



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



**UNIVERSITÉ BLIDA 1**

Faculté : Sciences et Technologie

Département : Science de l'eau et l'environnement

## **MEMOIRE DE MASTER**

Filière : Hydraulique

Spécialité : Science de l'Eau

Thème :

**Les activités agricoles et leurs répercussions sur la qualité des eaux souterraines de la Mitidja. (Cas de Réghaia)**

Présenté par :

Dembélé Mohamed

### **Devant le jury composé de :**

Président	Mr. Boualem Remini	Professeur U.de Blida1
Promoteur	Mr. Khouli	Maitre conf .U de Blida1
Examineur	Madame Bouzoudja	Doctorante
Examineur	Mr. Messaoud nacer	Maitre conf .U de Blida1

**Promotion 2015/2016**

---

# *Remerciements*

Dans les lignes qui suivent, je voudrais remercier l'ensemble des personnes et institutions qui ont contribué à l'aboutissement et au bon déroulement de mon projet de fin d'étude.

Tout d'abord, je tiens à remercier mon promoteur Mr.Khouli, Maitre de conférences à l'université de Blida, qui a su m'accompagner et suivi de manière assidu pendant ces 6 mois et aussi pour son aide, sa disponibilité sa rigueur et de m'avoir donné les outils nécessaires afin de réaliser ce travail.

Je remercie également tous les membres de mon jury de thèse, je vous suis très reconnaissant pour m'avoir fait l'honneur d'examiner et d'accepter de participer à l'évaluation de mon projet de fin d'étude.

Mes remerciements vont également à tous les enseignants qui m'ont enrichi de leur savoir tout au long de mon cursus.

Je remercie aussi mes parents pour leur aide financière et moral pendant ces 5 années de dur labeur qui aujourd'hui a porté ces fruits par se présent travail.

Je remercie infiniment tous mes compatriotes pour leurs soutiens, particulièrement Magninè Sangaré et Mami Coulibaly ...

# *Dédicace*

Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de reconnaissance :

A ma mère Fanta cissé qui est un être chère et celle qui m'a su apporter son Amour sincère.

A mon père Boubacar Billa Dembélé qui ma éduquer pour devenir un homme responsable, persévèrent et intègre.

A mes frères ma richesse sur cette terre : Abdoulaye et Cheick oumar.

A mes sœurs : Ramata, Oumou et Founè.

A tous mes compatriotes et amis sans exeption.

---

**Résumé :**

Ce présent travail consiste à étudier la plaine de la Mitidja qui fait l'objet d'une menace environnementale, en termes de pollution des eaux souterraines et superficielles. La région de la Mitidja Est (Réghaia) par son importante activité agro-industrielle présente des teneurs excessives en nitrate atteignant les 251 mg/l en 2012.

Des analyses hydro chimiques ont été effectuées par l'ANRH dans les années 2008,2009, 2010, 2011,2012 ont montrées une teneur en nitrate assez importante dépassant la norme indiquée par l'OMS qui est de 50 mg/l. A travers les 5 points d'eau que nous avons eu à étudier, l'évolution de la teneur en nitrate en fonction du temps et dans l'espace, de connaître la qualité des eaux et identifier les causes et les origines qui ont provoquées cette pollution.

Nous avons eu à conclure que l'utilisation des engrais chimique et organique, les rejets industriels, urbains et les réseaux d'assainissements détériorés sont la cause de ce changement de chimisme de l'eau.

**Mots clé :** Mitidja, pollution, nitrate, Réghaia, activité industrielle, activité agricole, chimisme.

**Abstract :**

The present work study of Mitidja plain that is the subject of an environmental threat in terms of pollution of ground and surface waters. The Mitidja Eastern Region (Réghaia) by its major agribusiness this excessive nitrate levels reaching 251 mg / l in 2012.

Hydro chemical analyzes were performed by ANRH in 2008.2009 years, 2010, 2011,2012 have shown a rather large nitrate content in excess of the standard set by the WHO is 50 mg /l. Through the 5 points of water we had to study the evolution of the nitrate content with time and space, to know the water quality and identify the causes and origins that have caused this pollution.

We have had to conclude that the use of chemical and organic fertilizers, industrial, urban and remediation of damaged systems are the cause of this change in water chemistry.

