

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل  
École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



MÉMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE  
MASTER EN SCIENCES DE LA MER

OPTION : AMÉNAGEMENT DU LITTORAL

**Thème :**

**Étude de la pollution par les nitrates des eaux souterraines  
de la plaine de la Mitidja Est en utilisant les techniques  
hydrochimiques et isotopiques**

Présenté :

BOUZENACHA Lamia

CHELOUCHE Moussa

Soutenu le 27/10 /2014, devant le jury suivant :

|                 |              |                              |            |
|-----------------|--------------|------------------------------|------------|
| Mr              | BELKESSA. R  | Professeur à l'ENSSMAL       | Président  |
| M <sup>me</sup> | HOCINI. N    | Chargée de recherche au CRNA | Promotrice |
| Mr              | BOULAHDID. M | Professeur à l'ENSSMAL       | Examineur  |
| Mr              | MAMI. M      | Attaché de recherche au CRNA | Examineur  |

**Promotion : 2013 – 2014**

## Remerciements

Au terme de ce travail, nous remercions Dieu le Tout-Puissant pour nous avoir donné la santé, le courage et la volonté pour réaliser ce modeste travail. Ainsi que tous les gens qui ont, de près ou de loin, accompagné ce travail et l'ont rendu possible

Nous tenons à témoigner notre respectueuse reconnaissance à tous les membres du jury.

Nous adressons nos sincères remerciements au professeur, **Mr Belkessa. R**, Professeur a l'ENSSMAL, pour l'honneur qu'il nous a fait de présider le jury de ce mémoire et de nous accompagner tout le long de notre parcours par les remarques pertinentes, suggestions congruentes et grande aide.

Nous tenons en premier lieu à remercier très sincèrement et très chaleureusement notre chère promotrice, **Mme HOCINI. N**, chargée de recherche au CRNA pour nous avoir fait confiance. **Mme HOCINI** nous a très bien accueillis dans son laboratoire, elle nous a fait partager son large savoir et sa passion pour la science, son enthousiasme et nous avons énormément appris au cours de notre séjour au laboratoire. Notre reconnaissance et notre profonde gratitude sont à vous, Madame.

Nous exprimons notre profonde gratitude et nos sincères remerciements pour **Mr BOULAHID. M**, Professeur a l'ENSSMAL, d'avoir accepté d'examiner de prendre part à l'appréciation de ce travail.

Nous aurons beaucoup de mal à remercier comme il se doit **Mr MAMI. M Mr TAIEB ERRAHMANI. D**, et **Mme MAMI. S** attachés de recherche au CRNA, qui nous ont accordé leurs confiances. Leurs sens d'appréciation scientifique, leurs rigueurs pour le travail bien fait, leurs suggestions pertinentes dans la recherche et surtout leurs disponibilités. Ils nous ont permis à maintes reprises de clarifier nos pensées leurs contributions hautement distinguées dans la réalisation de ce travail resteront dans notre esprit. Nous ne pouvons pas les remercier jamais assez pour leurs différentes orientations.

Nous tenons à remercier également Monsieur **NOUREDDINE. A** maître de recherche et directeur de la division de DESDR au CRNA pour nous avoir accordé l'accès à la division et donner une chance à ce travail pour qu'il soit réalisé.

## *Dédicaces*

*On dédit ce modeste travail*

*A nos chers parents pour qui aucune dédicace ne saurait témoigner de  
notre profond amour, notre immense gratitude et le plus profond  
respect.*

*A ceux qui nous 'ont offert la plus noble des éducations et les plus  
riches principes.*

*A ceux qui ont été pour nous à chaque instant, avec tous les sacrifices  
qu'ils ont fait pour nous.*

*A ceux qui nous 'ont donné un magnifique modèle de labeur et de  
persévérance.*

*On les remercie pour toute l'aide, la patience, la compréhension, la  
tendresse, l'amour et le dévouement dont ils font preuve, et par  
lesquels ils nous 'entourent depuis mon enfance,  
Merci nos parents.*

*A tous nos amis qui nous son très chers, tous nos enseignants,  
On les remercie pour tout, et puisse Dieu tout  
Puissant les protéger.*

*Moussa & Lamia.*

# Sommaire

## Liste d'abréviations

## Liste des figures

## Liste des tableaux

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Introduction générale</b> .....   | <b>8</b>  |
| <b>Chapitre I : Généralités</b> .....                                      | <b>11</b> |
| I.1    Problématique de la pollution azotée.....                           | 12        |
| I.2    Les nitrates .....  | 12        |
| I.3    Les Isotopes de l'azote.....  | 14        |
| I.4    Origine des nitrates .....  | 15        |
| I.4.1    Nitrates issus des engrais .....                                  | 15        |
| I.4.2    Nitrates issus des déchets organiques humains ou agricoles .....  | 15        |
| I.4.3    Nitrates issus de la minéralisation de la matière organique ..... | 15        |
| I.4.4    Nitrates résiduels d'un processus de dénitrification .....        | 16        |
| I.5    Effets des nitrates sur la santé humaine .....                      | 16        |
| <b>Chapitre II : Description de la zone d'étude</b> .....                  | <b>17</b> |
| II.1    Localisation géographique.....                                     | 18        |
| II.2    Aperçu géologique .....  | 19        |
| II.2.1    Le Primaire .....  | 19        |
| II.2.2    Le Secondaire .....  | 19        |
| II.2.3    Le Tertiaire .....   | 19        |
| II.2.4    Le Quaternaire .....   | 20        |
| II.3    Aperçu hydrogéologique.....  | 21        |
| II.3.1    Aquifère de l'Astien .....                                       | 21        |
| II.3.2    Aquifère du Quaternaire .....                                    | 21        |
| II.3.3    Alimentation des aquifères .....                                 | 22        |
| II.4    Aperçu géomorphologique .....                                      | 22        |
| II.4.1    Le Sahel .....   | 22        |
| II.4.2    La plaine de la Mitidja.....                                     | 22        |
| II.4.3    L'Atlas Blidéen .....  | 22        |
| II.5    Aperçu hydrographique .....  | 22        |
| II.5.1    Oued El Harrach .....  | 22        |
| II.5.2    Oued El Hamiz .....  | 22        |
| II.5.3    Oued Réghaia .....   | 22        |
| II.6    Aperçu climatologique.....   | 23        |
| II.6.1    Type de climat .....   | 23        |
| II.6.2    La précipitation.....  | 23        |
| II.6.3    La température.....  | 25        |
| <b>Chapitre III : Méthodologie de travail</b> .....                        | <b>27</b> |
| III.1.    Prélèvement et conservation des échantillons d'eau.....          | 28        |
| III.2.    Moyens et méthodes d'analyses.....                               | 29        |

|   |           |
|---|-----------|
| III.2.1. Mesure des caractéristiques physico-chimiques in situ..... | 29        |
| III.2.2. Analyses au laboratoire .....                              | 29        |
| <b>Chapitre IV : Résultats et discussion.....</b>                   | <b>32</b> |
| IV.1 Piézométrie de la nappe aquifère de la Mitidja Est : .....     | 33        |
| IV.2 La température .....   | 33        |
| IV.3 Le pH .....  | 33        |
| IV.4 La conductivité .....  | 34        |
| IV.5 Les faciès chimiques .....                                     | 35        |
| IV.6 Evolution des teneurs en nitrates .....                        | 36        |
| IV.8 Résultats isotopiques des nitrates .....                       | 37        |
| <b>Conclusion et recommandations .....</b>                          | <b>39</b> |
| <b>Références bibliographiques.....</b>                             | <b>42</b> |

**« Quand je suis dans l'eau, j'ai des idées.  
Quand j'en suis sorti, je sèche. »  
Roger Pierre**

## **Liste d'abréviations**

**AIEA** : Agence Internationale de l'Énergie Atomique.

**ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

**CRNA** : Centre de Recherche Nucléaire d'Alger.

**ONM** : Office National de Météorologie.

**SEAAL** : Société de l'Eau et d'Assainissement d'Alger

**SMOW**: Standard Mean Ocean Water.

**SOGREAH** : Société Grenobloise d'Etudes et d'Application Hydrauliques.

**JICA**: Japan International Cooperation Agency.

**MOA**: Matière Organique Anthropogénique.

## Liste des figures

|   |    |
|---|----|
| Figure 1: Cycle de l'azote.....   | 13 |
| Figure 2: Diagramme simplifié du cycle de l'azote dans les eaux souterraines.....                                       | 14 |
| Figure 3: Diagramme $\delta^{15}\text{N}$ , $\delta^{18}\text{O}$ selon Clark and Fritz, 1997.....                      | 16 |
| Figure 4: Situation géographique de la Mitidja (Google Earth 2013).....   | 18 |
| Figure 5: Situation géographique de la zone d'étude (Google Earth 2013).....  | 19 |
| Figure 6: Carte géologique de la Mitidja orientale d'après. (Mac Donald et Partners, 1992).<br>.....                    | 20 |
| Figure 7: Coupe géologique longitudinale de la Mitidja Est (Bennie, et al., 1983).....                                  | 21 |
| Figure 8: Réseau hydrographique de la Mitidja Est. ....   | 23 |
| Figure 9: Histogrammes des précipitations moyennes annuelles (1980-2010).....   | 24 |
| Figure 10: Variation de la température moyenne, maximale et minimale, à la station de Dar<br>El-Beida (1980-2010). .... | 26 |
| Figure 11: Répartition spatiale des ouvrages échantillonnés.....  | 29 |
| Figure 12: Préleveur de type Bailer.....  | 30 |
| Figure 13: Préleveur d'eau de type NISKIN. ....   | 30 |
| Figure 14: Conductivimètre avec sonde. ....   | 30 |
| Figure 15: pH-mètre. ....   | 30 |
| Figure 16: Flacons en polyéthylène.....   | 30 |
| Figure 17: GPS. ....  | 30 |
| Figure 18: Chaîne automatique d'analyse par colorimétrie.....   | 31 |
| Figure 19: Spectrophotomètre d'émission de flamme modèle 410.....   | 31 |
| Figure 20: Spectromètre de masse Varian de type MAT 251 .....   | 31 |
| Figure 21: Esquisse piézométrique de la nappe aquifère de Mitidja Est en Juin 2013. ....                                | 33 |
| Figure 22: Carte de conductivité des eaux souterraines en juin 2013 dans le secteur d'étude<br>.....                    | 34 |
| Figure 23: Faciès chimique globale de la zone d'étude en 2013. ....   | 35 |
| Figure 24: Diagramme des teneurs en nitrates des forages et piézomètres de la région<br>d'étude.....                    | 36 |
| Figure 25: Répartition spatiale des teneurs en nitrates (mg/l). ....  | 37 |
| Figure 26: Diagramme interprétatif des résultats isotopiques obtenus sur les nitrates en<br>2013.....                   | 38 |

## Liste des tableaux

|  |    |
|--|----|
| Tableau 1: Précipitations moyennes annuelles (mm) des deux stations.....   | 24 |
| Tableau 2: Variation de la température moyenne enregistrée au niveau de la station de Dar<br>El- Beida (1980-2010). .... | 25 |

# Introduction générale

Il est communément admis que les pays méditerranéens, et notamment ceux qui bordent le rivage Sud de cette mer semi-fermée, connaissent aujourd'hui des problèmes d'eau inquiétants.

La rareté des ressources en eau autour de la Méditerranée, leur fragilité et leur inégale répartition font paraître un risque majeur de pénurie qui s'accroît continuellement face aux pressions démographiques et aux besoins croissants de l'essor socio-économique. Ce constat général prend toute son importance dans les pays arides et semi-arides où les ressources en eau sont souvent exploitées à la limite de leur disponibilité. Elles enregistrent des baisses piézométriques considérables et une dégradation de leur qualité par divers polluants.

La nappe aquifère de la Mitidja Est qui constitue le principal réservoir d'eau de la région d'Alger contribue aux besoins en eau potable de la population et à l'irrigation des terres agricoles. Cette ressource en eau a connue une augmentation liée notamment au développement démographique et économique des dernières décennies.

La pollution des eaux souterraines par les nitrates est à l'évidence liée à des zones particulières d'intensification de la production agricole. Compte tenu de l'activité agricole intense dans la région d'étude la première hypothèse est celle d'une contamination par les phytosanitaires. Toutefois, dans la zone d'étude on remarque que les sources de contaminations pouvaient être multiples. En effet, on rencontre plusieurs décharges d'ordures officielles ou sauvages, on se trouve en présence d'un habitat dispersé sans assainissement collectif ou assainissement tout court, et la présence de fermes d'élevage (bovins ou volaille).

Des études réalisées par le secteur de l'eau ont permis de caractériser globalement les teneurs en nitrate dans les eaux souterraines de la Mitidja Est. Ces études ont mis en évidence une contamination diffuse des alluvions quaternaires superficielles (vulnérables). Les teneurs en nitrates dépassent les 50 mg/l sur certains ouvrages, en particulier dans le secteur du champ captant de Bouréah.

