures de la plaine.

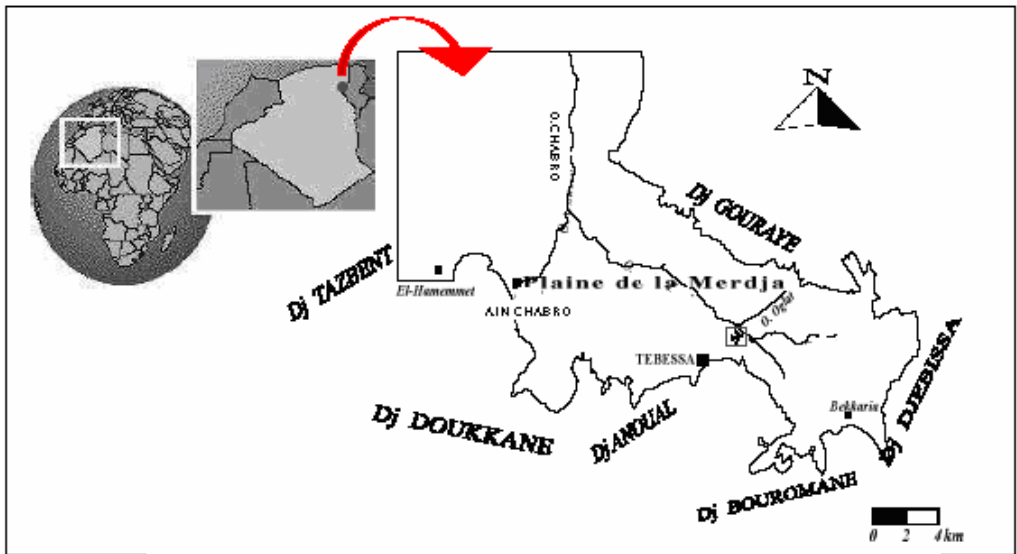


Fig. 1. Situation géographique de la zone d'étude

Le contact des formations de bordures et celle du remplissage alluvionnaire (fig.2), se fait par failles qui sont masquées par les colluvions et éboulis de pente récentes. Ainsi les calcaires Albo-Aptien de Dj Bouremene, turonien moyen de Dj Doukkane et le Mæstrichtien de Dj Mestiri, constituent une limite d'alimentation importante.

