

# Approche cartographique de l'étude de la pollution des eaux de la nappe alluviale de la Mitidja orientale (Algérie)

■ M.W. BENLECHEHEB<sup>1</sup>, S. BOUZID-LAGHA<sup>1</sup>

Mots-clés : eaux souterraines, pollution, nitrates, intrusion marine, cartographie, vulnérabilité, risques  
Keywords: groundwater, pollution, nitrates, seawater intrusion, mapping, vulnerability, risks

## Introduction

En Algérie, comme dans la plupart des pays, l'eau est une ressource rare et menacée, il est nécessaire de la préserver. À la suite de la croissance démographique, du développement agricole et industriel notamment au nord du pays, l'impact des pollutions ne cesse d'augmenter, ce qui met en danger le présent et l'avenir de cette ressource, si indispensable à la vie.

La nappe alluviale de la Mitidja orientale ne fait pas exception, elle est de plus en plus vulnérable, vu les quantités de rejets déversés, généralement sans épuration appropriée, dans le milieu récepteur. En effet, de fortes pollutions, notamment par les nitrates, et l'intrusion marine sont signalées.

De nos jours, des techniques de cartographie moderne et automatisée avec l'intégration d'une base de données complète sont largement utilisées et donnent de bons résultats.

Le système d'information géographique tient compte de la dimension des variables ; ainsi nous pouvons évaluer l'impact de ces pollutions, en donnant de la sorte une meilleure approche de l'information numérique et ce, grâce à un traitement de données géoréférencées.

Ces méthodes associées à d'autres, en l'occurrence les diagrammes de Schoeller-Berkaloff, de Piper et

l'analyse en composantes principales (ACP), ont permis de réaliser le présent travail, qui a concerné l'étude qualitative des eaux souterraines de la Mitidja orientale. Des phénomènes de risques et de vulnérabilité ont été également mis en évidence.

## 1. Présentation du site

### 1.1. Cadre géographique

La zone d'étude est la partie orientale de la plaine de la Mitidja qui s'étire sur un axe orienté ENE-WSW. Située au nord du pays, entre les longitudes 3°09'00 à 3°19'00 et les latitudes 36°30'17 à 36°47'40, elle s'étend entre deux wilayas, Alger et Boumerdès, sur une longueur moyenne de 40 km et une largeur variant de 10 à 18 km.

Elle est limitée au nord par la mer Méditerranée, au sud par les communes de Larbaâ, Meftah, Hammadi et Ouled Moussa, à l'ouest par l'oued El Harrach et à l'est par l'oued Boudouaou (*figure 1*). Cette zone comprenant les deux sous-bassins versants de l'oued El Harrach et de l'oued El Hamiz est traversée du nord au sud par les oueds El Hamiz et Reghaïa. L'oued El Harrach (rive gauche) constitue sa frontière ouest.

Le climat est de type méditerranéen, caractérisé par un été sec et chaud et un hiver humide et froid, avec une température moyenne annuelle estimée à 18 °C ; la valeur moyenne annuelle des précipitations pour une période allant de 1978 à 2004 est de l'ordre de 601 mm.

<sup>1</sup> Laboratoire d'environnement, d'eau, de géomécanique et d'ouvrages (Leego) - Faculté de génie civil (FGC) - Université des sciences et de la technologie Houari Boumédiène (USTHB) - BP 32 - El-Alia, Bab-Ezzouar 16111 - Alger, Algérie.  
Courriels : bouzidsouad@yahoo.fr, hydro\_sid@yahoo.fr



Figure 1. Carte de situation de la plaine de la Mitidja orientale

La zone d'étude est connue pour ses terres fertiles, on y trouve beaucoup d'espèces cultivées et même certains types d'élevage. Un grand périmètre irrigué la caractérise, il s'agit du Hamiz, qui a été créé en 1937, d'une superficie irrigable de 10 500 ha.

### 1.2. Cadre hydrogéologique

Dans la Mitidja, on distingue deux aquifères, le premier d'âge astien et le second d'âge quaternaire, séparés par la formation des marnes jaunes d'El Harrach, sauf à l'extrême est, au niveau de la poche de Rouiba où ils sont en contact direct.

- L'aquifère des formations grésocalcaires d'âge astien

Il s'étend sous la majeure partie de l'aquifère alluvial et affleure au niveau du Sahel et de l'Atlas blidéen. Les marnes bleues du plaisancien constituent son substratum et les marnes jaunes semi-perméables d'El Harrach, son toit. L'épaisseur moyenne de cette formation est de 100 à 150 m. L'astien est à dominance gréseuse, il est généralement captif sous la plaine et devient libre dans les zones d'affleurement. La zone de contact direct entre l'astien et les alluvions

du quaternaire se situe à l'est du Hamiz (poche de Rouiba) où les marnes jaunes disparaissent complètement. Cette nappe n'est sollicitée, au centre de la Mitidja, que par quelques forages. Cependant, elle ne sera pas concernée par cette étude.

- L'aquifère des alluvions du quaternaire

Les formations de cet aquifère sont composées principalement de graviers et de galets alternant avec des limons et des argiles, couvrant toute l'étendue de la plaine. Les alluvions sont d'âge quaternaire (soltanotensien inférieur) et reposent sur les marnes jaunes d'El Harrach. L'épaisseur moyenne de l'aquifère est d'environ 100 à 150 m sur une grande partie de la plaine. Elle diminue vers le sud, en direction de l'Atlas blidéen, et atteint 40 m vers le nord, au niveau de la baie d'Alger. Cet aquifère est libre sur toute son étendue sauf dans le bas Mazafran où il devient captif sous les limons d'âge rharbien. Sa transmissivité moyenne est de l'ordre de  $1,5 \text{ à } 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$  et son coefficient d'emmagasinement varie de  $1,7 \text{ à } 10 \cdot 10^{-3}$ , [BINNIE *et al.*, 1983].

L'aquifère alluvial est très sollicité pour l'alimentation en eau potable de la ville d'Alger, de Boumerdès, de Blida et de Tipaza à partir de plusieurs grands champs de captage. Il contribue, en outre, à l'irrigation des terres agricoles et assure les besoins en eau de la majorité des unités industrielles (figure 2).