**Keywords:** Mitidja, pollution, nitrate, Réghaia, industrial, agriculture, chemistry.

---

## ملخص

العمل الحالي هو دراسة جيولوجية وهيد وجيولوجية من Mitidja واحد وهذا هو موضوع تهديدا للبيئة من حيث تلوث المياه الجوفية والسطحية. المنطقة الشرقية Mitidja (رغاية) الأعمال التجارية الزراعية الرئيسية تكنولوجيا المعلومات والاتصالات هذه مستويات النترات المفرطة بلغت 251 ملغم / لتر في عام 2012.

المائية التحاليل الكيميائية أجريت من قبل ANRH في السنوات 2008.2009، 2010، 2011، 2012، أظهرت نترات بدلا اسعة سعيدا بما يزيد عن معايير التي وضعتها منظمة الصحة العالمية هو 50 ملغم / لتر. من خلال 5 نقاط من الماء كان لدينا لدراسة تطور محتوى النترات مع الزمان والمكان، لمعرفة نوعية المياه وتحديد أسباب وأصول التي تسببت في أن يكون هذا التلوث.

لقد كان لاختتام كيو جنيه استخدام الأسمدة الكيماوية والعضوية والصناعية والحضرية ومعالجة أنظمة تضررت هي أسباب هذا التغيير في كيمياء المياه.

كلمات البحث: Mitidja، التلوث، نترات، رغاية والصناعية والزراعة والكيمياء

Remerciements

Dédicace

Résumé

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

## Sommaires

Introduction Générale .....	1
<b>Chapitre I : Situation de la zone d'étude</b>	
Introduction.....	3
I.1 - Généralité et situation géographique.....	3
I.1.1-Le sahel .....	5
I.1.2- Le piémont de l'atlas .....	5
I.1.3-L'Atlas Blidéen .....	5
I.2. Etude géomorphologique.....	6
I.2.1.Situation géographique de la zone d'étude.....	6
I.2.2. Aspect hydrographique.....	6
I.3- Contexte hydro-climatique.....	7
I.4-Géologie.....	10
I.4.1-Le quaternaire .....	10
I.4.2-Le pliocène .....	12
I.5-Hydrogéologie .....	13
I.5.1 Substratum .....	14
I.5.2 L'aquifère Astien .....	14
I.5.3 L'aquifère de la Mitidja .....	15
<b>Chapitre II : Pollution et processus d'enrichissement du Nitrate</b>	
II.1- Définition de la pollution .....	17
II.1.1-Principaux types de pollution .....	17
II.1.1.1-Pollution urbaine .....	18
II.1.1.1.1.-Pollution organique .....	18
II.1.1.1.2-Pollution organique biodégradable .....	18
II.1.1.1.3- Pollution organique difficilement biodégradable .....	18
II.1.1.2-Pollution d'origine agricole .....	18
II.1.1.3 - Pollution d'origine industrielle .....	18
II.2 - Principaux éléments indicateurs de la pollution organique .....	19
II.2.1 - L'Ammonium .....	19

---

II.2.2 - Les nitrites .....	19
II.2.3 - Les nitrates .....	19
II.2.4 - les phosphates .....	19
II.2.5 - Les matières organiques .....	20
II.2.6 - Les matières en suspension .....	20
II.3 - Pollution par les nitrates .....	20
II.3.1 - Définition des nitrates .....	20
I.3.2 - Différentes formes d'azote .....	21
II.3.2.1 - Le cycle de l'azote dans la nature .....	21
II.3.2.2 - les phases du cycle de l'azote .....	22
II.3.2.2.1 - La minéralisation de l'azote organique .....	23
II.3.2.2.2 – Perte d'azote .....	23

### Chapitre III : Le transfert hydrique en milieu poreux (étude bibliographique)

III.1 Rappels de physique des sols .....	28
III.1.1 Le sol .....	28
III.2. Les caractéristiques hydrauliques du sol .....	29
III.2.1. Les forme d'eau dans le sol .....	29
III.2.1.1 L'eau libre (eau gravitaire) .....	30
III.2.1.2 L'eau capillaire .....	30
III.2.1.3 L'eau hygroscopique .....	30
III.2.1.4 L'eau d'hydratation .....	30
III.3. Transferts des polluants dans le sol: mécanismes de transfert .....	31
III.3.1. Généralités sur la pollution .....	31
III.3.2. Mécanismes du transport des polluants dans la zone non saturée .....	32
III.3.2.1 Le devenir des polluants .....	32
III.3.2.2. Transport par convection.....	33
III.3.2.3. La dispersion en milieu poreux .....	34
III.3.2.3.1. Dispersion mécanique .....	34
III.3.2.3.2. La dispersion hydrodynamique .....	34
III.3.2.3.3. La diffusion moléculaire .....	35