## APPLICATION DE L'ANALYSE EN COMPOSANTE PRINCIPALE

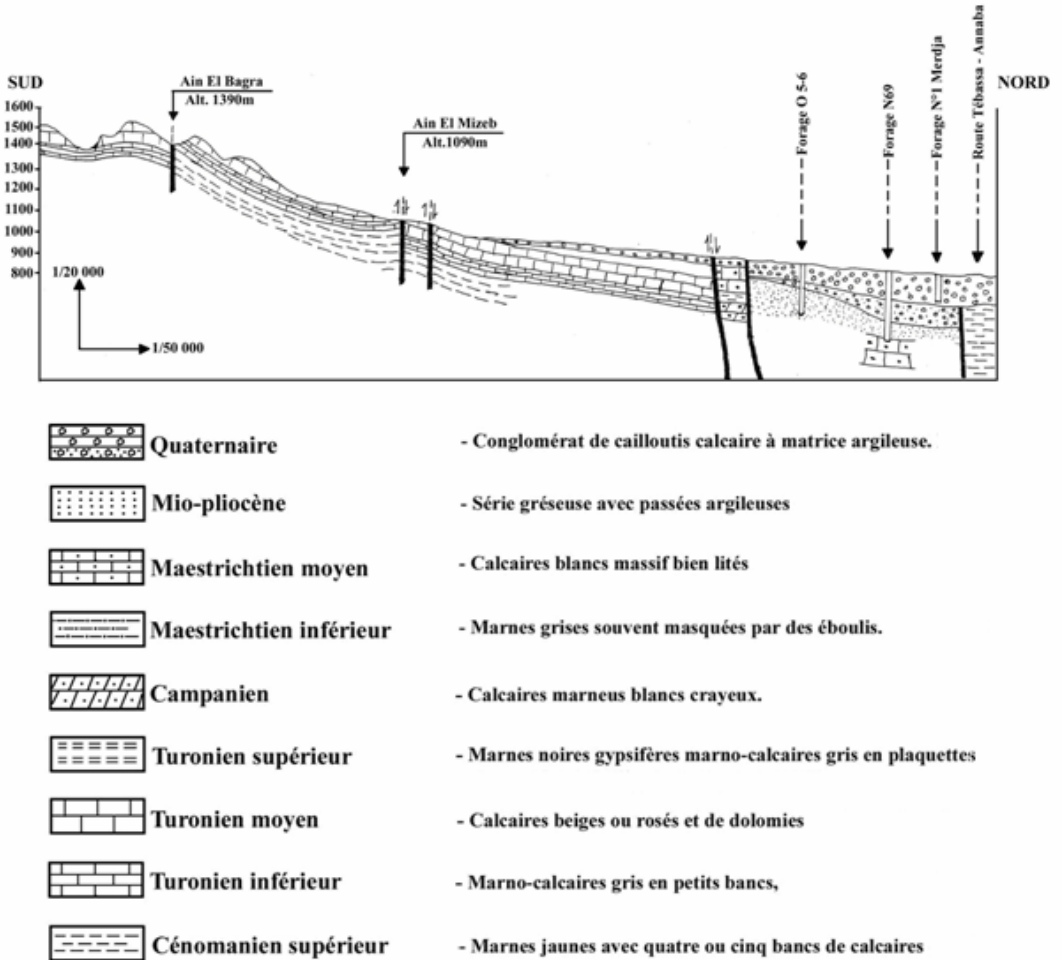
Les résultats de l'analyse chimique des eaux de l'aquifère libre plioquaternaire (Gouaidia, 2000), ont permis un traitement des données par l'analyse en composante principale qui a révélé l'origine de certains éléments chimiques et le regroupement des échantillons en fonction de leur faciès chimiques liée à la nature lithologique de l'aquifère.

### Compagne mars 1998

Notre tableau de données est défini par  $n = 27$  individus (échantillons) dont on connaît les variables 9 variables qui sont : le chlore ( $Cl$ ), les bicarbonates ( $HCO_3$ ), les sulfates

(SO<sub>4</sub>), le calcium (Ca), le sodium (Na), le potassium (K), le magnésium (Mg), les nitrates (NO<sub>3</sub>), et la conductivité électrique (Cond) .

*Etude des variables.* : L'analyse du tableau des valeurs propres nous a permis de choisir uniquement les axes factoriels (1 et 2) (Foucart, 1985), du fait qu'ils représentent 64.76 % de la variance totale (Fig. 3).



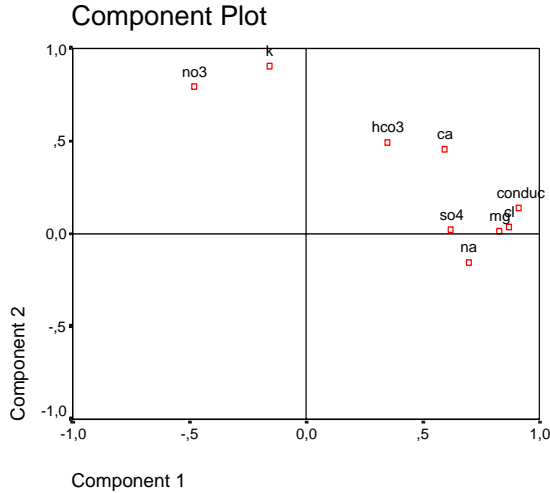
**Fig. 2** Coupe géologique schématique montrant le contact entre les formations de bordures et le remplissage alluvionnaire d'après J. RICARD. 1973.