### 1.3. Source de pollution

Dans la zone d'étude, on distingue quatre sources de pollution.

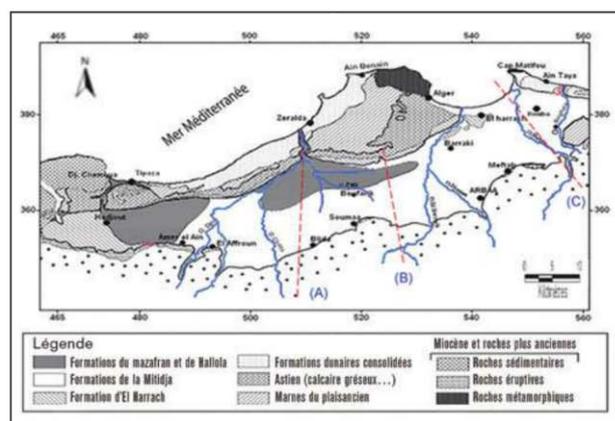


Figure 2. Carte géologique de la plaine de la Mitidja [BINNIE *et al.*, 1983]

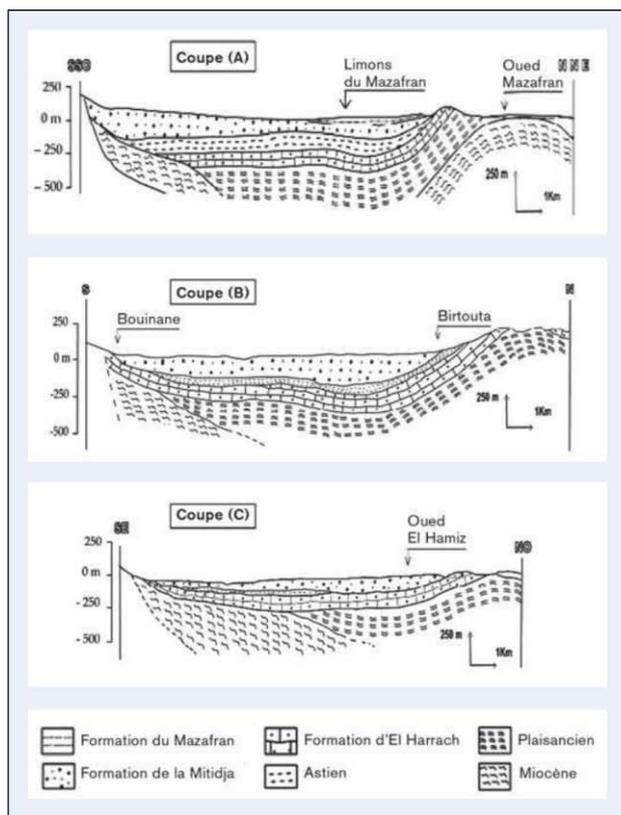


Figure 3. Carte géoélectrique de la Mitidja, d'après Binnie et coll. [1983]

• **Pollution urbaine**

Cette pollution dite domestique provient des rejets des eaux usées des habitations, généralement véhiculés par un réseau d'assainissement qui collecte les pollutions de chaque foyer ou centre d'activité vers une station d'épuration des eaux usées ou vers un point de rejet. Elle est caractérisée par :

- des sels minéraux, dont l'azote et le phosphore ;
- des détergents ;
- de fortes teneurs en matières organiques ;
- des germes fécaux.

• **Pollution agricole**

L'activité de l'agriculture et de l'élevage, par l'utilisation d'engrais, pesticides et autres produits phytosanitaires, donne des rejets composés par :

- de fortes teneurs en sels minéraux (azote, phosphore, potassium), provenant des engrais et des effluents d'élevage ;
- la présence de produits chimiques de traitement des cultures (produits phytosanitaires) ;

- des substances oxydables issues de sous-produits d'élevage, des élevages et de lavages d'aires (matières organiques, ammoniacale, etc.).

• **Pollution industrielle**

L'industrie est la troisième composante de la pollution des eaux dans la Mitidja orientale. Ses rejets renferment des polluants de grandes diversités et ce, suivant l'utilisation de l'eau (lavage, extraction, refroidissement, pétrochimie, etc.).

• **Pollution d'origine marine**

Les différentes études hydrodynamiques, hydrochimiques et géophysiques mettent en évidence le phénomène d'intrusion marine dans la zone de la Mitidja orientale, le long de la côte de la baie d'Alger. Ce phénomène, mis en évidence dans les années 1970, est le résultat d'une exploitation intensive des eaux souterraines de la région [DJOUDAR, 2003].

## 2. Données et méthodes

### 2.1. Données

Le suivi de la qualité des eaux souterraines de la Mitidja orientale s'est fait d'une manière rigoureuse. En effet, nous avons sélectionné tous les champs de captages (103 puits et forages) gérés par la Société des eaux et de l'assainissement d'Alger (SEAAL) pour la période 2004-2008, et 43 forages et puits gérés par l'Agence nationale des ressources hydriques (ANRH) pour la période 1999-2008 (figure 4).

Pour faire notre étude nous nous sommes basés sur deux critères : le choix de l'année et celui des forages à étudier. Nous avons choisi l'année 2008 étant donné que c'est la plus récente. Le choix des forages ou puits s'est basé sur :

- la présence effective du forage (en cours d'exploitation) ;
- l'existence de toutes les données nécessaires et s'étalant de 1999 à 2008 ;
- et la répartition spatiale des forages ou puits couvrant la zone étudiée.

En fonction de ces critères, nous avons arrêté 32 forages pour la campagne de 2008.