### Chapitre IV : Impacte de l'activité agro-industrielle dans la Mitidja

IV Introduction .....	37
IV.1- Activité agricole dans la Mitidja .....	37
IV.1.1- Les superficies agricoles .....	37
IV.1.2-La fertilisation .....	37
IV.3-Activité industrielle dans la Mitidja .....	40
Assainissement .....	43

---

Apports en azote d'origine urbaine .....	44
Les décharges publiques .....	44
CET.....	44
Les dépotoirs sauvages.....	44
IV.4- Impact des activités agricoles et industrielles sur la plaine de la Mitidja.....	45
IV.4.1 Les fuites de nitrates vers la nappe de la Mitidja d'origine Agricole .....	45
IV.4.2. Les fuites de nitrates d'origine industrielles vers la nappe de la Mitidja.....	46
 <b>Chapitre V : Résultat et interprétation</b>	
V.1 Introduction .....	48
V.1.2 Le sol .....	48
V.2.1-La fertilisation .....	38
V.2.2 Activité industrielle dans la Mitidja .....	50
V.2.3-Autres sources de pollution .....	51
V.2.4-Conclusion .....	51
V.3. La nappe .....	52
V.3.1. Région de Réghaia .....	52
V.4. Qualité des eaux de la région de Réghaia .....	54
V.4.1 Carte de vulnérabilité .....	54
V.4.2 Répartition des points de prélèvement.....	55
V.4.3 Les points d'eau .....	56
<b>Conclusion générale</b> .....	71
<b>Bibliographie</b>	
<b>Annexe</b>	

---



**Liste des Tableaux**

<b>Tableau 1</b> : Consommation d'engrais chimique .....	38
<b>Tableau 2</b> : Consommation moyenne d'azote (Rapport ANRH, Service pédologique).....	38
<b>Tableau 3</b> : Fertilisation par wilaya (Rapport ANRH, Service pédologique 2010).....	39
<b>Tableau 4</b> : Apport en azote issus de l'élevage (Rapport ANRH, Service pédologique 2010.....	40
<b>Tableau 5</b> : Activités industrielles dans la Mitidja (Rapport ANRH, Service pédologique 2010.....	41
<b>Tableau 6</b> : Répartition des unités industrielles et leurs principales caractéristiques.....	42
<b>Tableau 7</b> : Inventaire des dépotoirs sauvages (Rapport ANRH, Service pédologique 2010).....	45
<b>Tableau 8</b> : L'évolution de la profondeur de l'eau d'E008-4583. (Source ANRH).....	56
<b>Tableau 9</b> : Résultats d'analyse des éléments chimiques majeur de l'eau (ANRH).....	56
<b>Tableau 10</b> : Evolution de la profondeur de l'eau d'E008-4587. (Source ANRH).....	57
<b>Tableau 11</b> : Résultats d'analyse des éléments chimiques majeur de l'eau (ANRH).....	57
<b>Tableau 12</b> : Evolution de la profondeur de l'eau d'E008-4595. (Source ANRH).....	58
<b>Tableau 13</b> : Résultats d'analyse des éléments chimiques majeur de l'eau (ANRH).....	58
<b>Tableau 14</b> : Evolution de la profondeur de l'eau d'E008-4596. (Source ANRH).....	59
<b>Tableau 15</b> : Résultats d'analyse des éléments chimiques majeur de l'eau (ANRH).....	59
<b>Tableau 16</b> : Evolution de la profondeur de l'eau d'E008-4590. (Source ANRH).....	60
<b>Tableau 17</b> : Résultats d'analyse des éléments chimiques majeur de l'eau (ANRH).....	60
<b>Tableau V.18</b> : Représentation synthétique des puits d'eau avec leurs caractéristiques (haute eaux).....	61
<b>Tableau V.19</b> : Représentation synthétique des puits d'eau avec leurs caractéristiques (Basse eaux).....	62

---

## Introduction générale

Dans beaucoup de régions du monde et surtout en milieu rural, l'eau souterraine est la ressource la plus utilisée pour l'eau potable car elle est généralement moins polluée que l'eau de surface. Actuellement des pressions importantes mettant en causes des facteurs naturels et surtout anthropiques menacent la pérennité de cette ressource (surexploitation et dégradation de la qualité de la ressource des nappes phréatiques).