Le premier axe factoriel représente 43,09 % de l'inertie totale. Il est défini essentiellement par les éléments Cl, Na, Mg, SO<sub>4</sub> et Ca (ces éléments sont cités par ordre de contribution décroissante à la première composante). IL crée ainsi une séparation entre les Nitrates (NO<sub>3</sub>) d'origine superficielle provenant de la dissolution des engrais chimiques et l'infiltration des eaux (usées, industrielles) et les bicarbonates (HCO<sub>3</sub>)

d'origine plus au moins profonde issues de la dissolution des formations carbonatées par infiltration latérale.

Le deuxième axe factoriel, représente 21,66 % de l'inertie totale et il est bien défini par les nitrates (NO<sub>3</sub>) et le potassium (K).

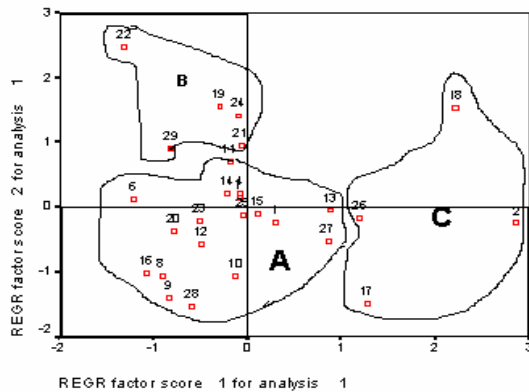
De ce fait, le premier axe représente la minéralisation, et le deuxième définit la pollution de la nappe.



**Fig. 3.** Projection des variables sur le plan factoriel (1-2) (Mars 98)

Etude des individus : **(fig. 4)** : La projection des individus sur le plan factoriel (1 - 2) a mis en évidence trois groupes d'individus :

- le groupe A : il regroupe une vingtaine de puits, les eaux possèdent un chimisme spécifique Ca, Cl, HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Mg
- Le groupe B : regroupe les puits (P22, P19, P21, P24, P29), caractérisés de forte teneurs de nitrates et de potassium.
- Le regroupe C : regroupe les puits (18, p17, p2, p26), présentant des teneurs ou des concentrations très élevées de Na, Cl, Ca.



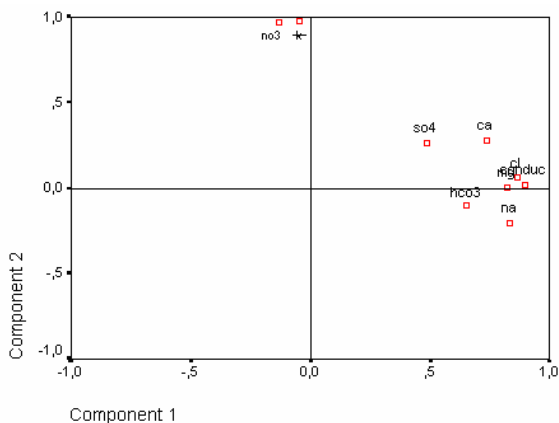
**Fig. 4.** Projection des individus sur le plan factoriel (1-2) **Compagne juin 1998**

Etude des variables. : L'analyse du tableau des valeurs propres, montre que les axes factoriels (1 et 2) présentent 69 % de la variance totale (fig.5) .

La projection des variables sur le plan (1-2) a permis de constater que les variables (Cl, Mg, Na, Ca, Cond) contribuent positivement à la construction du premier axe factoriel, alors que les (NO<sub>3</sub> et K) contribuent positivement à la construction du deuxième axe factoriel.

Le premier axe crée ainsi une séparation entre les nitrates (NO<sub>3</sub>) d'origine superficielle et les bicarbonates HCO<sub>3</sub> d'origine plus au moins profonde.

Le deuxième axe est bien défini par les Nitrates (NO<sub>3</sub>) et le Potassium (K), et oppose ainsi les Bicarbonates aux Sulfates. Ce facteur traduit donc une opposition entre les eaux issues des formations carbonatées et les eaux issues des formations évaporitiques.