L'objectif de cette étude est d'identifier l'origine des nitrates dans les formations du quaternaire vulnérables à la pollution de la plaine de la Mitidja Est. L'approche proposée est de combiner l'analyse chimique des eaux avec les isotopes de l'azote ( $^{15}\text{N}$  et  $^{18}\text{O}$ ) susceptibles de fournir des informations sur les différents aspects du problème (origine des nitrates).

Cette étude rentre dans le cadre du projet de coopération technique avec l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA) dont l'intitulé est la préservation et protection des zones vulnérables ou à risques contre toute forme de contamination et cartographie de la vulnérabilité et des risques de pollution des eaux souterraines en utilisant les techniques isotopiques. Ce projet rentre dans le cadre de la politique nationale de l'eau (PNE) pour la valorisation des ressources en eau.

## Introduction générale

Ce mémoire est divisé en quatre chapitres :

- Le premier chapitre décrit les connaissances succinctes concernant les nitrates et les isotopes, la pollution des eaux des aquifères par les nitrates. Les différentes sources de pollution nitratée ont été mentionnées à savoir les sources agricoles et d'origine anthropique. Les effets des nitrates sur la santé humaine ont été aussi présentés brièvement dans ce chapitre.

- Concernant le deuxième chapitre, on a présenté les caractéristiques générales du milieu récepteur. On a traité en premier lieu les contextes géographique, géologique de la région et plus précisément de la zone d'étude. Par la suite, un aperçu hydrogéologique concernant les deux aquifères l'Astien et le Quaternaire a été présenté dans ce chapitre. Une description de l'aperçu géomorphologique, hydrographique, climatologique, a été donnée afin de mieux caractériser la région.

- Dans le troisième chapitre, une synthèse sur la méthodologie de travail a été décrite avec une description brève des procédures, des équipements et matériels utilisés.

- Le quatrième chapitre est consacré à l'interprétation des résultats sur l'origine de la pollution par les nitrates au niveau de la Mitidja Est. Pour caractériser les zones vulnérables à la pollution par les nitrates, une approche méthodologique structurée en deux parties a été adoptée :

- ✓ La piézométrie actuelle de la nappe alluviale de la Mitidja orientale a été discutée pour montrer le changement du sens d'écoulement.
- ✓ Les propriétés physico-chimiques et les résultats isotopiques de l'azote-15 pour montrer l'origine de la contamination des eaux souterraines par les nitrates dans la région de la Mitidja Est.

# Chapitre I : Généralités

## I.1 Problématique de la pollution azotée

Dans la nature l'azote représente le principal composant de la biosphère (environ 78 %), ce dernier constitue paradoxalement à l'heure actuelle d'une part un élément principal de la productivité agricole et de l'autre part une des substances principales de nuisance à l'environnement, malgré son appartenance à un cycle naturel très complexe. Il figure parmi les composés d'intérêt prioritaire des lois de protection de l'environnement de la plupart des pays.

En effet, la pollution azotée sous toutes ces formes se fait par le déversement abusif, direct ou indirect, d'impuretés dérivées de l'azote dans l'atmosphère, dans les eaux naturelles et dans le sol.

L'introduction accrue de cet élément dans les différents milieux récepteurs est préjudiciable à la santé humaine, nuisible aux ressources biologiques terrestres comme aquatiques et à l'ensemble des écosystèmes naturels.

Contamination des eaux souterraines par les nitrates justifie, l'eau d'une nappe aquifère ne contient naturellement pas de composés azotés, ils proviennent de la décomposition de la matière vivante par les micro-organismes et sont minéralisés en azote gazeux.

C'est l'augmentation artificielle de la quantité d'azote combiné disponible dans le sol qui crée un déséquilibre entre l'apport et la consommation, et produit un excès d'azote qui est finalement entraîné vers la nappe. Cet azote se trouve sous forme de nitrates et d'ammonium.

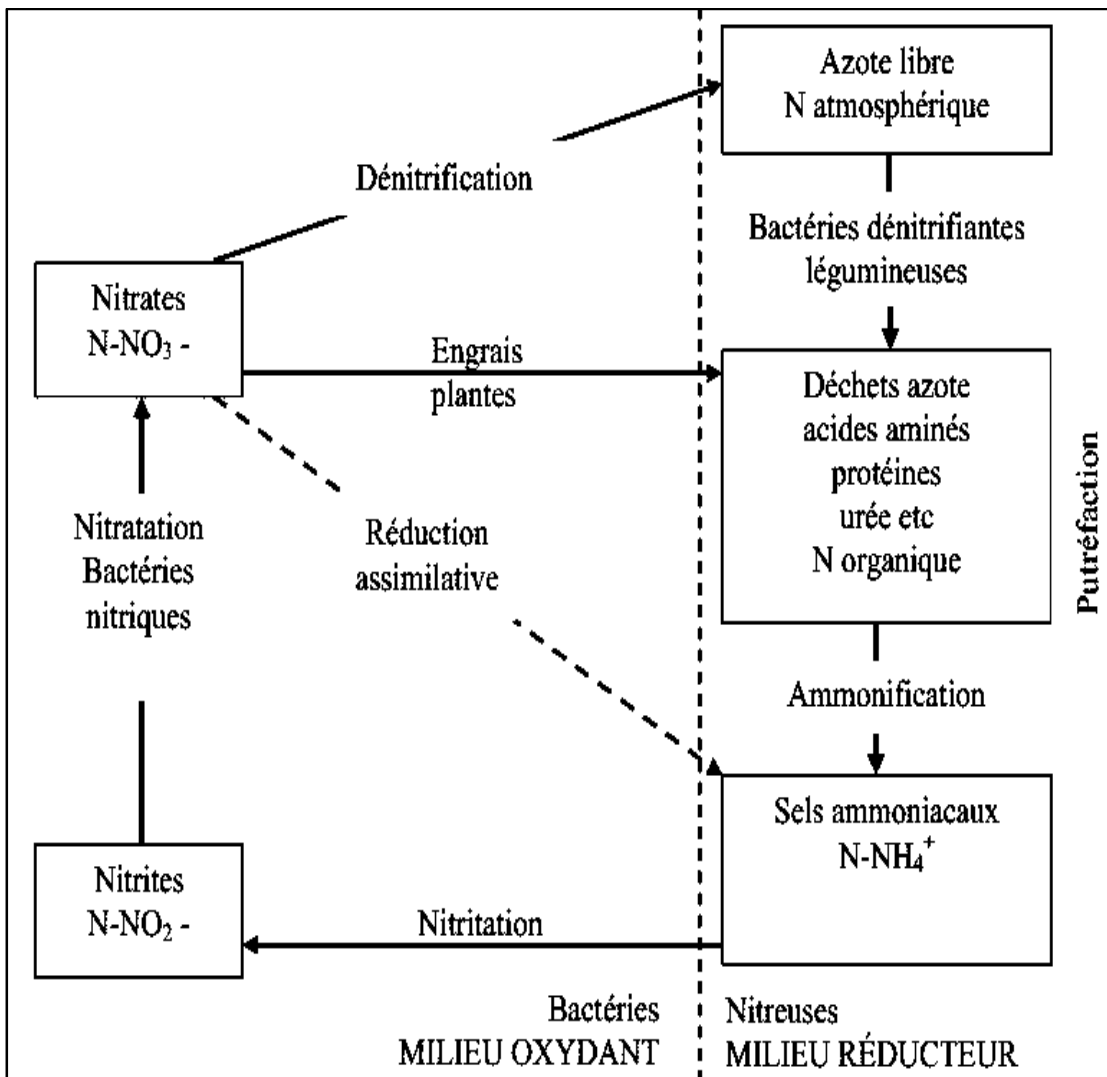
Les nitrates sont des sels très solubles qui sont facilement entraînés en profondeur par les eaux d'infiltration.

## I.2 Les nitrates

L'ion nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) est généralement connu sous sa forme d'engrais massivement utilisée par l'agriculture moderne. Il fournit la matière azotée nécessaire à l'élaboration des acides aminés et des protéines indispensables à la croissance végétale.

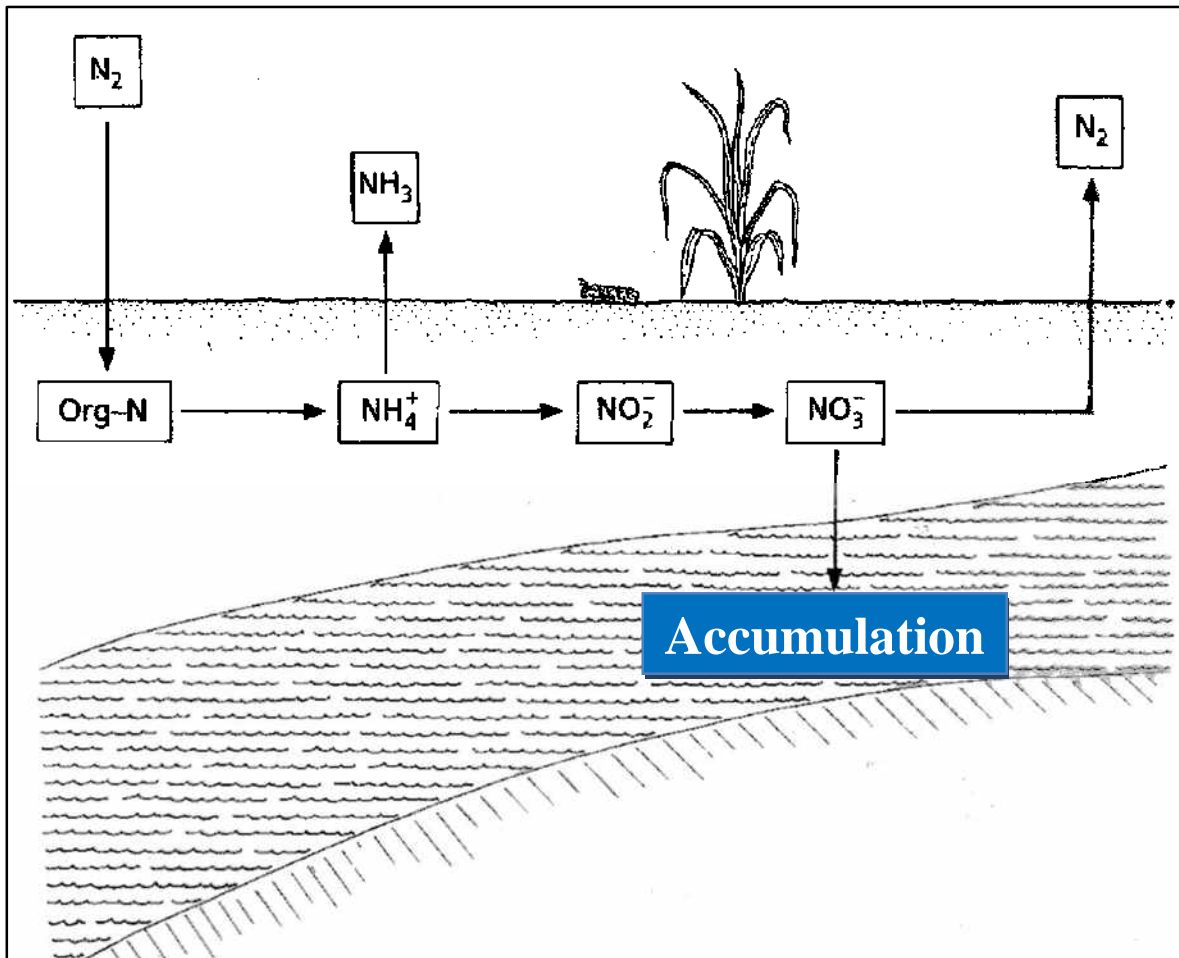
Les nitrates sont, d'un point de vue chimique, des sels de l'acide nitrique. Ces sels sont caractérisés par la présence de l'ion nitrate  $\text{NO}_3^-$  composé d'un atome d'azote et de trois atomes d'oxygène. Ils existent naturellement dans les sols et les eaux. Les ions nitrates se forment naturellement au cours du cycle de l'azote, notamment lorsque des matières organiques se décomposent, par l'action des bactéries du sol.

L'azote organique se transforme par oxydation en composés ammoniacaux puis en nitrates. Les nitrates sont également fabriqués de manière industrielle, à partir de l'azote de l'air.



**Figure 1:** Cycle de l'azote.

- **La fixation:** Correspond au passage de l'azote atmosphérique ( $N_2$ ) en azote combiné sous l'action de certains organismes.
- **L'assimilation:** C'est la transformation de l'azote minéral ou organique inerte en matière vivante.
- **L'ammonification:** C'est la libération d'ammoniac à partir de matières azotées organiques.
- **La nitrification:** C'est l'oxydation de l'azote ammoniacal en nitrate par l'intermédiaire de bactéries nitrifiantes.
- **La dénitrification:** C'est la réduction des nitrates en azote gazeux par l'intermédiaire de bactéries dénitrifiantes.



**Figure 2:** Diagramme simplifié du cycle de l'azote dans les eaux souterraines

### I.3 Les Isotopes de l'azote

Les isotopes stables sont des atomes d'un même élément ayant un nombre différent de neutrons ce qui engendre des masses atomiques différentes. Les isotopes stables se différencient des isotopes radioactifs qui se dégradent dans le temps. Plusieurs isotopes stables sont présents naturellement et ont une large différence d'abondance naturelle entre les isotopes lourds et légers. Ils existent dans plusieurs composés et sont assez abondants pour assurer la précision des données.