Les paramètres chimiques retenus pour cette étude sont :

- les cations (Ca, Mg, Na, K) et les anions (Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>). Ces paramètres ont été mesurés par la méthode de titration par complexométrie ;

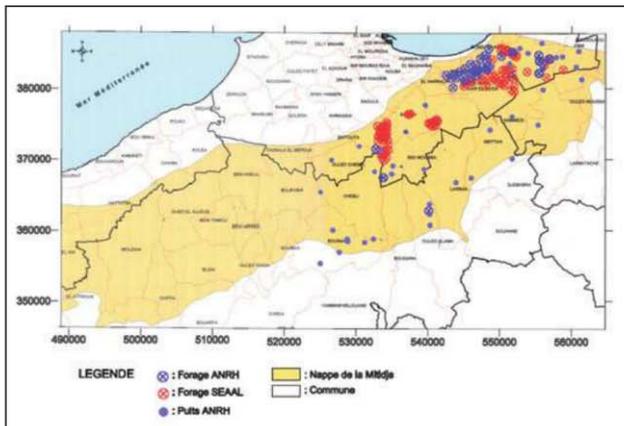


Figure 4. Points de prélèvements des forages et puits (ANRH, SEAAL)

– quant aux nitrates ( $\text{NO}_3$ ), ils ont été mesurés par la méthode d'autoanalyse à flux en continu.

Les différentes analyses ont été effectuées dans les laboratoires de l'ANRH et de la SEAAL.

## 2.2. Méthodes

Notre étude a porté sur l'étude de la qualité et la pollution des eaux souterraines de la nappe alluviale de la Mitidja orientale. Pour ce faire nous avons opéré avec l'approche méthodologique suivante.

### • L'étude graphique

La représentation graphique comporte :

– le diagramme losangique de Piper. Cette méthode consiste à représenter le faciès chimique d'un ensemble d'échantillons d'eaux. Il est composé de deux triangles permettant de figurer le faciès cationique et le faciès anionique et d'un losange synthétisant le faciès global ;

– les diagrammes verticaux de Schoeller-Berkaloff. Ils permettent de définir le faciès chimique, de représenter le pH d'équilibre et le  $\text{CO}_2$  libre (en mg/L) à l'aide d'une lecture à partir d'une échelle semi-logarithmique avec des valeurs minimales et maximales.

### • L'étude statistique par analyse en composantes principales (ACP)

Du point de vue mathématique, différents types d'analyses factorielles sont possibles. L'analyse en composantes principales (ACP) en est une. L'ACP est une approche statistique multidimensionnelle qui permet une étude globale des données mises en jeu.

Elle permet également de résumer, de représenter, de classer, de visualiser et de définir les relations qui pourraient exister entre les variables.

Dans cette étude, l'objectif de l'ACP est de représenter graphiquement les relations entre les variables étudiées et de voir en même temps les individus qui sont en relation avec ces variables.

L'utilisation du module XL Stat qui s'adapte parfaitement avec Microsoft Excel a permis la réalisation de l'ACP.

### • L'approche cartographique

De nos jours, une cartographie moderne est apparue grâce aux développements scientifiques et technologiques.

Cette cartographie est de plus en plus automatisée avec l'intégration d'une base de données complète. Ainsi nous pouvons représenter l'évolution spatio-temporelle et donner une meilleure approche de l'information numérique et ce, grâce à un traitement de données géoréférencées.

Dans cette étude, l'approche cartographique thématique de la pollution a permis la confection de la carte de vulnérabilité et de risques de pollution des eaux souterraines, et ce à l'aide de l'utilisation des logiciels Map Info et Surfer.

## 3. Résultats et interprétations

### 3.1. Étude graphique

#### 3.1.1. Classification des eaux sur le diagramme losangique de Piper

L'introduction des résultats de l'analyse chimique des 32 échantillons (campagne 2008) des eaux souterraines montre une tendance vers le pôle chloruré et bicarbonaté pour les anions, tandis que les cations donnent une attraction vers le pôle calcique et sodique (figure 5).

Les points projetés sur le losange donnent deux classes d'eau :

- eaux chlorurées et sulfatées calciques et magnésiennes (44,62 %) ;
- eaux bicarbonatées calciques et magnésiennes (55,38 %).

Il est à souligner que les points ne présentant pas de dominance ont été exclus du calcul des pourcentages.

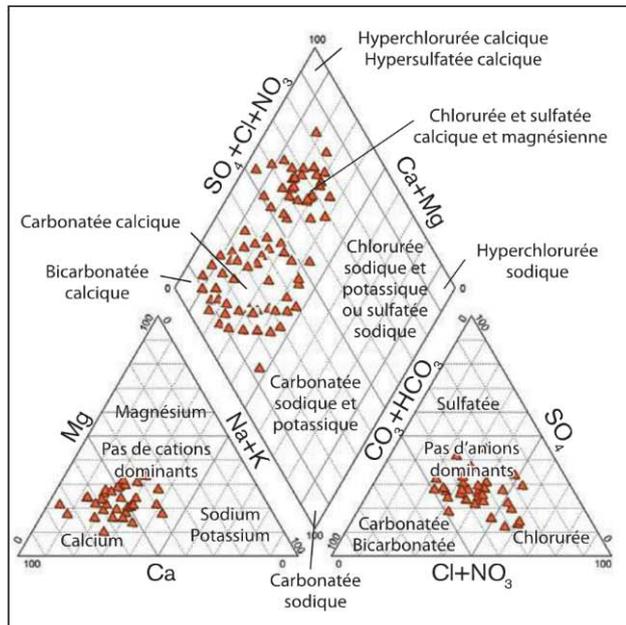


Figure 5. Diagramme de Piper

### 3.1.2. Classification des eaux sur les diagrammes verticaux de Schoeller-Berkaloff

La représentation graphique des résultats d'analyses des 32 échantillons (campagne 2008) sur le diagramme de Schoeller-Berkaloff nous a permis de retenir trois faciès (figures 6 à 9) :

- eaux bicarbonatées calciques (59,38 %) ;
- eaux chlorurées calciques (37,5 %) ;
- eaux sulfatées calciques (3,12 %).

Les représentations graphiques de Piper et Schoeller-Berkaloff concordent avec les mêmes résultats, à savoir des faciès bicarbonaté calcique, chloruré calcique et sulfaté calcique.