**Fig. 5** Projection des variables sur le plan (1-2) (Juin 1998)

Etude des individus : La projection des individus sur le plan (1-2) nous a conduit à distinguer trois groupes (fig.6).

Le premier groupe (P2, P17, P18, P13), bien représenté sur le premier axe est doté d'une forte minéralisation. Le faciès chimique de ces points d'eau est Chloruré-calcique et chloruré-sodique.

Le deuxième groupe : (P10, P25, P27), se distingue par de fortes teneurs des nitrates NO<sub>3</sub> et de potassium K.

Le troisième groupe : concerne une vingtaine de points. Les eaux possèdent ici un chimisme spécifique chloruré et sulfaté-calcique, bicarbonaté et sulfaté-magnésien.

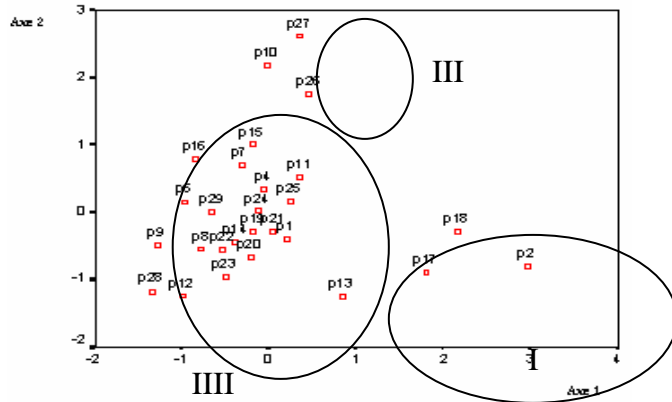
**Interprétation des cartes isofacteur** : Pour mieux visualiser les résultats de l'ACP dans l'espace, on a établi des cartes d'iso facteur. Ces cartes sont tracées à partir des valeurs des individus sur chaque axe factoriel.

## PRESENTATION DE LA BANQUE DES DONNEES

### Seuils de mesure

Afin de permettre le suivi des mesures de débit et des concentrations, six seuils de mesure ont été projetés dans les micros bassins de Beni Slimane.

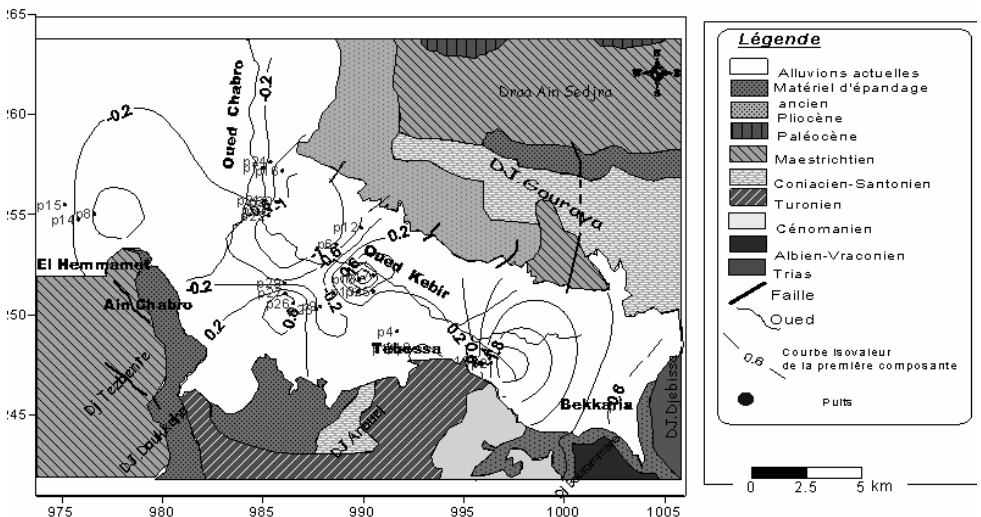
Les caractéristiques des seuils de mesure et le nombre d'observations par micro bassin sont présentés au tableau 1.