Les isotopes les plus utilisés sont donc ceux de l'azote (N), du carbone (C), du soufre (S), de l'oxygène (O) et de l'hydrogène (H). Le développement des technologies de spectrométrie de masse a permis de mesurer les infimes variations de l'abondance naturelle des isotopes stables.

Dans le cas de l'azote, l'isotope lourd  $^{15}\text{N}$  (0.366 % des atomes) est mesuré par rapport à l'isotope léger  $^{14}\text{N}$  plus abondant (99,634 % des atomes), et le rapport absolu de  $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$  est 272.

Les masses isotopiques ( $^{15}\text{N}$ ,  $^{14}\text{N}$ ) sont mesurées au spectromètre de masse par une charge (en Volt) proportionnelle aux nombres d'atomes de chacune des masses isotopiques d'intérêt dans l'échantillon. Étant donné cette mesure et les infimes variations du ratio isotopique absolu, les isotopes sont plutôt exprimés par la notation relative ( $\delta$ ). Cette

notation exprime la déviation du ratio de l'isotope lourd sur le léger ( $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) d'un échantillon par rapport à un standard (le  $\text{N}_2$  atmosphérique pour l'azote) en partie par mille (‰). Un échantillon avec un ratio  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  comparativement plus élevé que le standard aura donc un  $\delta^{15}\text{N}$  positif, un échantillon avec un ratio plus faible aura un  $\delta^{15}\text{N}$  négatif alors qu'un échantillon avec des proportions en  $^{15}\text{N}$  et  $^{14}\text{N}$  identiques au standard aura un  $\delta^{15}\text{N}$  de 0 ‰.

$$\delta^{15}\text{N} = \left[ \frac{^{15}\text{N}/^{14}\text{N}_{\text{échantillon}}}{^{15}\text{N}/^{14}\text{N}_{\text{standard}}} - 1 \right] \times 1000$$

## I.4 Origine des nitrates

Le traçage isotopique naturel par l'azote est d'un intérêt certain pour la détermination de l'origine et le suivi des transformations de l'ion nitrate au sein d'un aquifère. Les isotopes de l'azote sont inhérents au polluant même; ils sont transportés de la même façon.

D'une façon générale, les principales sources de nitrates sont les suivantes :

- Nitrates provenant de sols forestiers anciens,
- Nitrates dus à l'intensification de cultures (défrichement, suppression des pâtures),
- Nitrates apportés par la matière organique humaine et animale ainsi que les matières organiques végétales,
- Nitrates provenant des engrais de synthèse,
- Nitrates liés aux activités humaines inhérentes à l'urbanisation, l'industrialisation et la pratique de l'élevage intensif.

Les compositions isotopiques permettent de distinguer les origines (figure 3).

### I.4.1 Nitrates issus des engrais

Les engrais sont synthétisés à partir de l'azote de l'air. Des mesures de composition isotopique d'engrais utilisées ont été réalisées (nitrate de chaux, nitrate de potasse, ammonitrate, nitrate de soude, sulfate d'ammonium) et les  $\delta^{15}\text{N}$  varient entre -4,1 et +3,8 ‰ vs AIR. L'azote de synthèse sous forme d'urée présente une valeur proche de 0. L'azote minéral des engrais de synthèse à une composition isotopique proche de celle de l'azote de l'air, le  $\delta^{15}\text{N}$  est en règle générale, inférieur à 3 ‰.

### I.4.2 Nitrates issus des déchets organiques humains ou agricoles

Les déchets organiques d'origine humaine ou animale ayant subi une longue maturation sont le siège d'une fermentation ammoniacale. Les valeurs du  $\delta^{15}\text{N}$  de ces déchets sont systématiquement supérieures à 9 ‰.

### I.4.3 Nitrates issus de la minéralisation de la matière organique

Les nitrates produits naturellement dans des sols présentent des teneurs comprises entre 6 et 9 ‰.

#### I.4.4 Nitrates résiduels d'un processus de dénitrification

La dénitrification est un processus qui voit la réduction de l'ion nitrate en azote moléculaire. L'azote moléculaire, qui apparaît comme produit final, est enrichi en  $^{14}\text{N}$  et le nitrate résiduel (non dénitrifié) s'enrichit en  $^{15}\text{N}$ . Ainsi pendant la dénitrification, alors que la concentration en nitrates diminue régulièrement, le  $\delta^{15}\text{N}$  des nitrates augmente de façon importante.

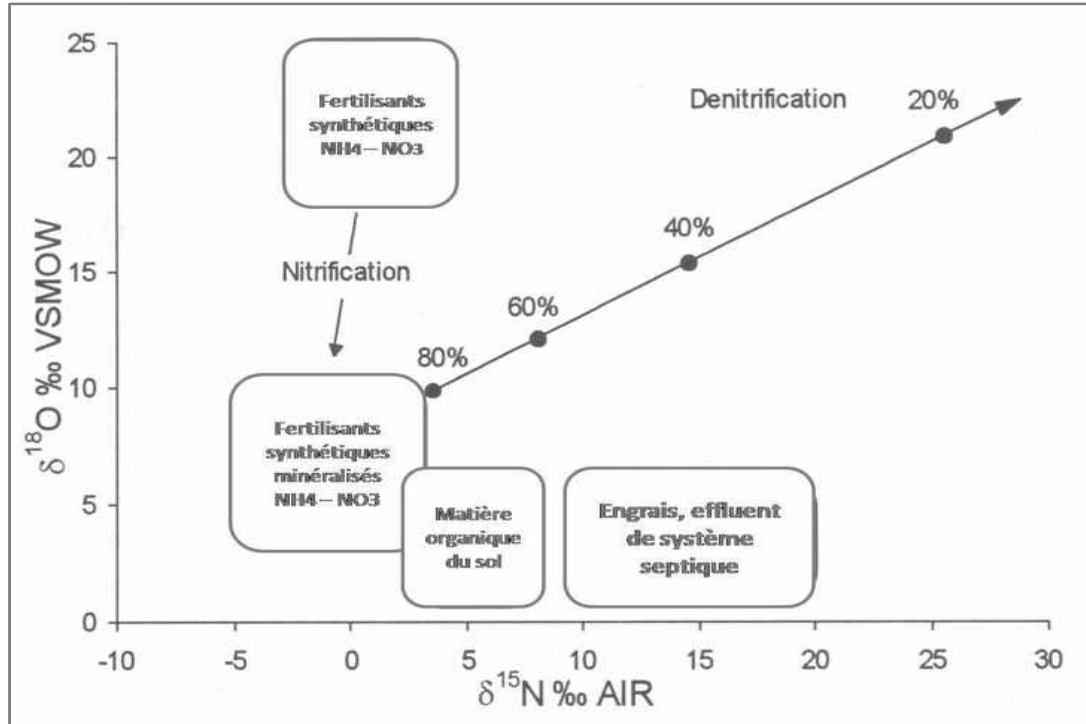


Figure 3: Diagramme  $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  selon Clark and Fritz, 1997.

#### I.5 Effets des nitrates sur la santé humaine

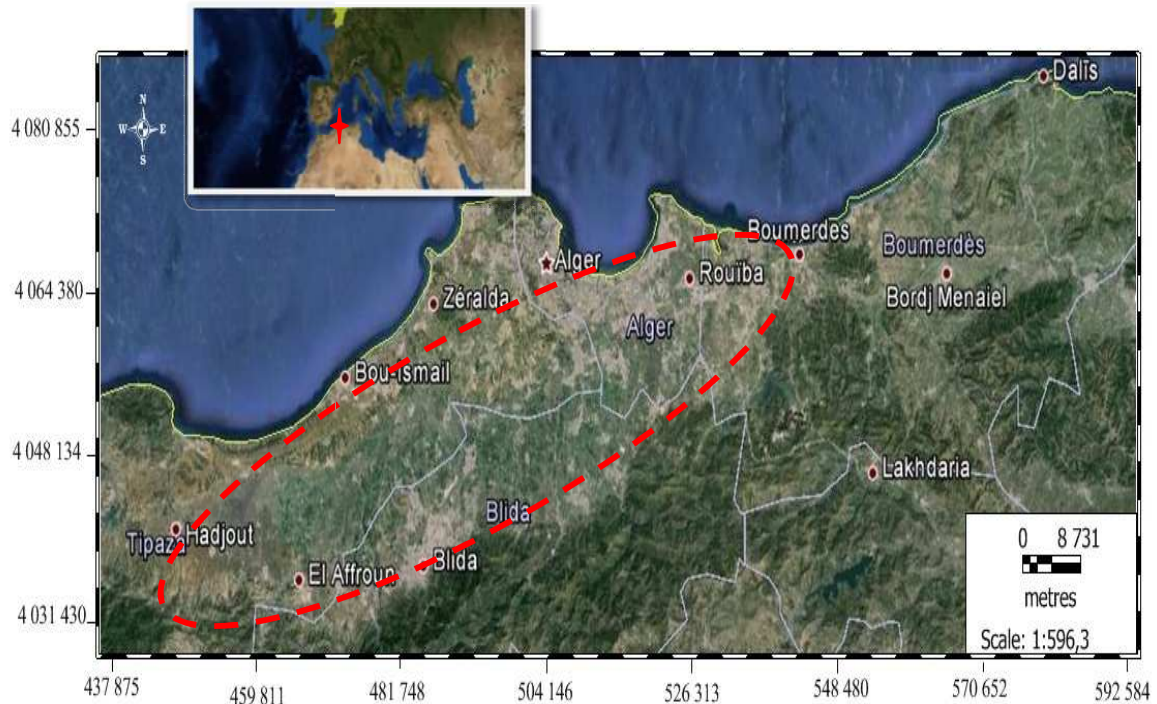
L'ingestion d'une forte teneur de nitrates peut entraîner des maladies graves et parfois mortelles, notamment chez les jeunes enfants. Les nitrates interfèrent avec la capacité du sang à transporter l'oxygène. Cette condition est connue sous le nom de « méthémoglobinémie » ou de « maladie bleue », parce que les symptômes comprennent l'essoufflement et la cyanose (coloration bleue de la peau). Dans la méthémoglobinémie, surtout grave chez le nourrisson, le nitrite se réduit en faisant passer l'hémoglobine de l'état  $\text{Fe}^{2+}$  à l'état  $\text{Fe}^{3+}$  incapable de fixer l'oxygène.

Un autre problème est celui du rôle cancérigène des nitrates (qui se transforment en nitrites) dans l'eau de boisson. Le nitrite pourrait engendrer aussi la formation de composés N-nitrosés cancérigènes soit dans l'aliment, soit dans le système digestif.

## Chapitre II : Description de la zone d'étude

## II.1 Localisation géographique

La Mitidja est une vaste plaine qui a été comblée par des dépôts d'origine marine ou continentale, au cours de l'ère Tertiaire et de l'ère Quaternaire. C'est une dépression allongée d'Ouest en Est, orientée suivant une direction OSO-ENE, avec une longueur d'environ 80 km et une largeur variant entre 10 et 20 km (figure 4).



**Figure 4:** Situation géographique de la Mitidja (Google Earth 2013).

La plaine de la Mitidja est répartie entre les wilayas d'Alger, de Blida, de Tipaza et de Boumerdes, sa superficie globale avoisine les 1300 km<sup>2</sup>. Elle est située entre les longitudes 2°32'00 à 3°19'00 E et les latitudes 36°25'17 à 36°47'40 N. Bordée par deux reliefs élevés, au nord par les collines du Sahel algérois, au sud par l'Atlas blidéen et elle est directement en contact avec la mer méditerranéenne.

La zone d'étude occupe la partie orientale de la plaine de la Mitidja qui s'étend depuis l'oued El Harrach à l'Ouest jusqu'à l'oued Boudouaou à l'Est, plus précisément la partie septentrionale de Bordj El-kiffan, qui est en contact direct avec la mer (figure 5).



**Figure 5:** Situation géographique de la zone d'étude (Google Earth 2013).

## II.2 Aperçu géologique

Le contexte géologique de la Mitidja est très complexe, du fait qu'il existe un passage brusque des terrains métamorphiques anciens d'âge Primaire vers des terrains sédimentaires d'âge Tertiaire (Figure 6) (Benallal et Ourabia, 1988)

### II.2.1 Le Primaire

Il correspond à des terrains métamorphiques anciens, très tectonisés, constitués de roches cristallophylliennes qui sont essentiellement formées de gneiss, de schistes, de micaschistes et de marbres. Il est représenté par des affleurements réduits isolés dans le massif d'Alger et dans la région de Bordj-El-Bahri. (Saadallah, 1981)

### II.2.2 Le Secondaire

Les terrains secondaires sont absents dans toute la zone d'étude de la plaine de la Mitidja.

### II.2.3 Le Tertiaire

Il est marqué par une lacune de l'Éocène et de l'Oligocène et recouvre en discordance le socle métamorphique. Il est représenté par plusieurs formations géologiques d'âge Mio-Pliocène.