Les eaux souterraines destinées à l'alimentation humaine sont souvent sujettes à d'innombrables sortes de pollution chimique. L'une des principales pollutions des eaux souterraines est liée à la fuite des nitrates d'origine agricole et industrielle. Au cours des dernières décennies, un grand nombre d'observations ont conduit les autorités sanitaires de nombreux pays et l'O.M.S à considérer les nitrates contenus dans les eaux d'alimentation et, sans doute leur augmentation progressive consécutive aux activités anthropiques, comme un danger potentiel pour l'environnement et la santé publique. Environ 70% des fertilisants azotés utilisés en agriculture sont perdus dans l'environnement sous formes de nitrate que l'on retrouve dans les eaux de surface et souterraines (Cheurfi.w, 2004).

La pollution de l'eau par les nitrates à cause des pratiques agricoles est aujourd'hui un problème croissant qui touche la majorité des zones agricoles du monde. Des études dans certaines régions de l'Algérie ont révélées une forte croissance en nitrate dépassant les 50 mg/L recommandée par L'O.M.S (Organisation Mondiale de la Santé). La plaine de la Mitidja est un exemple concret où la concentration en nitrates a dépassé déjà en 1990 les 260mg/L.

Cette augmentation de la concentration en nitrate est due à une utilisation abusive des engrais azotés en quantité supérieure à celles demandées par les plantes. Les agriculteurs croyant qu'en mettant une quantité assez importante permettra à la plante de bien se développer et avoir une production maximale.

Les eaux souterraines de la nappe de la Mitidja subissent une pollution multiforme qui fragilise cette vaste et riche plaine.

Ces eaux souterraines sont alimentées par les eaux de pluie mais également par des infiltrations des eaux des oueds traversant la plaine et communiquant en permanence avec la nappe alluviale.

Cette ressource en eaux souterraines est de plus en plus sollicitée pour couvrir les besoins en eau qui ne cessent de croître dans divers domaines (alimentation, industries, irrigation). Ces ressources sont autant menacées par une mauvaise gestion, une surexploitation et une agriculture intensive avec l'utilisation des engrais azotés et produits phytosanitaires (herbicide, pesticide, insecticide).

La plaine de la Mitidja est un exemple concret en termes d'étude de la modification de la qualité physico-chimique des eaux souterraines. La pollution par le nitrate peut diminuer le potentiel des ressources hydrique de bonne qualité, peut avoir des effets néfastes sur la santé humaine et compromettre le développement socio-économique de la région.

## Introduction

Les eaux souterraines de la nappe de la Mitidja alimentent en eau potable de nombreuses localités de la capitale et plusieurs villes des quatre Wilayas situées dans la plaine (Alger, Boumer dès, Blida, Tipaza). Elles assurent aussi l'irrigation des dizaines de milliers d'hectares de terre Agricoles et l'alimentation de presque toutes les unités industrielles.

C'est pourquoi un intérêt particulier est accordé à cette nappe de Mitidja qui a fait l'objet de nombreuses études (ANRH-Blida, 2011).

Parallèlement à sa surexploitation en débit, la nappe de la Mitidja est exposée à une forte pollution qui a pour cause une importante industrialisation et d'activité agricole entraînant une détérioration de la qualité des eaux souterraines.

### I.1 – Généralité sur la plaine de la Mitidja

La plaine de la Mitidja est située juste au sud d'Alger. Elle s'étend sur les territoires des wilayas d'Alger ; Boumer dès ; Tipaza et Blida. D'une orientation WSW-ENE et d'une altitude moyenne de 100 m, elle s'étend sur une superficie de 1300km<sup>2</sup> depuis l'oued Boudouaou à l'EST jusqu'au bassin de Menacer à l'Ouest, sur une longueur de 100km avec une largeur de 8 à 18km, elle est séparée de la mer par le bombement du sahel qui culmine à 280m, et ce sur une distance de 70km. Vers l'Est, dans la région de Réghaia, elle est directement en contact avec la mer (ANRH-Blida, 2011), elle est limitée :