### 3.2. Étude statistique par ACP

L'analyse en composantes principales a été établie sur 19 échantillons, les plus représentatifs, d'eaux souterraines prélevés dans la zone d'étude lors de la campagne 2008 des forages et puits gérés par l'ANRH et concerne les huit variables suivantes (macro-éléments retenus pour l'étude) : le calcium, le magnésium, le sodium, le potassium, les chlorures, les sulfates, les bicarbonates et les nitrates.

#### 3.2.1. Analyse de la matrice de Pearson

Cette matrice corrèle linéairement et teste les coefficients de corrélation par permutations de données,

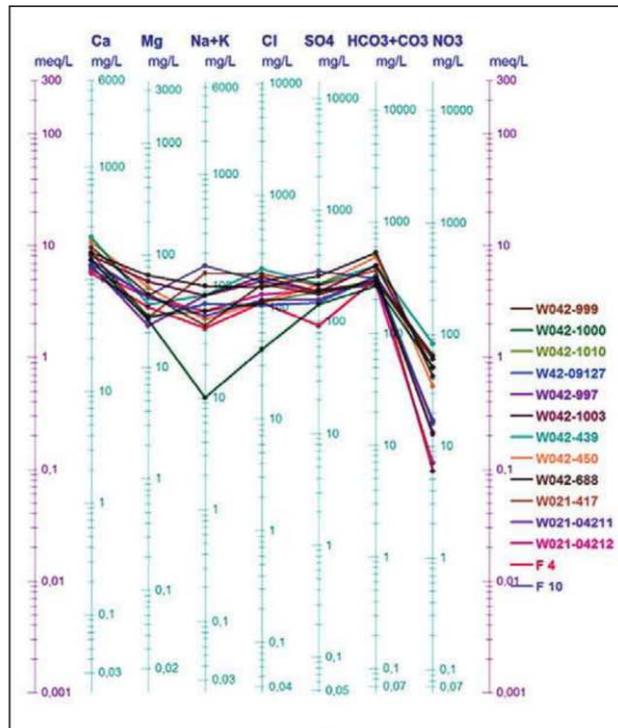


Figure 6. Mitidja orientale. Faciès bicarbonaté calcique (diagramme de Schoeller-Berkaloff)

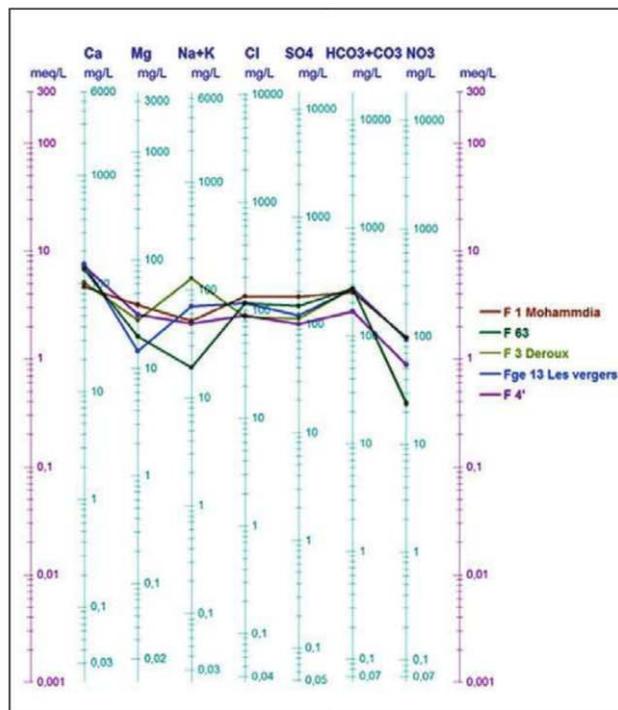


Figure 7. Mitidja orientale. Faciès bicarbonaté calcique, suite (diagramme de Schoeller-Berkaloff)

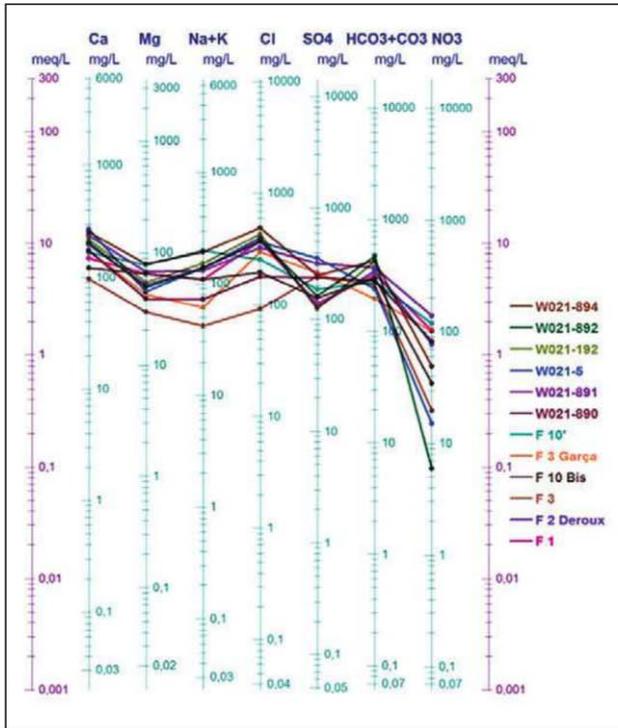


Figure 8. Mitidja orientale. Faciès chloruré calcique (diagramme de Schoeller-Berkaloff)