#### a. Le Miocène

Le Miocène est présent sous la plaine de la Mitidja et dans le cœur de l'anticlinal du Sahel. Il affleure par endroits dans l'Atlas blidéen sur la bordure sud du bassin de la Mitidja (L. Glangeaud, 1952 ; A. Aymé, 1954).

#### b. Le Pliocène

Deux étages peuvent être individualisés dans le pliocène, ces formations occupent essentiellement le Sahel :

### ➤ Le Plaisancien (pliocène inférieur)

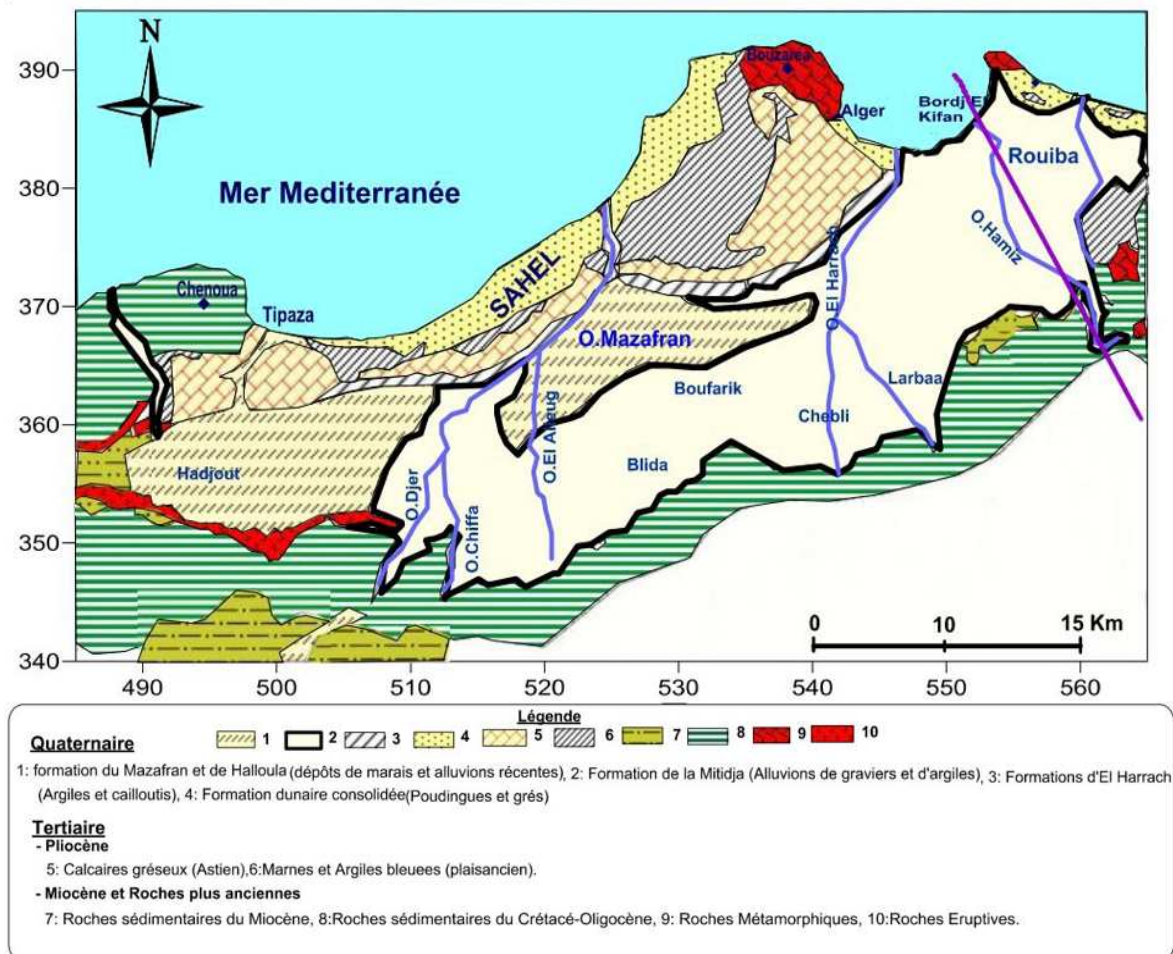
Il est formé essentiellement par des marnes bleues argileuses. Le Plaisancien forme le substratum subsident du bassin de la Mitidja (*Glangeaud, et al., 1952*).

### ➤ Astien (pliocène supérieur)

Il est bien développé dans la partie Sud du Sahel et apparaît très peu sur la bordure Sud de la plaine de la Mitidja. Il se présente sous forme de marnes jaunâtres et de calcaires sableux. (*Glangeaud, et al., 1952*).

## II.2.4 Le Quaternaire

Les formations du Quaternaire résultent de l'accumulation des produits de l'érosion de l'Atlas Tellien dans la Mitidja et dans le Sahel. Il y a eu d'abord le dépôt de formations continentales détritiques, représentées par des sols rouges gréco-carbonatés et une formation de marne et cailloutis, comblant en partie le synclinorium Mitidjien (*Aymé, 1964*). Puis, des terrasses marines formées par la Consolidation des dunes et des dépôts alluviaux contenant du sable, gravier, argile sableuse, conglomérats et des microconglomérats à ciment calcaire (*Djedi, 1996 in JICA, 2006*).



**Figure 6:** Carte géologique de la Mitidja orientale d'après. (*Mac Donald et Partners, 1992*).

## II.3 Aperçu hydrogéologique

Les ressources en eaux souterraines de la plaine de la Mitidja Orientale ont fait l'objet de plusieurs études et campagnes de prospection.

La nappe aquifère de la Mitidja est constituée par deux horizons aquifères (figure 7) :

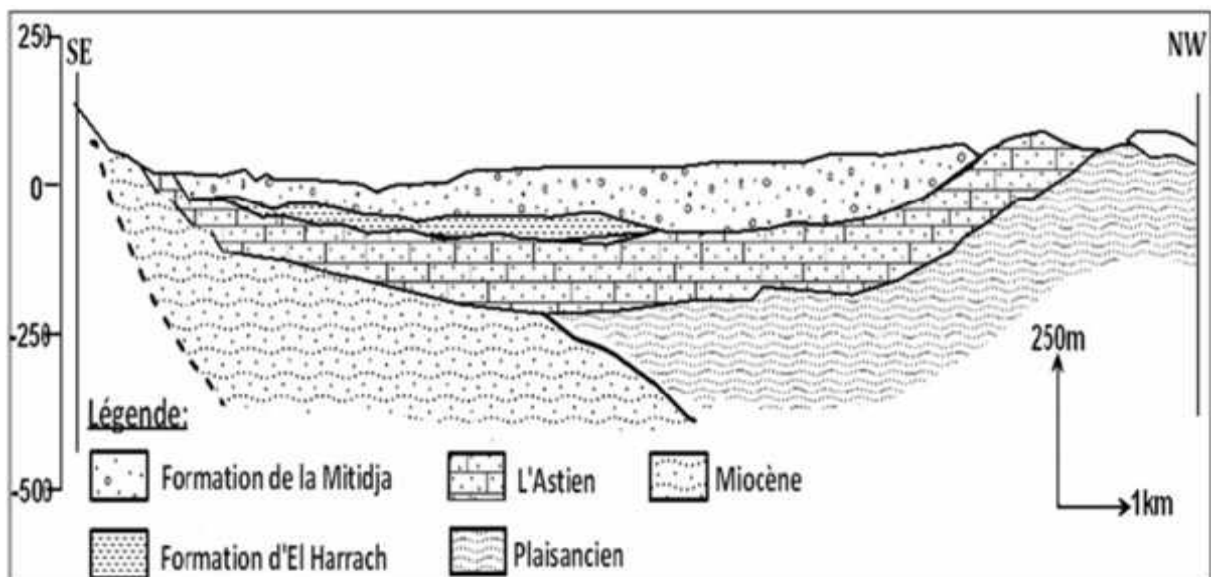
- Les grès de l'Astien, qui affleurent essentiellement sur les collines du Sahel.
- Les alluvions du Quaternaire, qui affleurent sur la majeure partie de la plaine.

### II.3.1 Aquifère de l'Astien

Il s'étend sous la majeure partie du bassin alluvial, il affleure sur les collines du Sahel et sur des endroits peu nombreux le long de la base des monts de l'Atlas à l'Est, son épaisseur moyenne est de 100 à 130 m. Il est limité par deux formations bien distinctes, les marnes bleues du Plaisancien et les argiles jaunes de la formation d'El Harrach, sauf dans la partie Nord-Ouest où il est en contact direct avec l'aquifère du quaternaire.

### II.3.2 Aquifère du Quaternaire

Il constitue la principale nappe aquifère de la Mitidja, il est constitué par des alluvions anciennes et récentes qui ont comblé le bassin subsident de la Mitidja. Son épaisseur varie entre 100 et 200 m et s'amincit vers les bordures de la plaine. Cette nappe aquifère joue un rôle capital dans le développement socio-économique de la région d'Alger et ses environs pour l'alimentation en eau potable, l'irrigation et l'industrie. Elle est exploitée par plusieurs centaines d'ouvrages.



**Figure 7:** Coupe géologique longitudinale de la Mitidja Est (Bennie, et al., 1983).

### **II.3.3 Alimentation des aquifères**

Les aquifères de la Mitidja sont alimentés par :

- Les précipitations
- L'infiltration à partir des Oueds (El-Harrach et Hamiz)
- Le réservoir Astien par drainance

### **II.4 Aperçu géomorphologique**

L'étude morphologique de cette région permet de distinguer trois unités géomorphologiques du Nord vers le Sud:

#### **II.4.1 Le Sahel**

Il correspond à un bombement anticlinal à faible pente avec une altitude de 200 à 250 m et qui sépare la plaine de la mer.

#### **II.4.2 La plaine de la Mitidja**

La plaine de la Mitidja est une zone d'affaissement général à remplissage plio-quadernaire d'orientation ENE-WSW. Elle à une altitude moyenne de 40 à 50 m.

#### **II.4.3 L'Atlas Blidéen**

Il correspond à un massif montagneux d'orientation NE-SW, limitant au Sud la plaine et atteignant une altitude d'environ 1600 m. Cette chaîne montagneuse présente un relief très accidenté, découpé par les gorges profondes des oueds principaux.

### **II.5 Aperçu hydrographique**

Le réseau hydrographique de la plaine de la Mitidja orientale est représenté par trois principaux oueds : oued El Harrach, oued Hamiz et oued Réghaia (figure 8).

#### **II.5.1 Oued El Harrach**

Il constitue l'un des principaux cours d'eau en raison de la superficie de son bassin versant qui est de l'ordre de 1200 Km<sup>2</sup>. Cet oued est dévié de son lit plusieurs fois. Actuellement, il traverse la plaine du Sud au Nord pour s'infléchir vers le NE au pied du Sahel jusqu'à la cluse d'El-Harrach.

#### **II.5.2 Oued El Hamiz**

Il prend source dans l'Atlas blidéen avant de traverser la plaine de la Mitidja, c'est un cours d'eau de moindre importance que l'oued El Harrach du fait de la superficie de son bassin versant qui est environ 270 Km<sup>2</sup>.

#### **II.5.3 Oued Réghaia**

L'oued Réghaia fait transiter tous les effluents provenant des zones industrielles de Rouiba et de Réghaia, cet oued est considéré comme un oued secondaire.

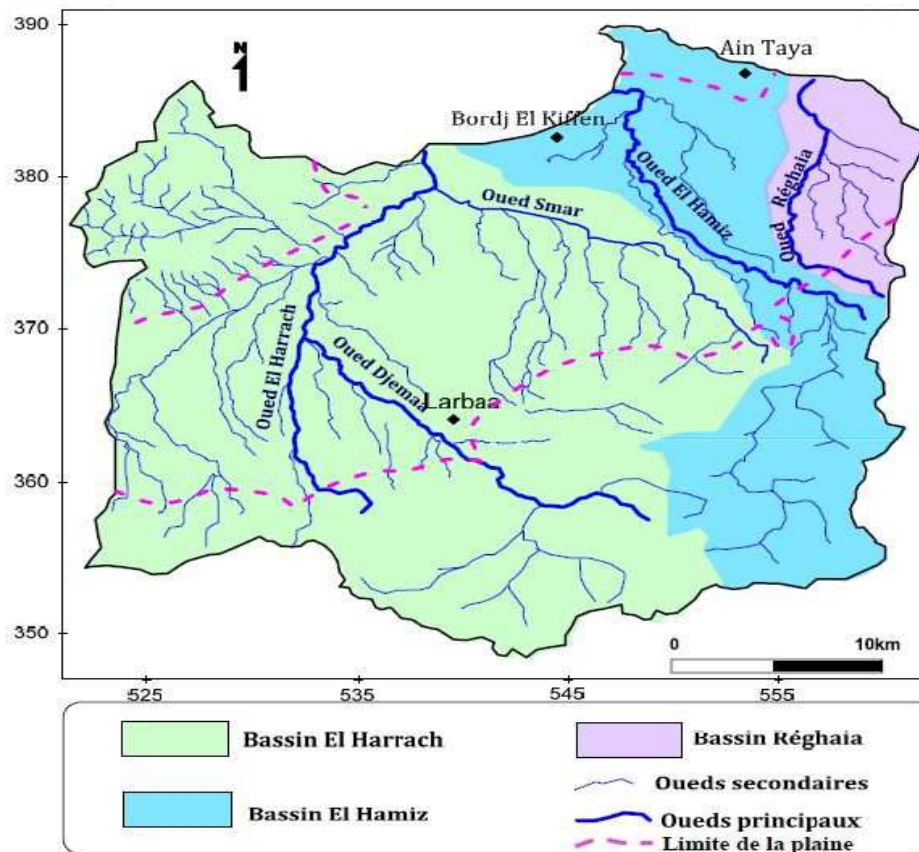


Figure 8: Réseau hydrographique de la Mitidja Est.