**Fig. 6** Projection des individus sur le plan (1-2) (Juin 1998)

Cartes isofacteurs relative à la première composante principale

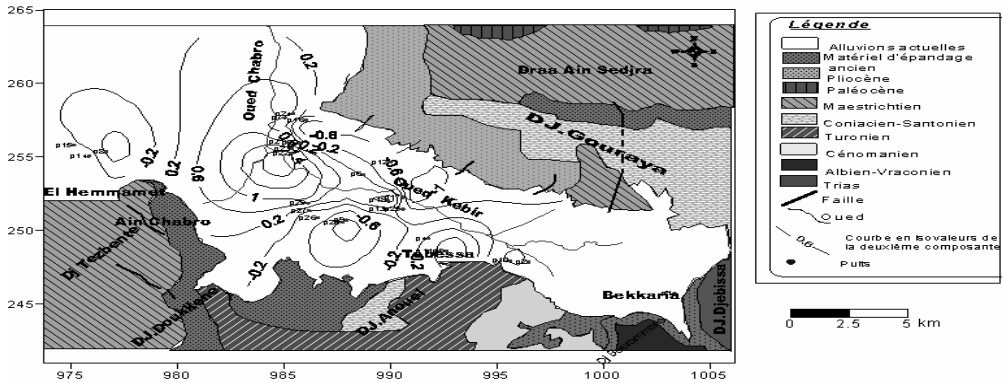
Les deux cartes présentent presque la même allure, indiquant une dissolution prononcée des formations évaporitiques de Dj Djébissa à l'Est de la plaine combinée par endroits à un lessivage des alluvions quaternaires (fig.7). La minéralisation présente de fortes valeurs au centre et à l'Est de la plaine.



**Fig. 7** Carte isofacteurs de la première composante principale.

## Cartes isofacteurs relative a la deuxième composante principale

Les deux cartes (fig.8) montre une pollution des eaux souterraines par les eaux usées ainsi que par infiltration et épandage des engrais chimiques. A cet égard, le secteur de Tébessa et le centre de plaine demeurent les plus contaminés.



**Fig. 8.** Carte isofacteurs de la deuxième composante principale.

## CONCLUSION

L'analyse en composante principale appliquée a aidé à identifier à partir des représentations graphiques les éléments chimiques contribuant à la formation des composantes principales. A cet égard, on peut dire que les éléments chimiques (Cl, Na, Mg) et à un degré moins (Ca, SO<sub>4</sub>), définissent la première composante principale, dite composante de la minéralisation. Alors que les éléments chimiques (NO<sub>3</sub>,K) contribuent à la formation de la deuxième composante principale dénommée composante de la pollution. Elle nous a également permis d'identifier les faciès chimiques suivants :

- Chloruré – calcique et sodique comme faciès dominant
- Bicarbonaté – calcique et magnésien
- Sulfaté – calcique et magnésien

L'établissement des cartes isofacteurs des deux composantes principales nous révèle deux résultats importants :

- la minéralisation, due à la dissolution des formations évaporitiques de Dj Djébissa et le lessivage des sédiments quaternaires, présente de fortes concentrations au centre et à l'Est de la plaine.
- la pollution des eaux souterraines par l'infiltration des eaux usées et l'épandage des engrais chimiques. Le secteur de Tébessa et le centre de la plaine demeurent les plus contaminés. L'analyse statistique multidimensionnelle (ACP), apparaît ainsi comme un puissant outil de traitement et de synthèse de l'information hydrochimique.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- Foucart T. 1985, Analyse factorielle programmation sur micro-ordinateurs, édition. Masson, Paris.
- Gouaidia L. 2000, Approche hydrochimique d'une nappe en zone semi-aride. Cas de la nappe alluviale de Tébessa, mémoire de magister, université de Annaba, 91 pages
- Saporta G. 1990, Probabilités analyse des données et statistiques, édition Technip, paris.