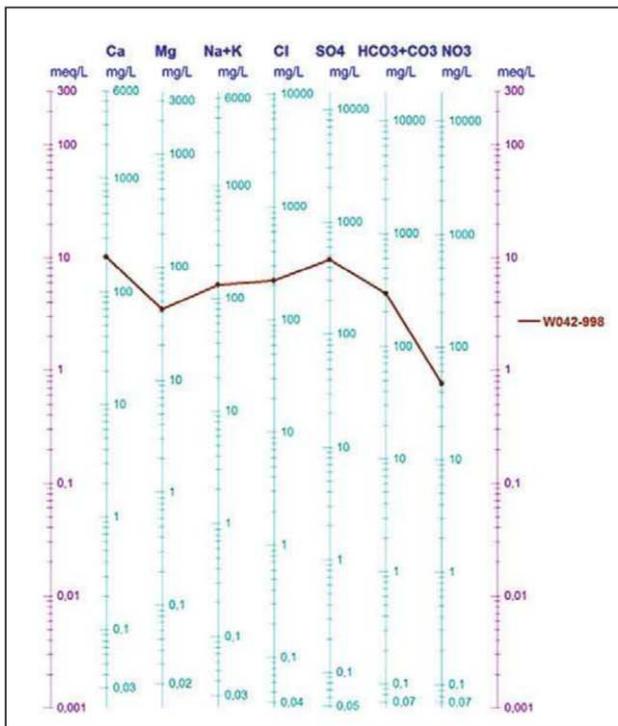


Figure 9. Mitidja orientale. Faciès sulfaté calcique (diagramme de Schoeller-Berkaloff)

ce qui permet d'apercevoir les éléments corrélables. Les résultats de cette analyse sont reportés dans le tableau I.

L'examen de la matrice nous permet de déceler les corrélations suivantes : (Ca,Mg), (Ca,Na), (Ca,Cl), (Mg,Na), (Mg,Cl), (Mg,HCO<sub>3</sub>), (Na,K), (Na,Cl) et (K,Cl).

Les éléments corrélés présentent la même origine.

On remarque aussi que les nitrates ne présentent aucune corrélation avec les autres éléments. Ils sont la conséquence de la contamination anthropique des eaux souterraines, due principalement aux activités agricoles.

### 3.2.2. Analyse des valeurs propres

Cette analyse montre l'inertie des individus sur l'axe lié à cette valeur propre. Les deux premiers axes illustrent plus de 50 % de l'information, ce qui donne une représentation acceptable des individus et des variables dans le premier plan factoriel (figure 10).

### 3.2.3. Interprétation du graphique des variables

Tout d'abord, il faut savoir que la qualité de la représentation des variables est liée à leurs positionnements par rapport au cercle, ainsi plus une variable est positionnée près du cercle (exemple : NO<sub>3</sub>, Na, Cl), plus sa valeur de représentation est bonne (figure 10).

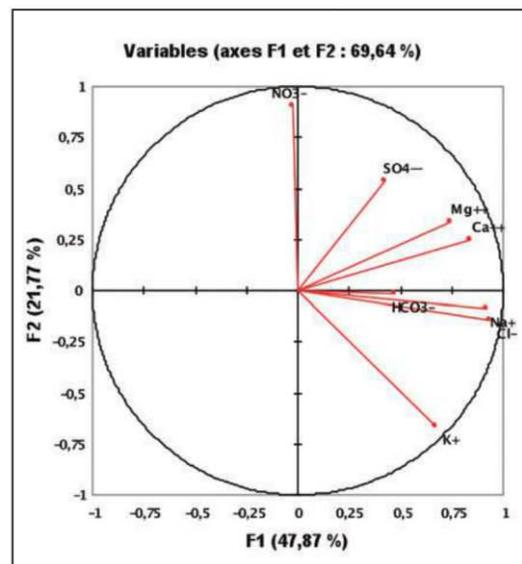


Figure 10. Graphique des variables

	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>
Ca	1							
Mg	0,574	1						
Na	0,635	0,583	1					
K	0,481	0,173	0,640	1				
Cl	0,749	0,621	0,901	0,732	1			
SO <sub>4</sub>	0,495	0,265	0,457	-0,019	0,260	1		
HCO <sub>3</sub>	0,303	0,605	0,330	0,176	0,286	-0,134	1	
NO <sub>3</sub>	0,231	0,256	-0,114	-0,543	-0,077	0,276	-0,038	1

Tableau I. Matrice de corrélation de Pearson (seuil significatif de 0,05)

L'examen de la figure 10 montre que les deux facteurs (F1 et F2) présentent plus de 69,64 % de l'inertie totale :

- sur le premier axe (F1), les éléments sont corrélés positivement au premier facteur avec près de 47,87 % de l'inertie totale ;
- le deuxième axe (F2) contient 21,77 % de l'information initiale. Il met en opposition le (NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Mg et Ca) aux autres variables (HCO<sub>3</sub>, Na, Cl et K). L'isolement du NO<sub>3</sub> dans son propre groupe montre la présence d'une pollution et confirme les résultats de la méthode graphique.

### 3.2.4. Interprétation du graphique des individus

L'analyse du graphique des individus nous permet de mettre en évidence les différents groupes suivants (figure 11) :

- premier groupe : il montre un faciès, sulfaté calcique, bien déterminé et représenté par le forage W042-998, qui se situe à l'est de Baraki ;

- deuxième groupe : il est caractérisé par le puits W021-894 situé à l'ouest de la ville de Ain Taya, et définit bien le faciès chloruré calcique ;

- troisième groupe : rassemble les autres points d'eau présentant des individus de valeurs moyennes peu représentatives. Ce groupe caractérise particulièrement le faciès chimique le plus répandu à savoir bicarbonaté calcique.

Ainsi, les conclusions de la méthode graphique sont largement confirmées par les résultats de l'ACP.

### 3.3. Cartographie de la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines

L'objectif de cette partie est de donner une approche de la répartition et de l'évolution spatiales de la pollution des eaux étudiées, et de déterminer les zones où la nappe est la plus vulnérable.

#### • Description de la carte de vulnérabilité

Cette carte a été établie à l'aide de la méthode Drastic. Créée par Aller en 1987, cette méthode attribue une notion aux sept différents paramètres utilisés, à savoir :

D : *depth* ; correspond à la profondeur de la nappe.

R : *net recharge* ; la recharge nette.

A : *aquifer media* ; nature de l'aquifère.

S : *soil media* ; nature du sol.

T : *topography* ; la topographie.

I : *impact of vadose media* ; impact de la zone vadose.

C : *hydraulic conductivity for the aquifer* ; la conductivité hydraulique de l'aquifère.