## II.6 Aperçu climatologique

Les données climatiques ont été recueillies au sein de l'Agence National des Ressources Hydrauliques (ANRH) et l'Office National de la Météorologie (ONM) de Dar El Beida sur une période de 30 ans allant de 1980 à 2010.

### II.6.1 Type de climat

La zone d'étude se situe à la côte de la mer Méditerranée, elle est caractérisée par un climat de type méditerranéen humide à deux saisons distinctes :

- Une saison hivernale humide et froide.
- Une saison estivale sèche et chaude.

### II.6.2 La précipitation

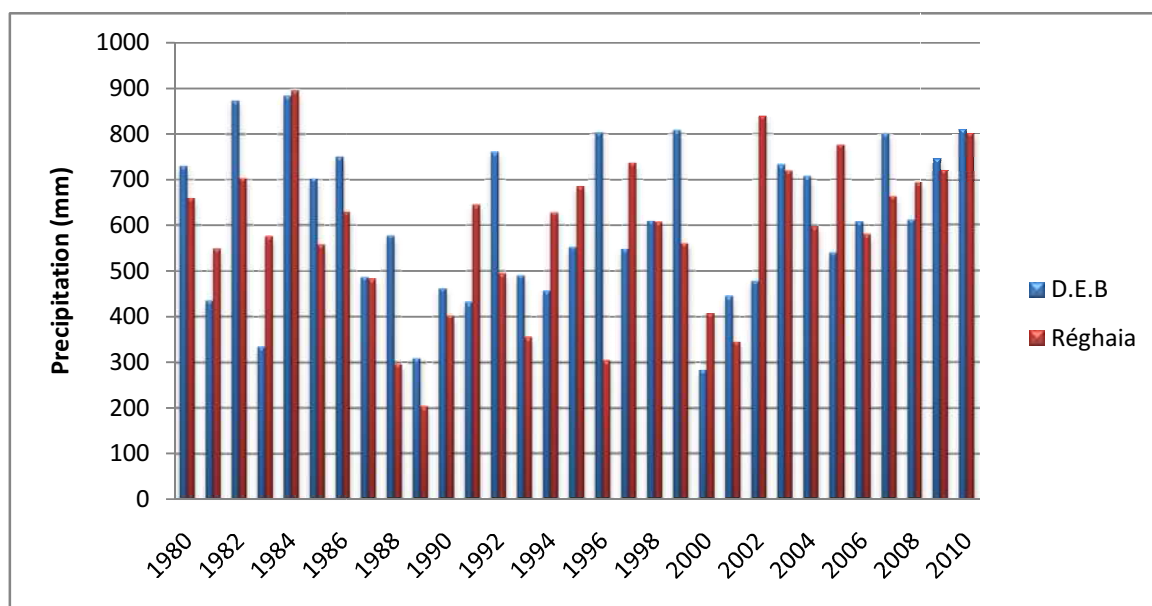
Deux stations sont prises en compte dans la zone d'étude :

- La station de Dar El Beida
- La station de Réghaïa

Les précipitations moyennes annuelles pour une période de 30 ans au niveau de deux stations considérées sont représentées dans le tableau (tableau 1)

**Tableau 1:** Précipitations moyennes annuelles (mm) des deux stations.

| Années         | Dar El Beida | Réghaia    |
|----------------|--------------|------------|
| 1980           | 729          | 659        |
| 1981           | 435          | 550        |
| 1982           | 873          | 703        |
| 1983           | 332          | 575        |
| <b>1984</b>    | <b>883</b>   | <b>894</b> |
| 1985           | 702          | 558        |
| 1986           | 751          | 629        |
| 1987           | 486          | 482        |
| 1988           | 577          | 296        |
| <b>1989</b>    | <b>309</b>   | <b>203</b> |
| 1990           | 462          | 401        |
| 1991           | 431          | 644        |
| 1992           | 759          | 493        |
| 1993           | 489          | 355        |
| 1994           | 456          | 628        |
| 1995           | 552          | 685        |
| 1996           | 803          | 304        |
| 1997           | 547          | 737        |
| 1998           | 610          | 607        |
| 1999           | 807          | 561        |
| <b>2000</b>    | <b>282</b>   | <b>407</b> |
| 2001           | 443          | 345        |
| 2002           | 477          | 840        |
| 2003           | 733          | 719        |
| 2004           | 706          | 596        |
| 2005           | 539          | 777        |
| 2006           | 608          | 580        |
| 2007           | 800          | 663        |
| 2008           | 613          | 693        |
| 2009           | 745          | 720        |
| <b>2010</b>    | <b>810</b>   | <b>801</b> |
| <b>Moyenne</b> | <b>604</b>   | <b>584</b> |

**Figure 9:** Histogrammes des précipitations moyennes annuelles (1980-2010).

### a. Station de Dar El Beida

La moyenne annuelle des précipitations (1980-2010) est de 614 mm/an.

D'après l'histogramme des précipitations moyennes annuelles (figure 9), nous constatons une année sèche pour l'année 2000 avec une moyenne de 282 mm qui correspond à 46.73 % des précipitations moyennes annuelles. Cependant, l'année hydrologique 2009-2010 correspond à une année pluvieuse avec une moyenne de 810 mm, soit 134.23 % des précipitations moyennes annuelles.

### a. Station de Réghaia

La moyenne annuelle des précipitations (1980-2010) est de 591 mm/an.

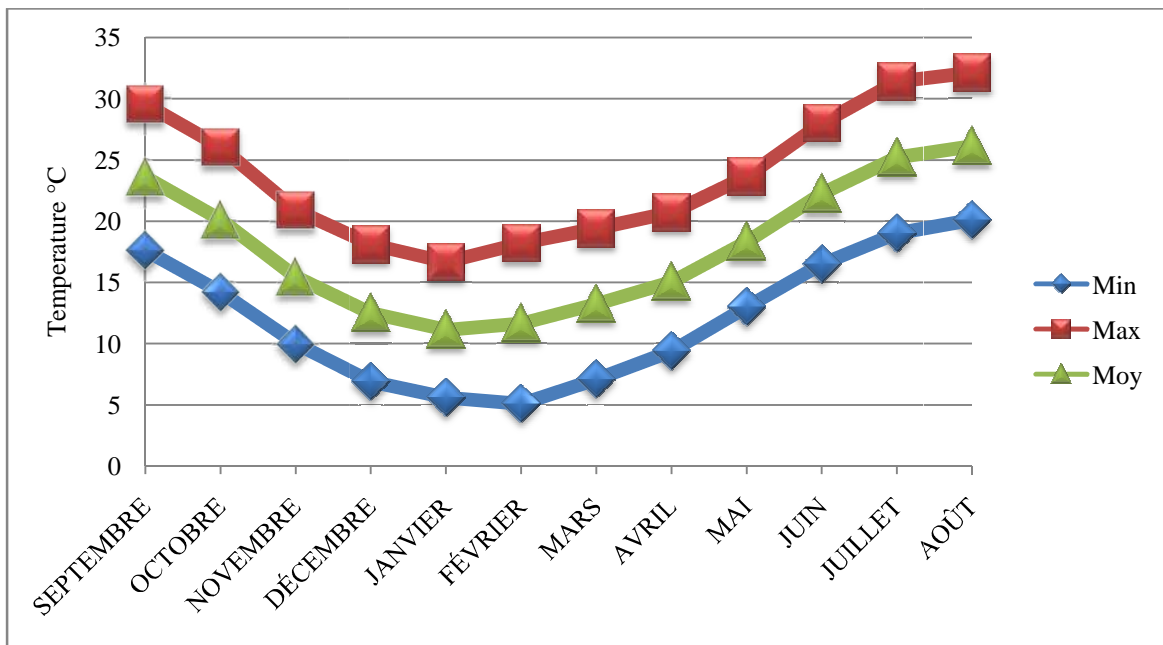
D'après l'histogramme des précipitations moyennes annuelles (figure 9), l'année 1984 correspond à une année pluvieuse avec une valeur de 894 mm, soit 153.07 % des précipitations moyennes annuelles. Par contre, l'année sèche a été enregistrée en 1989 avec une moyenne de 203 mm et qui correspond à 34.75 % des précipitations moyennes annuelles. Une année pluvieuse 2009-2010 a été enregistrée avec une valeur de 801 mm, soit 137.15 % des précipitations moyennes annuelles.

## II.6.3 La température

Le choix a porté sur la station de Dar El Beida dont les données sont les plus représentatives concernant les valeurs de température. Les relevés de température effectués dans la station de Dar El Beida sont représentés dans le tableau (tableau 2)

**Tableau 2:** *Variation de la température moyenne enregistrée au niveau de la station de Dar El- Beida (1980-2010).*

|     | Sep   | Oct   | Nov   | Dec  | Jan   | Fev   | Mar   | Avr   | Mai   | Juin  | Juil | Aout  | Moyenne annuelle |
|-----|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------------------|
| Min | 17.6  | 14.2  | 10    | 6.9  | 5.6   | 5.1   | 7.1   | 9.4   | 13    | 16.5  | 19   | 20.1  | 12.04            |
| Max | 29.54 | 26.04 | 20.88 | 18.1 | 16.66 | 18.2  | 19.4  | 20.7  | 23.66 | 28    | 31.4 | 32.12 | 23.7             |
| Moy | 23.57 | 20.12 | 15.44 | 12.5 | 11.13 | 11.65 | 13.25 | 15.05 | 18.33 | 22.25 | 25.2 | 26.11 | 17.88            |



**Figure 10:** Variation de la température moyenne, maximale et minimale, à la station de Dar El-Beida (1980-2010).

D'après les variations de Température moyenne, on distingue :

- Une période froide s'étalant du mois de Novembre jusqu'au mois de Mai avec une température moyenne minimale de 11.13 °C enregistrée au mois Janvier.
- Une période chaude s'étalant du mois Juin jusqu'au mois d'Octobre. La température moyenne la plus élevée est observée au mois d'Aout avec une valeur maximale de 26.11 °C.

# Chapitre III :

## Méthodologie de travail

### III.1. Prélèvement et conservation des échantillons d'eau

Les activités menées dans le cadre de cette étude sont la réalisation des campagnes de mesures et de prélèvements d'eau uniquement sur les forages et piézomètres qui présentent des concentrations élevées en nitrates dans les différents champs captant , à savoir Bouréah, Hamiz, Dar- El -Beida , Rouiba et Réghaia (figure 11) .

Les prélèvements pour l'analyse de l'azote-15 ont été réalisés en respectant le protocole du laboratoire, à savoir échantillons filtrés (250 ml) et acidifiés (quelque goutte de l'acide chlorhydrique pur), sur une eau en concentration de nitrates environ **20 à 30mg/l**.

Les points échantillonnés sont au nombre de 26 repartis entre forages et piézomètres, ils ont fait l'objet d'analyse isotopique en azote-15 et oxygène-18 des nitrates au **laboratoire de géochimie ISO4 de l'Université de Pavia en Italie** en utilisant le spectromètre de masse Varian de Type MAT 251 (figure 20).

Les prélèvements ont été sélectionnés sur la base des résultats hydrochimiques de la première campagne de 2013. Les échantillons d'eau ont été prélevés au niveau des forages et piézomètres accessibles à l'aide d'un échantillonneur d'eau de type Bailer (figure 12) et un préleveur d'eau de type Niskin (figure 13). Certains forages sont équipés par des robinets et donc plus accessibles pour les prélèvements d'eau.

Les échantillons d'eau ont été prélevés dans des flacons en polyéthylène de différents volumes pour les analyses chimiques et isotopiques au laboratoire. Chacun des flacons est numéroté soigneusement avec la date de prélèvement, le numéro de l'ouvrage, et la nature des analyses à effectuer. Ils ont été ensuite rincés deux ou trois fois avec l'eau à analyser afin qu'ils gardent les mêmes caractéristiques des eaux. Les échantillons d'eau sont ensuite transportés dans des glacières et conservés dans le réfrigérateur à 4 °C au laboratoire de sédimentologie du CRNA.