Une fois les différentes classes définies et leurs notes attribuées, la méthode détermine l'indice Drastic (Id), qui permet de caractériser le degré de vulnérabilité

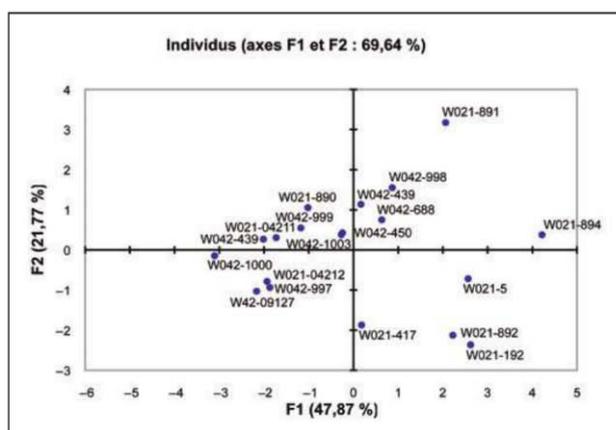


Figure 11. Graphique des individus

d'un secteur de la nappe. Il est à souligner que la vulnérabilité est d'autant plus importante que l'indice Id calculé est plus élevé. Cet indice est défini comme suit :

$$Id = Dc \cdot Dp + Rc \cdot Rp + Ac \cdot Ap + Sc \cdot Sp + Tc \cdot Tp + Ic \cdot Ip + Cc \cdot Cp$$

c et p : donnent respectivement les cotes et poids attribués à chaque paramètre. Ces cotes, variant de 1 à 10, sont définies en fonction des intervalles de valeurs. La plus petite représente les conditions les plus faibles de la vulnérabilité à la contamination.

D'après ALLER et coll. [1987], il y a cinq (5) classes de vulnérabilité, la plus faible correspond à une borne inférieure à  $Id = 23$ , jusqu'à la plus forte avec une borne maximale de  $Id = 226$  (figure 12).

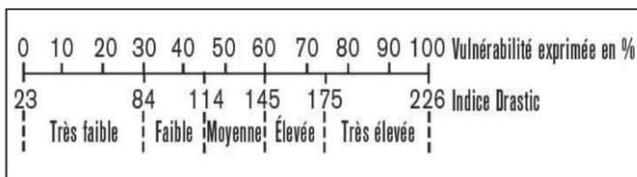


Figure 12. Diagramme des classes de vulnérabilité [ALLER et al., 1987]

#### • Établissement de la carte de vulnérabilité

Les différentes unités hydrogéologiques illustrées dans la carte de vulnérabilité reflètent le résultat de l'élaboration et de l'interprétation d'une base de données expérimentales d'une campagne d'échantillonnages et d'analyses des eaux de la nappe étudiée, prélevées dans 146 puits et forages durant l'année 2008.

Après la prise en charge des sept paramètres de la méthode Drastic, nous obtenons la carte de vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de la nappe alluviale de la Mitidja orientale (figure 13). L'analyse de cette carte nous permet de faire les conclusions suivantes.

#### • L'unité hydrogéologique A (indice Id 145-175)

Cette unité présente une répartition très réduite avec une vulnérabilité élevée, elle se situe dans les localités suivantes :

- au nord de Rouiba ;
- dans la partie aval de l'oued Reghaïa (rives droite et gauche) ;

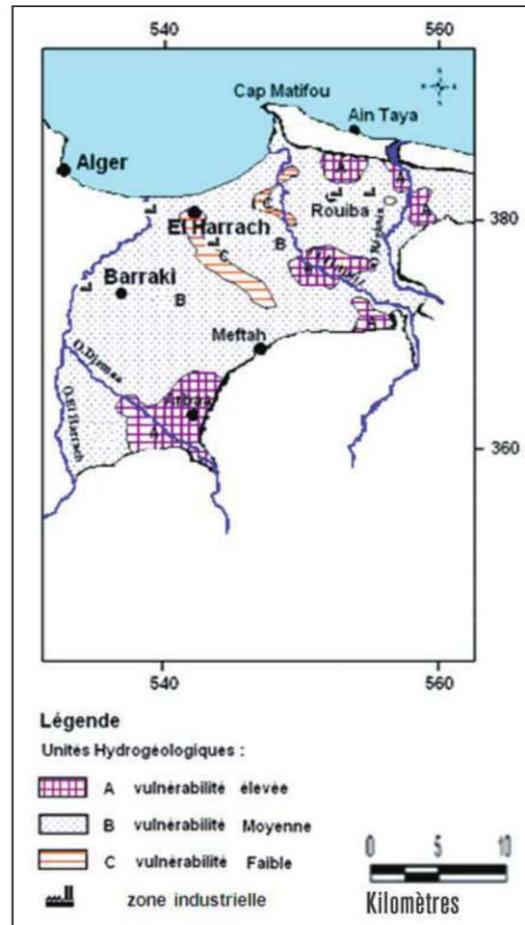


Figure 13. Carte de vulnérabilité et risques à la pollution des eaux souterraines de la nappe de la Mitidja orientale (campagne 2008)

- sur l'axe Khémis El Khechna-Dar El Beïda ;
- au niveau de Larbaâ.

En effet, cette unité (A) se caractérise par une couverture à dominance poreuse et perméable (graviers, galets, sables grossiers, silts et peu d'argiles) qui repose sur les formations graveleuses.

#### • L'unité hydrogéologique B (indice Id 114-145)

Elle représente une zone à vulnérabilité moyenne avec un aquifère graveleux sableux et argileux, cette unité occupe une grande partie de la zone d'étude.

#### • L'unité hydrogéologique C (indice Id 84-114)

Cette unité correspond à une zone de vulnérabilité faible avec une couverture essentiellement argileuse et un réservoir aquifère très hétérogène (alternance de graviers, argiles et marnes). Elle prend place dans

certains endroits sous forme d'îlots. On la trouve dans les localités suivantes :

- au sud d'El Harrach ;
- au niveau de Birtouta.