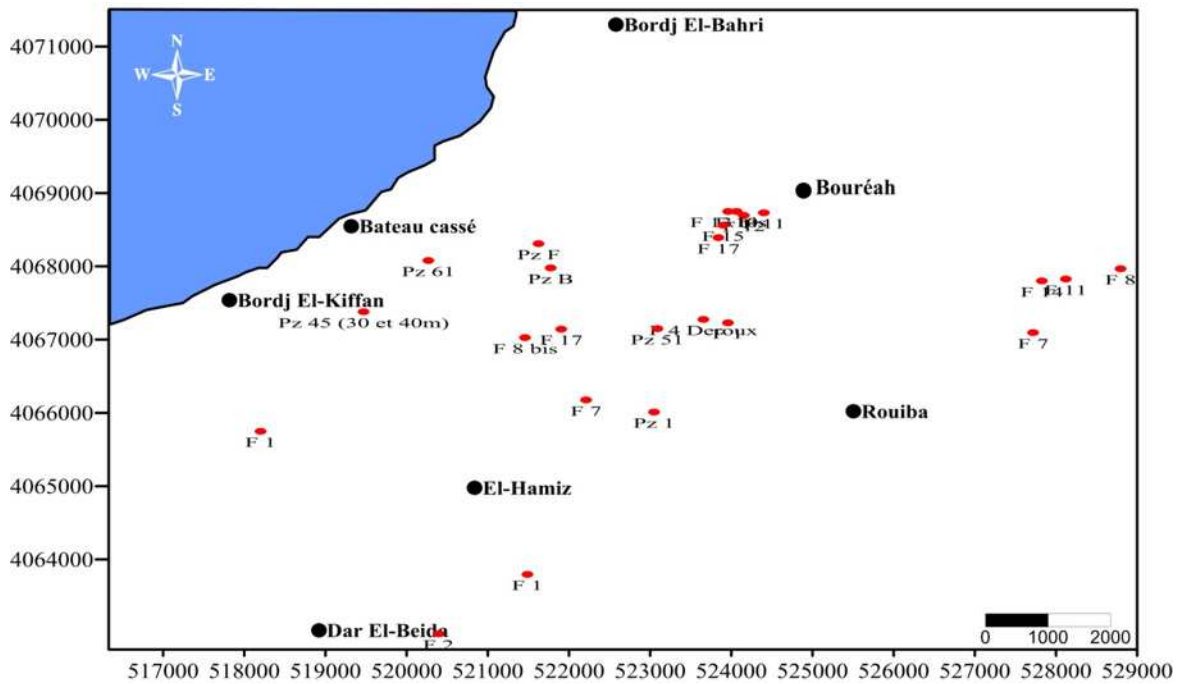


Figure 11: Répartition spatiale des ouvrages échantillonnés.

## III.2. Moyens et méthodes d'analyses

### III.2.1. Mesure des caractéristiques physico-chimiques in situ

Les mesures in situ des paramètres physico-chimiques tels que la conductivité électrique, la température et le pH ont été effectuées au moment de l'échantillonnage. Ces mesures ont été réalisées avec un conductivimètre de type WTW relié à une sonde (figure 14) et la sonde de mesure de pH. Les différents types d'équipements et matériels utilisés sur le terrain sont :

- Préleveur d'eau de type **Bailer** et 100 m de câble.
- Préleveur d'eau de type **Niskin** et 100 m de câble.
- Conductivimètre de type **WTW** avec sonde et 100 m de câble.
- Sonde de mesure de pH de type **Hanna** avec une précision de 0,01.
- GPS (Global Position System) de type **Garmin**.
- Plusieurs flacons de différents volumes (500ml, 250 ml, 100 ml, etc...).
- Système de filtration de type **EZ FitHOLD1** au laboratoire.

### III.2.2. Analyses au laboratoire

Les échantillons d'eau prélevés au niveau des champs captant ont été analysés au laboratoire de l'ANRH qui dispose d'une **chaîne automatique d'analyse par colorimétrie** (figure 18) capable d'analyser la plupart des éléments majeurs dans l'eau, et d'un **spectrophotomètre d'émission de flamme modèle 410** (figure 19).

Ces deux dispositifs permettent d'analyser les concentrations en éléments suivants :

- Les cations ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ),
- Les anions ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ).



**Figure 12:** *Préleveur de type Bailer.*



**Figure 13:** *Préleveur d'eau de type NISKIN.*



**Figure 14:** *Conductivimètre avec sonde.*



**Figure 15:** *pH-mètre.*



**Figure 16:** *Flacons en polyéthylène.*



**Figure 17:** *GPS.*



**Figure 18:** *Chaine automatique d'analyse par colorimétrie.*



**Figure 19:** *Spectrophotomètre d'émission de flamme modèle 410.*



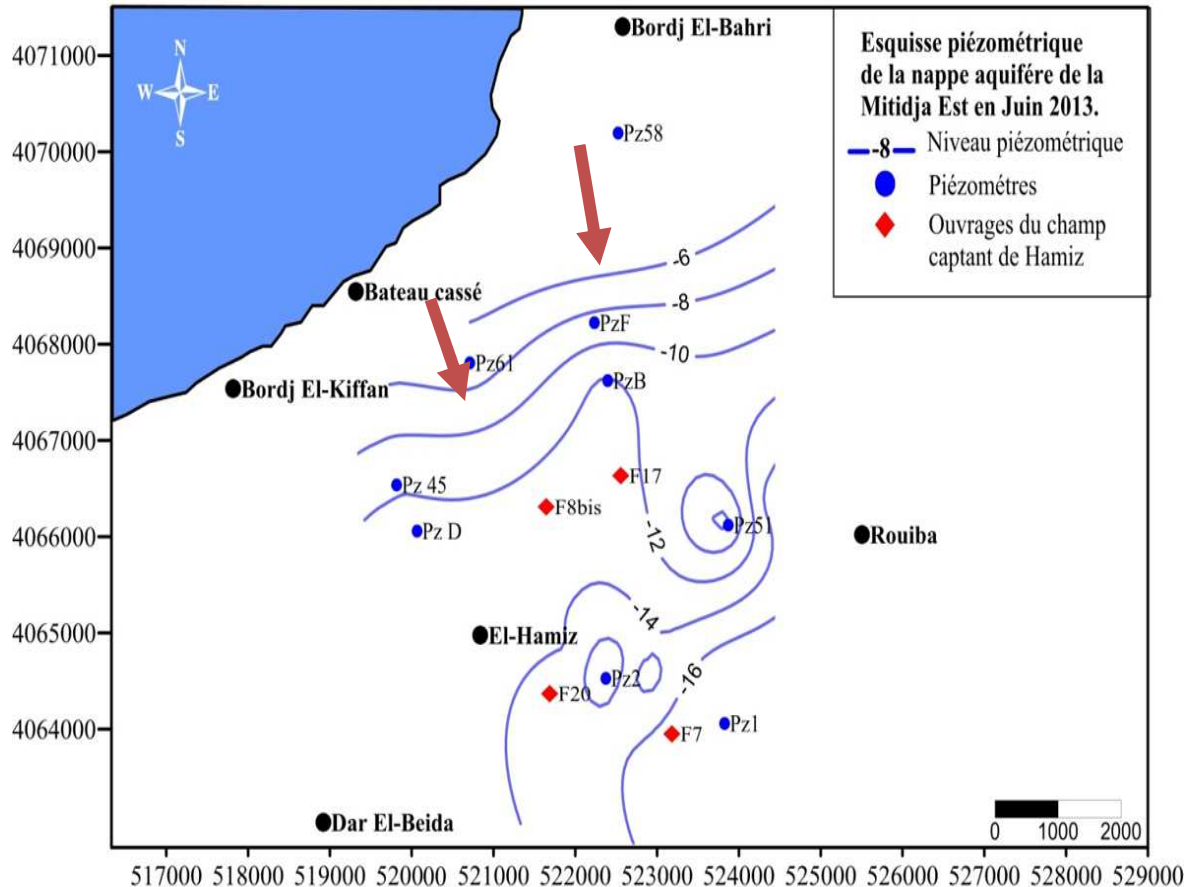
**Figure 20:** *Spectromètre de masse Varian de type MAT 251*

# Chapitre IV :

## Résultats et discussion

### IV.1 Piézométrie de la nappe aquifère de la Mitidja Est

Depuis les années 1980, la piézométrie de la zone d'étude a beaucoup évolué. L'augmentation des prélèvements par la mise en exploitation des champs captant (Baraki, 1979, Dar El-Beida, 1980, Hamiz, 1983, Rouiba et Bouréah 2001) ainsi que par la présence de nombreux forages agricoles et industriels licites et illicites ont entraîné un rabattement de nappe de l'ordre de 25 m en 30 ans.



**Figure 21:** Esquisse piézométrique de la nappe aquifère de Mitidja Est en Juin 2013.

Actuellement, sur la quasi-totalité des points, la piézométrie s'établit à un niveau inférieur à celui du niveau de la mer. Au niveau du champ captant du Hamiz, le niveau piézométrique peut atteindre 19m sous le niveau de la mer (au niveau du Pz 1 Hamiz). Les lignes de courant indiquent des écoulements en direction de la mer vers le continent

### IV.2 La température

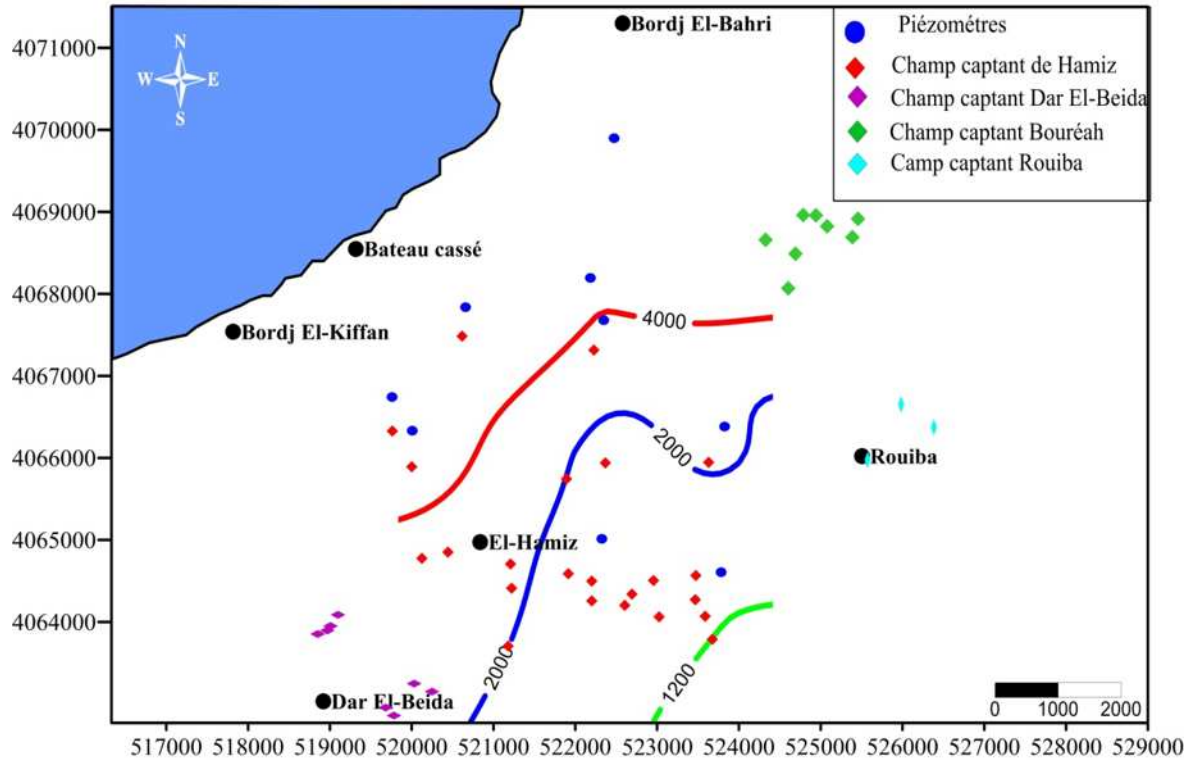
Les valeurs de la température varient entre 19 et 23 °C avec une moyenne de  $20,53 \pm 1,11$  °C. Tous les ouvrages mesurés ont presque les mêmes grandeurs de température.

### IV.3 Le pH

Les valeurs de pH varient entre une valeur minimale de l'ordre de 6,75 enregistrée au niveau du forage F7 du champ captant de Hamiz à 40 m, et une valeur maximale de 8,64 enregistrée au niveau du piézomètre Pz 58 située à Bordj-El-Bahri. Avec une valeur

moyenne de  $7,19 \pm 0,12$ , en général, les eaux souterraines de la région d'étude présentent un pH neutre.