Le report, sur la carte de vulnérabilité (figure 13), des différentes unités industrielles répertoriées dans la région d'étude nous a permis de délimiter les zones à risques de contaminations. Cette procédure nous amène à dresser les constats suivants :

- au niveau de Baraki, la vulnérabilité est moyenne. Néanmoins, on signale l'existence d'autres sources de pollution, telles que les hydrocarbures, qui pourraient atteindre la nappe à travers les fuites des réservoirs de stockage et pipes ;
- le long de l'oued El Harrach, où l'on relève l'existence de plusieurs unités industrielles déversant leurs effluents directement dans ce dernier ; la zone mise en évidence est, tout de même, classée parmi les moins vulnérables dans la Mitidja orientale ;
- au niveau de la zone industrielle (Rouïba-Reghaïa), le risque de pollution est très élevé. Cette partie de la Mitidja coïncide avec la zone où la vulnérabilité est élevée, menaçant ainsi les eaux souterraines de contamination par les rejets industriels.

## Conclusion

Les résultats de l'étude de la qualité et pollution des eaux souterraines de la Mitidja orientale, sur la campagne d'analyse de 2008, nous ont permis de constater des variations du chimisme de l'eau au cours du temps et dans l'espace. Ces résultats ont été obtenus à travers l'application de différentes méthodologies, en suivant les étapes ci-dessous.

- Tout d'abord, nous avons procédé à la caractérisation et à la classification des eaux souterraines. Pour ce faire, nous nous sommes référés à deux approches, à savoir :
  - méthode graphique (diagrammes de Piper et de Schoeller-Berkaloff) ;
  - méthode statistique multidimensionnelle par ACP.

Les différents diagrammes nous ont permis de constater que les faciès bicarbonaté calcique et chloruré calcique sont les faciès les plus présents, et que ce dernier est bien révélateur d'une intrusion marine certaine.

L'application de l'ACP a permis d'attester et de confirmer les faciès caractérisés par la première méthode. Elle a

également confirmé le phénomène de l'intrusion marine et mis en évidence une pollution par les nitrates, due particulièrement aux impacts de l'activité agricole.

L'interprétation des résultats confirme clairement : d'une part, l'existence du phénomène de l'invasion marine dans la partie nord de la Mitidja orientale (baie d'Alger), avec une progression des eaux salées sur une large bande, en allant d'est en ouest, de Bordj El Bahri jusqu'à Bordj El Kiffan (avec des conductivités dépassant les 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et des valeurs du rapport de Todd allant jusqu'à 2,6). Cette bande se prolonge à l'intérieur du continent sur une distance avoisinant les 5 km [BELLALDI *et al.*, 2006] ; d'autre part, l'ampleur de la contamination des eaux souterraines par les nitrates, avec des teneurs excédant parfois les 100 mg/L.

- La caractérisation de la vulnérabilité de la nappe a été approchée par l'élaboration de la carte de vulnérabilité et de risque de pollution, réalisée par la méthode Drastic, cette carte correspond à une combinaison de la carte de vulnérabilité en intégrant les zones industrielles.

La carte de vulnérabilité a permis d'établir la caractérisation de la vulnérabilité de la nappe de la Mitidja à la pollution provenant de la surface du sol (vulnérabilité intrinsèque).

Celle-ci tient compte de sept paramètres intimement liés aux conditions hydrogéologiques de la région.

Trois (3) unités hydrogéologiques dont l'indice de vulnérabilité varie de 84 à 175, ont été définies :

- l'unité (A) dont l'indice Id (145-175) traduit une vulnérabilité élevée ;
- l'unité (B) dont l'indice Id (114-145) caractérise une vulnérabilité moyenne ;
- l'unité (C) dont l'indice Id (84-114) définit une vulnérabilité faible.

Les zones vulnérables sont liées particulièrement à la couverture perméable (gravier, sable) et localisées au niveau de Rouïba (présence de la zone industrielle de Rouïba), de Larbaâ, de l'axe Khemis El Khechna à Dar El Beïda et dans la partie aval de l'oued Reghaïa sur les deux rives. Cette région, dans laquelle est implantée la zone industrielle de Reghaïa, est particulièrement vulnérable.