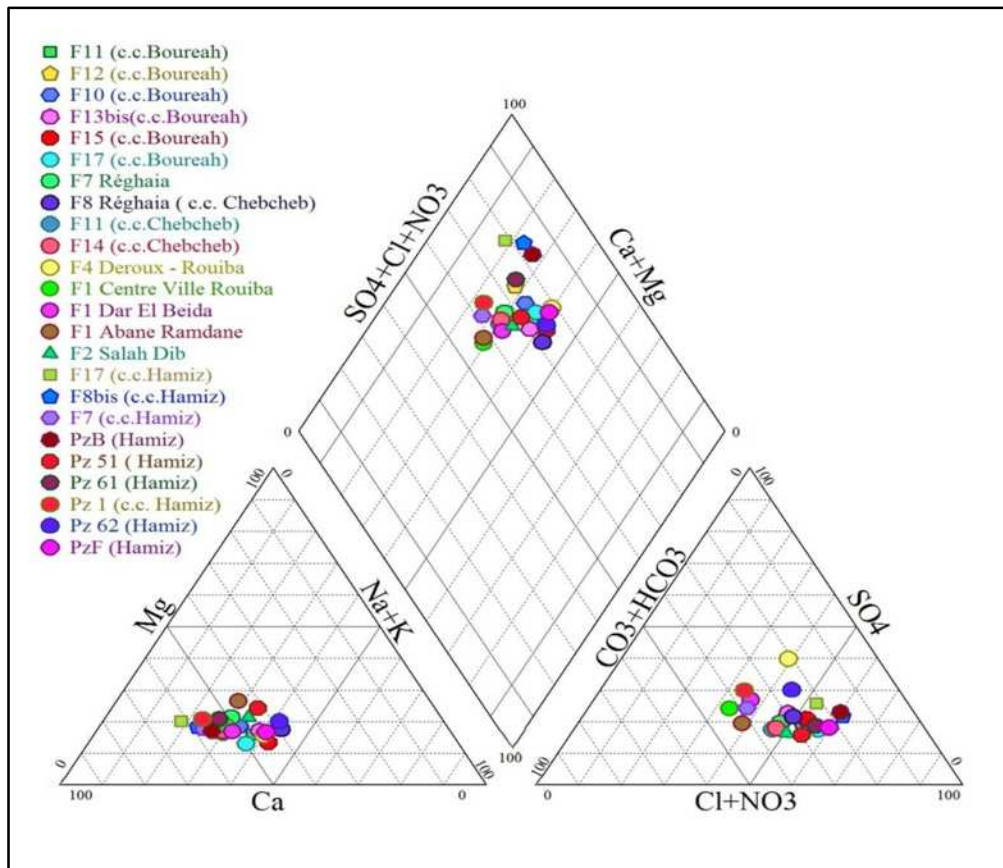
#### IV.4 La conductivité



**Figure 22:** Carte de conductivité des eaux souterraines en juin 2013 dans le secteur d'étude

La carte de conductivité de juin 2013 montre une avancée importante du front salé depuis la côte. La plupart des piézomètres contaminés par les eaux salées se trouvent dans la zone où la conductivité est supérieure à 4000 µS/cm. On remarque que l'isovaleur 2000 µS/cm se trouve à l'intérieur du champ captant du Hamiz. Par contre, celle de 1200 µS/cm correspond à l'avancée du front salé à la limite du champ captant du Hamiz (figure 22).

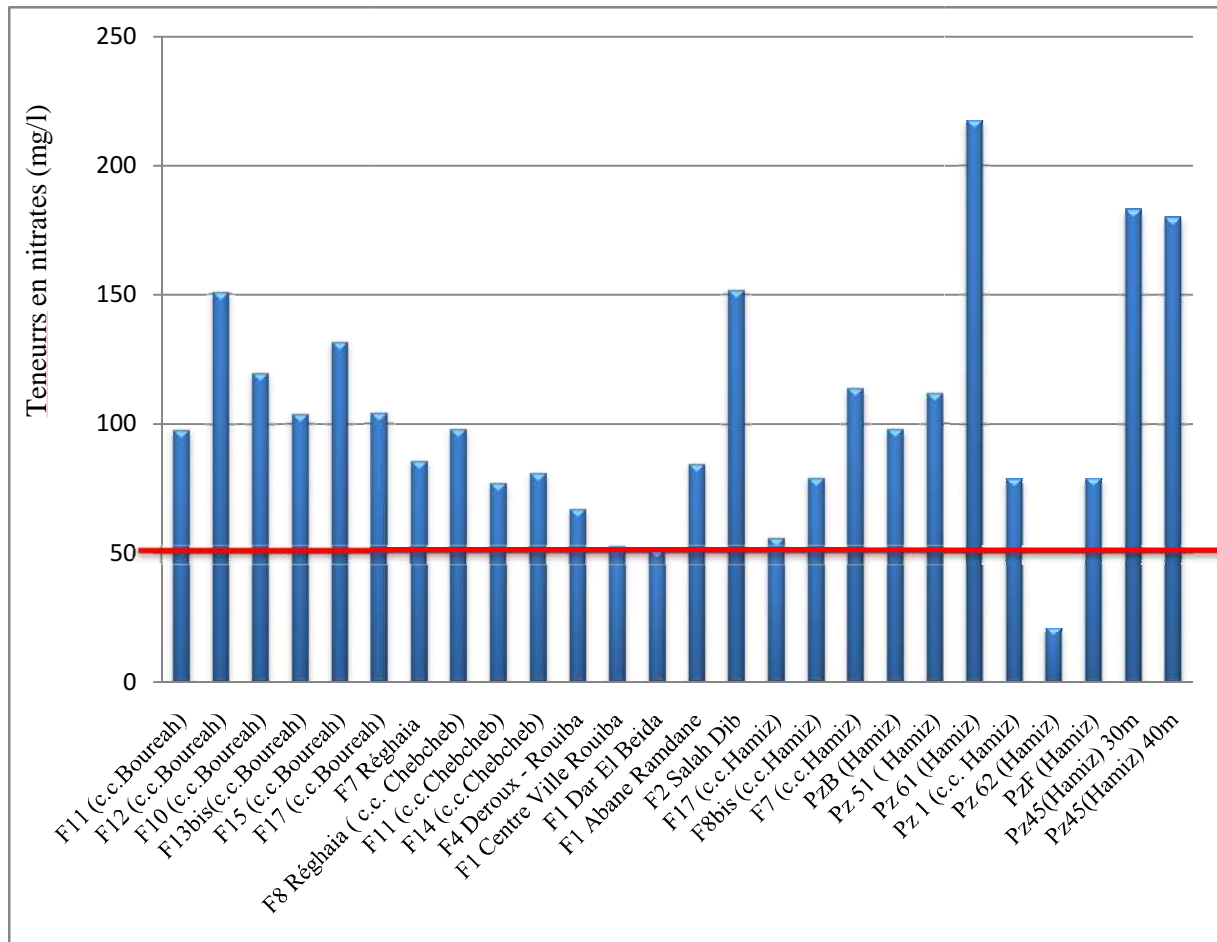
## IV.5 Les faciès chimiques



**Figure 23:** *Faciès chimique globale de la zone d'étude en 2013.*

Les résultats des analyses chimiques des eaux des 26 points prélevés au niveau des forages et des piézomètres sont reportés sur le diagramme de Piper (figure 23). Ils montrent une grande homogénéité chimique de type chloruré, sulfaté calcique et magnésien.

## IV.6 Evolution des teneurs en nitrates



**Figure 24:** Diagramme des teneurs en nitrates des forages et piézomètres de la région d'étude.

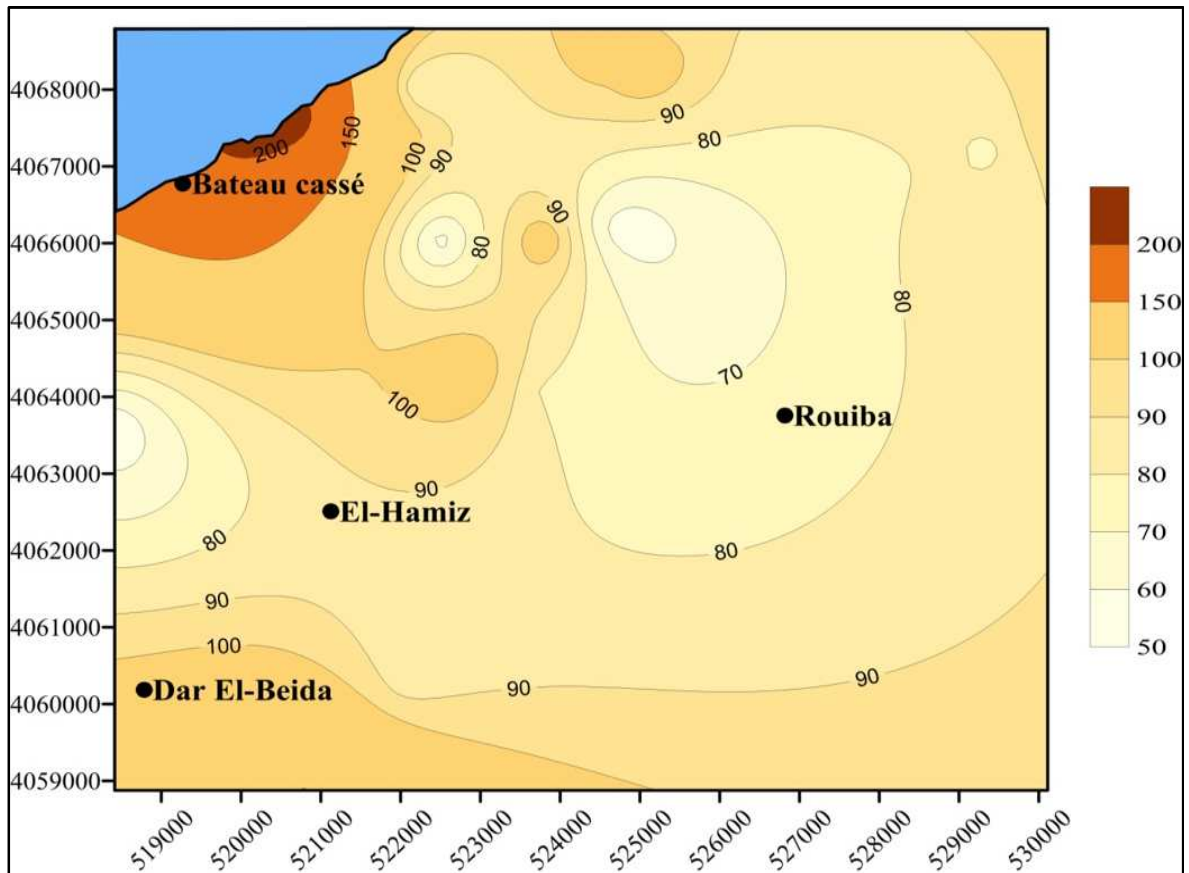
Le diagramme montre que les teneurs en nitrates des différents forages et piézomètres sont supérieures à 50 mg/l. En général, ces teneurs dépassent la concentration maximale admissible (CMA) pour l'AEP. Les teneurs moyennes en nitrates dans l'ensemble des ouvrages est de 102 mg/l avec la valeur maximale de 200 mg/l enregistrée sur le piézomètre Pz 61 (figure 24).

## IV.7 Répartition spatiale des teneurs en nitrate de la zone d'étude

La carte des teneurs en nitrates a été confectionnée à partir des résultats d'analyse chimique réalisée au laboratoire de l'Agence Nationale des Ressources Hydraulique (ANRH) suite à la campagne de prélèvement de 2013. On constate sur la carte que les teneurs en nitrates sont anormalement élevées et varient entre 70 et 150 mg/l.

Deux zones situées au Nord de Rouiba et au Nord Ouest de Dar El Beida présentent des teneurs limites de 50 à 60 mg/l.

Une zone fortement contaminée par les teneurs en nitrates avec la valeur de 200 mg/l se situe au niveau de l'exutoire de l'oued Hamiz à l'Est du bateau cassé (figure 25).



**Figure 25:** Répartition spatiale des teneurs en nitrates (mg/l).

#### IV.8 Résultats isotopiques des nitrates

Les points prélevés dans la plaine de Mitidja montrent des concentrations en nitrates très élevées ( $\text{NO}_3 > 50 \text{ mg/l}$  sauf Pz62 cc Hamiz), ce qui indique la présence d'une contamination anthropogénique. Les valeurs en  $\delta^{15}\text{N}$  sont supérieures à  $+7 \text{ ‰}$  (Figure 26).

Les points qui tombent dans le domaine des nitrates issus de la matière organique des sols ne peuvent pas être attribués à cette source naturelle, mais plutôt à une contamination mixte (**MIX**) avec une composante importante provenant de la décomposition de matière organique anthropogénique (**MOA**).

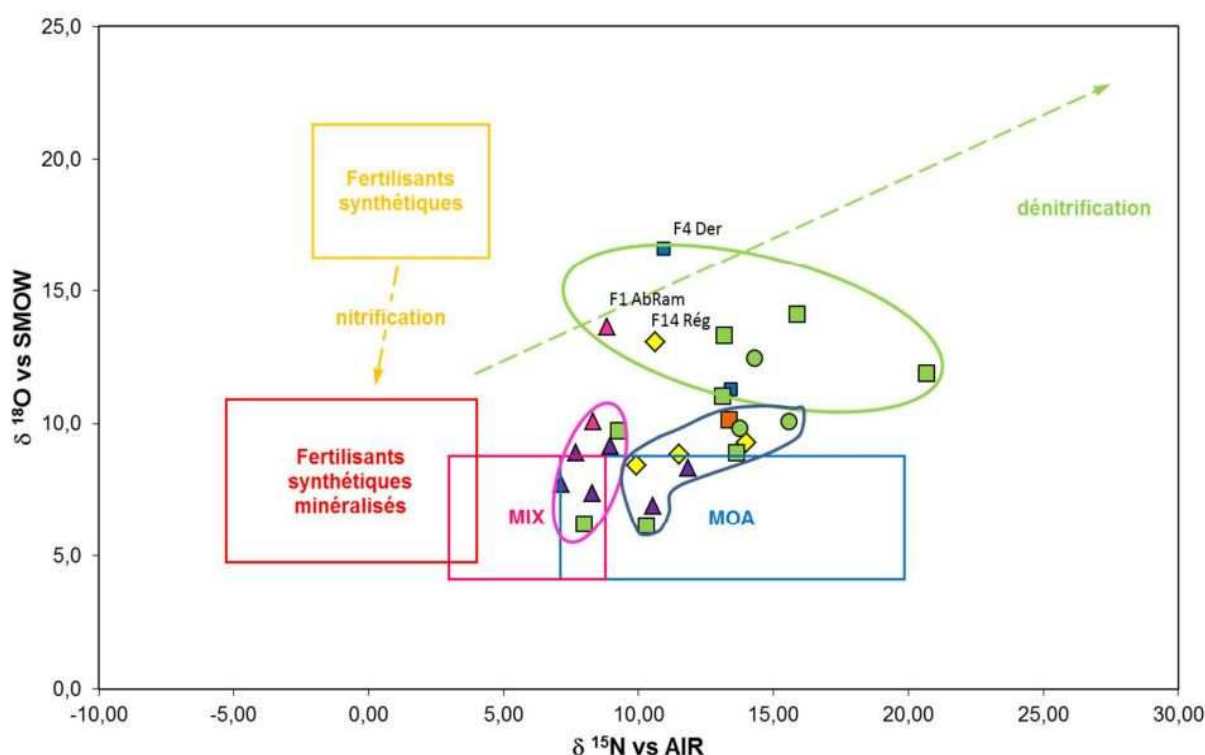
Aussi, certains points montrent la présence de dénitrification: celle-ci représente une capacité d'autoépuration de l'aquifère qui pourrait permettre une décontamination naturelle de la ressource, une fois l'apport anthropogénique réduit ou cessé. On observe que les forages en zone urbaine ont un signal de la matière organique anthropogénique (**MOA**), parfois partiellement dénitrifiée (F1 Rouiba, F1 Dar El Beida), ce qui suggère une origine liée à des fuites dans les réseaux d'assainissement.

En zone agricole, les nitrates sont issus de la matière organique anthropogénique (**MOA**) avec un apport de fertilisants synthétiques (champ **MIX** : F11, F12, F10, F13bis à Bouréah; F2 Salah Dib; PzB et Pz1 Hamiz) ou bien sont issus franchement de la matière organique anthropogénique (**MOA**). (F15, F17 à Bouréah; F7, F8, F11 à Réghaia; F8bis, F7, Pz51 à Hamiz).

Dans le cas du champ captant de Bouréah, la présence d'une ferme et d'un village vraisemblablement non connecté à un réseau d'assainissement sont soupçonnés d'être à l'origine de la contamination des forages F15 et F17, qui se trouvent dans une zone où le sol se montre plus sableux et donc à perméabilité plus importante. Certains échantillons montrent la présence d'un processus de dénitrification (F14 à Réghaia, F1 Abane Ramdane, F4 Deroux, F17, Pz61, Pz62, Pz45 à Hamiz) dont la raison n'est pas éclairée.

Sur la base de la composition isotopique des nitrates, les points analysés peuvent donc être regroupés en trois types (figure 26) :

- Les **MIX** (groupe mauve) où les nitrates sont issus d'un mélange entre **MOA** et fertilisants synthétiques,
- Les **MOA** (groupe bleu) dont l'origine est à partir de la matière organique anthropogénique,
- Les points en dénitrification partielle (groupe vert).



**Figure 26:** Diagramme interprétatif des résultats isotopiques obtenus sur les nitrates en 2013

**MIX**=mélange de **MOA** et fertilisants synthétiques. **MOA**=matière organique anthropogénique (rejets animaliers, fosses septiques, réseaux d'assainissement). Les points ont une couleur différente en fonction du champ captant (violet = Bouréah; rond vert = forages Hamiz; carré vert = piézomètres Hamiz; jaune = Réghaia; bleu = Rouiba; marron = Dar el Beida; mauve = Abane Ramdane et Salah Dib).

## **Conclusion et recommandations**

## Conclusion et recommandations

Cette étude rentre dans le cadre du projet de coopération technique avec l'Agence International de l'Énergie Atomique (AIEA) et intitulé « Préservation et protection des eaux souterraines contre les risques de pollution en utilisant les techniques isotopiques ».

Cette étude est réalisée au niveau de la nappe aquifère de la Mitidja Est qui est la plus vaste et la plus riche en eau douce, de bonne qualité. Elle approvisionne en eau l'agglomération d'Alger et sa périphérie ainsi que d'importants périmètres irrigués et de nombreuses industries. Compte tenu de son importance sur le plan socio-économique, de son étendue relativement importante et de sa relative complexité, cette nappe a bénéficié très tôt des techniques les plus avancées en matière de prospection et d'études.

Dans le cas de notre étude, nous présentons les résultats essentiels acquis lors de ce travail qui a consisté à l'utilisation combinée des techniques hydrochimiques et isotopiques pour étudier le problème de pollution par les nitrates de la nappe aquifère de la Mitidja Est.

Les paramètres physico-chimiques (température, conductivité et pH) de la nappe aquifère de la Mitidja montrent des températures homogènes comprises entre 19 et 23 °C mesurées dans tous les ouvrages. Les pH ont des valeurs comprises entre 6 et 7, en général, les eaux souterraines de la région d'étude présentent un pH neutre.

Les faciès chimiques des eaux de la région représentés sur le diagramme de Piper montrent une grande homogénéité chimique. Le faciès chimique est dominé par les eaux de type chloruré, sulfaté calcique et magnésien. Les teneurs en nitrates des différents forages et piézomètres montrent des valeurs pouvant dépasser 50 mg/l. Certains captages exploitant ces ouvrages délivrent des eaux dépassant la norme de portabilité de 50 mg/l de nitrates pour cette raison il est indispensable de faire des dilutions. Les teneurs moyennes en nitrates dans l'ensemble des ouvrages est de 102 mg/l avec la valeur maximale de 200 mg/l enregistrée sur le piézomètre Pz 61.

Concernant, les analyses des données isotopiques des nitrates ( $^{15}\text{N}$  et  $^{18}\text{O}$ ) réalisés sur 26 ouvrages (forages et piézomètres) montrent que sur l'ensemble des points la présence d'une contamination mixte avec composante importante en nitrates issus de la décomposition de la matière organique antropogénique (**MOA**) en région agricole, certains forages présentent aussi une contamination par la matière organique anthropogénique (**MAO**) et un apport de fertilisants synthétiques.

Ce projet sur l'aquifère de la Mitidja est d'importance capitale pour le pays et la région d'Alger. La nappe est affectée par des prélèvements non règlementés et des déversements des différents produits contenant de l'azote ce qui engendrent une dégradation de la qualité de l'eau. Cette zone étudiée est fortement compromise et il devient urgent de protéger la ressource en eau de l'impact anthropique. De nombreux forages sont actuellement à l'arrêt pour l'une ou l'autre raison, et les phénomènes observés ne cessent de s'empirer.

Il est nécessaire de procéder à un inventaire et à une réglementation des prélèvements effectués par les privés (puits agricoles et forages industriels) ainsi que l'utilisation des produits azotés dans l'agriculture afin d'éviter la surexploitation et la détérioration de la

## Conclusion et recommandations

qualité des eaux de la nappe. Dans ce cadre, les outils isotopiques fournissent des renseignements indispensables pour la compréhension de l'hydrodynamique et des sources de pollution.

# **Références bibliographiques**

- BAALI, F., et al. (2007).** Qualité des eaux souterraines et risque de pollution en milieu semi-aride. Cas de la cuvette de Chéria (NE Algerien). *Estudios Geol*, Vol 63, N° 2, ISSN 0367-0449. 133p.
- BEMMOUSSAT, A. (2011).** Impact de l'activité agricole sur la qualité des eaux souterraines à travers le bassin de la Tafna. *Mémoire de magister*, université de Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
- BORDET, J. (2007).** L'eau dans son environnement rural. *Copyright Editions Johanet, Paris*, ISBN 978-2-9000-86-71-1.
- CHEKROUD, H. (2007).** Etude de la pollution des eaux de la plaine de Telezza due aux activités agricoles et commerciales. *Mémoire de magister*, université du 20 Août 1955, Skikda. 43p.
- CHERY, L., et al. (2000).** Apport de l'hydrogéochimie isotopique à la connaissance de la pollution azotée sur un site du bassin de l'Arguenon (côtes d'Armor). *Rapport de phase 1, BRGM/RP-40911-FR*. 67p.
- COLLIN, J. J., SALEM, G. (1989).** Pollution des eaux souterraines par les nitrates dans les banlieues non assainies des pays en développement, le cas de Pikine (Sénégal). *Rapport BRGM*, note technique SGN / 3E, N°89/27.
- FATIH, B. (2009).** Cartographie par les différentes méthodes de vulnérabilité à la pollution d'une nappe côtière cas de la plaine alluviale de l'oued Djendjen (Jijel, Nord-Est Algerien). *Mémoire de magister*, université de Badji Mokhtar, Annaba. 115p.
- FEKRACHE, F. (2009).** Distribution des sels nutritifs et des matières organiques dans l'embouchure de oued Seybouse. *Mémoire de magister*, université de Badji Mokhtar, Annaba. 50p.
- GAT, J. R. (2010).** Isotope Hydrology : A study of water cycle. *Series on Environmental Science and Management Vol 6*. Imperial College Press, 185p.
- GAUDREAU, D., MERCIER, M. (1998).** La contamination de l'eau des puits privés par les nitrates en milieu rural. *Régie régionale de la Santé et des Services sociaux – Montérégie*, ISBN: 2-89342-107-5, Bibliothèque Nationale du Québec.
- GIROUX, I. (2003).** Contamination de l'eau souterraine par les pesticides et les nitrates dans les régions en culture de pommes de terre. *Rapport Envirodoq : ENV/2003/0233*, Bibliothèque Nationale du Québec.
- GRAY, N. F. (2008).** Drinking Water Quality, problems and solutions. Second Edition, university of Cambridge, ISBN 978-0-511-39371-6.
- GUENFOUD, N. (2009).** Qualité des eaux de consommation dans la région de Constantine teneur en nitrates et nitrites. *Mémoire de stage*, université de Mentouri , Constantine. 37p.
- HATFIELD, J. L., FOLLETT , R. F. (2008).** Nitrogen in the Environment: Sources, Problems, and Management. *Second Edition, Elsevier Inc.*
- KERDOUD, S. (2006).** Le bassin versant de Beni Haroun, eau et pollution. *Mémoire de magister*, université de Mentouri , Constantine. 54p.
- KLOPPMANN, W. (2003).** Etude isotopique de la pollution azotée de la nappe d'Alsace entre Sierentz et Ottmarsheim. *Rapport final, BRGM/RP-52331-FR*. 67p.
- LANDREAU, A., ROUX, J. C. (1985).** Les nitrates dans les eaux souterraines. *Rapport BRGM*, note technique 84 SGN 361 ENV. 48p.

- LEIGH, G. J. (2002).** Nitrogen Fixation at the Millennium. *Elsevier Science b.v*, ISBN: 0-444-50965-8.
- MEKAOUSSI, N. (2014).** Comportement des éléments chimiques dans les eaux de surface de Hammam Debagh (Est Algerien). *Mémoire de magister*, université de Hadj Lakhdar, Batna. 112p.
- MELGHIT, M. (2011).** Qualité physico-chimique, pollution organique et métallique des compartiments Eau / Sédiments de l'Oued Rhumel, et des barrages Hammam Grouz et Beni Haroun. *Mémoire de magister*, université de Mentouri, Constantine. 132p.
- MEROUANI, M., BOUGUEDAH, A. B. (2013).** Etude de la pollution chimique et la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de la cuvette de Ouargla. *Mémoire de master*, université de Kasdi Marbah, Ouargla. 37p.
- NIEDER, R., BENBI, D. K. (2008).** Carbon and nitrogen in the terrestrial environment. *Springer*, ISBN 978-1-4020-8432-4.
- REMPEL, M. (2008).** NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and N<sub>2</sub>O at the Strawberry Creek Catchment: tracing sources and processes using stable isotopes. *Master Memory*, university of Waterloo, Ontario, Canada. 147p.
- SCIENTIFIC AND TECHNICAL ASSESSEMENTS OF ENVIRONMENTAL POLLUTANTS. (1978).** Nitrates: an environmental assesement. *A report prepared by the panel on nitrates of the coordinating committee for scientific and technical assesements of environmental pollutants*, National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- WIDORY, D., et al. (2001).** Tracage isotopique des sources de nitrate dans les eaux souterraines : cas du bassin de l'Arguenon (côtes d'Armor). *Rapport final, BRGM/RP-51091-FR*. 83p.