## Bibliographie

- ACHI K., SALEM A., COMB S., COUCHOT A. (1973) : *Carte hydrogéologique de la région d'Alger, Algérie, au 1/200 000*. ANRH, Alger, Algérie.
- ALLER L., BENNETT T., LEHR J., PETTY R., HACKETT G. (1987) : *Drastic: A standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic settings*. National Water Well Association, Dublin Ohio/EPA Ada, Oklahoma, USA. EPA-600/2-87-035.
- AYME A. (1956) : *Contribution à l'étude de la plaine de la Mitidja occidentale et de sa bordure atlasique*. Cartes géologiques d'Algérie. N° 347-362.
- BELLAIDI M., REBHEOUI H. (2002) : *Note sur l'évolution de la nappe de la Mitidja*. Document ANRH n° 38.
- BELLAIDI M., RABEHAOUI H., SADAT M. (2006) : *État du réseau de surveillance des eaux souterraines de la nappe de la Mitidja*. Note technique ANRH/ DRC Soumaa.
- BENALLAL K., OURABIA K. (1988) : *Monographie géologique et géotechnique de la région d'Alger* (recueil de notes). Publication de l'Office des publications universitaires d'Alger, Algérie.
- BENZIADA M. (1994) : *Étude hydrogéologique et hydrologique de la plaine de la Mitidja-Est. Application d'un modèle mathématique « ASM » au bassin côtier algérois*. Mémoire de thèse de docteur en sciences de la terre, USTHB, Alger, Algérie.
- BINNIE, PARTNERS, ATKINS INTERNATIONAL W.S. (1983) : *Schéma d'aménagement des ressources en eau de la région d'Alger et du Sébaou*. Ministère de l'Hydraulique, Alger, Algérie.
- CHIBANE B. (1993) : *Étude des nitrates de la Mitidja*. Thèse 3<sup>e</sup> cycle, USTHB, Alger, Algérie.
- DJOUJAR D., HELLAL D. (1993) : *Approche du comportement hydrodynamique d'un système aquifère. Zone : oued El Harrach – oued El Hamiz*. Mémoire d'ingénieur d'État, USTHB, Alger, Algérie.
- DJOUJAR D. (2003) : *Vulnérabilité et protection des nappes aquifères en régions côtières, application à la nappe alluviale de la Mitidja orientale*. Thèse de magistère, IST/ USTHB, Alger
- ENGALEC M. (1970) : *Étude hydrogéologique de la plaine de la Mitidja DEMRH – Géohydraulique, notice explicative de l'inventaire des points d'eau et de l'enquête sur les débits extraits. Zone El Harrach – El Hamiz*. ANRH, Alger.
- ENERGOPROCT (1978) : *Schéma général de l'aménagement hydraulique de la Mitidja*. Rapport en 18 volumes, volume IV. Étude géologique et hydrogéologique, ANRH, Alger, Algérie.
- FERAGA A. (1985) : *Ressources en eau des karsts du nord algérien*. Thèse, université des sciences et techniques du Languedoc, Montpellier, France.
- GÉOHYDRAULIQUE (1968-1972) : *Étude hydrogéologique quantitative de la plaine de la Mitidja*. Rapport de synthèse, ANRH, Alger, Algérie.
- GLANGEAUD L. (1932) : *Étude géologique de la région littorale de la province d'Alger, Algérie*. Thèse, Bordeaux.
- KNESSE A. (1967) : *Économie et gestion de la qualité des eaux*, 267 p., Dunod, Paris.
- MESSAOUDA H., ACHOUR F. (1990) : *Hydrogéologie et pollution de la plaine du bas Chélif oriental (Chlef-Boukadir)*. Mémoire d'ingénieur d'État en géologie, USTHB, Alger, Algérie.
- MORSLI B. (1984) : *Étude d'intrusion marine dans la nappe côtière d'Alger est, répercussion sur la qualité des eaux d'irrigation*. Mémoire d'ingénieur. INA, Alger, Algérie.
- MUNTIN G. (2000) : *L'eau dans le monde arabe. Enjeu et conflits*, 256 p., Ellipses, Paris.
- TARDAT-HENRY M., BEAUDRY J.P. (1992) : *Chimie des eaux*, 2<sup>e</sup> édition, éd. Le Griffon d'argile, Canada.
- TOUBAL A.-C. (1998) : *Approche géophysique des problèmes d'hydrodynamique et d'invasion marine en milieu souterrain. Exemple des plaines d'Annaba, de la Mitidja et de la baie d'Alger*. Thèse, USTHB, Alger, Algérie.
- VALLANT J.R. (1973) : *Production de la qualité des eaux et maîtrise de la pollution, contrôle de déversement d'eaux polluées*, Eyrolles, Paris.

## Résumé

**M.W. BENLECHEHEB, S. BOUZID-LAGHA**

### **Approche cartographique de l'étude de la pollution des eaux de la nappe alluviale de la Mitidja orientale (Algérie)**

En Algérie, les effluents urbains et industriels, rejetés trop souvent sans traitements appropriés dans le milieu récepteur, constituent la source principale de dégradation de la qualité des eaux, aussi bien superficielles que souterraines. L'agriculture, à son tour, participe à cette dégradation par l'utilisation exagérée de pesticides, herbicides, engrais, etc., d'où le phénomène de la pollution des eaux souterraines par les nitrates. Les ressources en eaux souterraines de la zone

d'étude, en l'occurrence la Mitidja orientale, ne font pas l'exception. En effet, on assiste à une dégradation flagrante de la qualité de ces eaux. Cette étude décrit l'ampleur de cette pollution, particulièrement, celle due aux nitrates et à l'intrusion marine. Pour ce faire, nous avons opté pour les trois principales approches – graphique, statistique et cartographique – en utilisant une base de données de huit paramètres chimiques.

# Abstract

M.W. BENLECHEHEB, S. BOUZID-LAGHA

## Cartographic approach to the study of the pollution of the alluvial aquifer of the Eastern Mitidja (Algeria)

In Algeria, urban and industrial effluents, which are too often discharged into the receiving environment without appropriate treatment, constitute the main source of quality degradation of both surface and underground waters. Agriculture, in turn, takes part in this degradation by the exaggerated use of pesticides, herbicides, fertilizers, etc., and hence the phenomenon of the underground water pollution by nitrates.

The study area, the Eastern Mitidja is not an exception. Indeed, there is a gross degradation of the quality of these waters.

This study describes the extent of this pollution, and particularly the one resulting from nitrates and seawater intrusion. To do this, we opted for the main three approaches –graphical, statistical and cartographic–, using a database of eight chemical parameters.

 <h3>Formation continue en traitement des eaux</h3> <p><b>pour techniciens supérieurs et ingénieurs</b></p>	<p><b>Colloque</b></p> <p>4, 5 et 6 novembre 2014 à l'ENSI Poitiers</p> <p>21<sup>ème</sup> édition des Journées Information <b>Eaux</b></p> <p>1974 40 ans 2014</p>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gestion de la qualité des <b>eaux de piscines</b></li> <li>2. Gestion du <b>risque légionelles</b> dans les réseaux et les circuits d'eau</li> <li>3. <b>Epuration des eaux résiduaires urbaines - traitement des boues</b></li> <li>4. Procédés conventionnels du traitement des <b>eaux potables</b></li> <li>5. Technologies avancées du traitement des <b>eaux potables</b></li> <li>6. Micro-organismes et <b>microbiologie de l'eau</b></li> </ol>	<p>Inscriptions dès mai 2014</p> <p><a href="http://www.jie-poitiers.com">www.jie-poitiers.com</a></p>
<p><b>en synergie avec les enseignants-chercheurs de la spécialité Traitement des Eaux de l'ENSI Poitiers</b></p>	<p>90 conférences 20 exposants 450 participants</p>
<p>Dates, contenus, intervenants, tarifs : <a href="http://www.apten.org">www.apten.org</a> - 05 49 45 37 40</p> 	