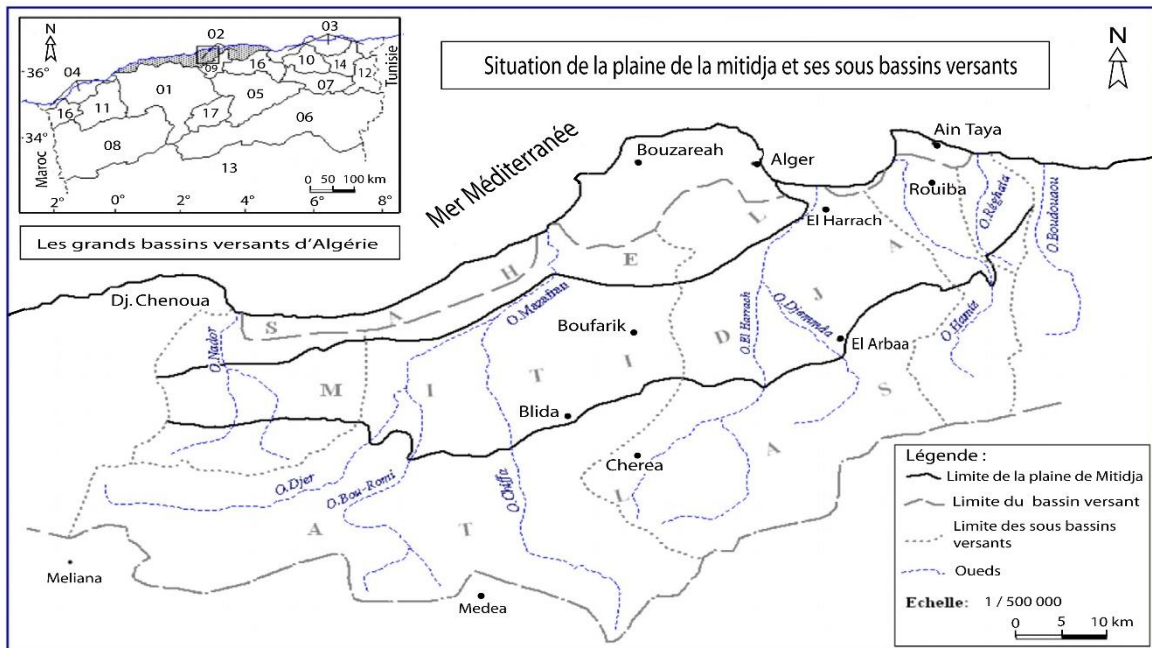
- Au sud par les piémonts de l'Atlas.
- Au Nord par la ride de l'Atlas.

Elle est traversée sur toute sa surface par différents oueds s'écoulant globalement du Sud vers le Nord et prenant leurs sources dans le massif de Blida. D'Est ou Ouest, ces oueds sont : Réghaia, Hamiz, Djemaa, El Harrach, Chiffa, Bouroumi et Djer (Omar Mimouni, 2010).

La plaine de la Mitidja est formée de la juxtaposition de sous bassins versants, se regroupant en 4 ensembles (ANRH-Blida, 2011), drainé du sud au Nord par le réseau hydrographique.

Ces principaux bassins sont :

- Bassin occidental (Oued, Nador)
- Bassin du Mazafran
- Bassin d'El Harrach
- Bassin oriental (O. Hamiz et O. Réghaia)



**Figure I.1** : Carte de situation de la plaine de la Mitidja et ses sous bassins versants. Source : ANRH

La plaine se situe à une altitude peu élevée, d'assez faible dénivelée. Les lignes de partages des eaux entre les compartiments sont souvent confuses : depuis Boufarik, à une hauteur de 50m, à Blida a environ 270m et sur une distance de 13 km, on a une pente très faible inférieure à 2% (Omar Mimouni, 2010).

Les limites géomorphologiques de la plaine sont :

- Le sahel
- Le piémont de l'Atlas
- L'Atlas Blidéen

### **I.1.1-Le sahel**

C'est un bombement ou une ride de forme anticlinale à faible pente, orienté WSW-ENE d'altitude variant entre 200 et 250 m qui constitue une limite continue entre la plaine et la mer.

Il s'étend d'El Harrach à l'Est jusqu'à l'oued Nador à l'Ouest. Au niveau de l'Oued Mazafran, cette ride est creusée par ce cours d'eau jusqu'au rivage marin (Omar Mimouni, 2010).

### **I.1.2- Le piémont de l'atlas**

C'est une unité structurale, d'altitude variant entre 100 et 150m, jouant le rôle de couverture en cachant le contact structural entre la plaine et l'Atlas (Omar Mimouni, 2010).

### **I.1.3-L'Atlas Blidéen**

C'est un massif montagneux qui s'élève rapidement à partir de la bordure de la plaine de la Mitidja et qui peut atteindre des altitudes allant de 1200 à 1600m, le point culminant étant Kouidi et Sidi Abdel Kader (1629m). Il a une orientation NW-SE. La morphologie de cette chaîne de montagne est caractérisée par des successions de crêtes rabotées par une érosion intense favorisée par une faible couverture végétale et de forte pente (Omar Mimouni, 2010).

## I.2. Etude géomorphologique

### I.2.1. Situation géographique de la zone d'étude :

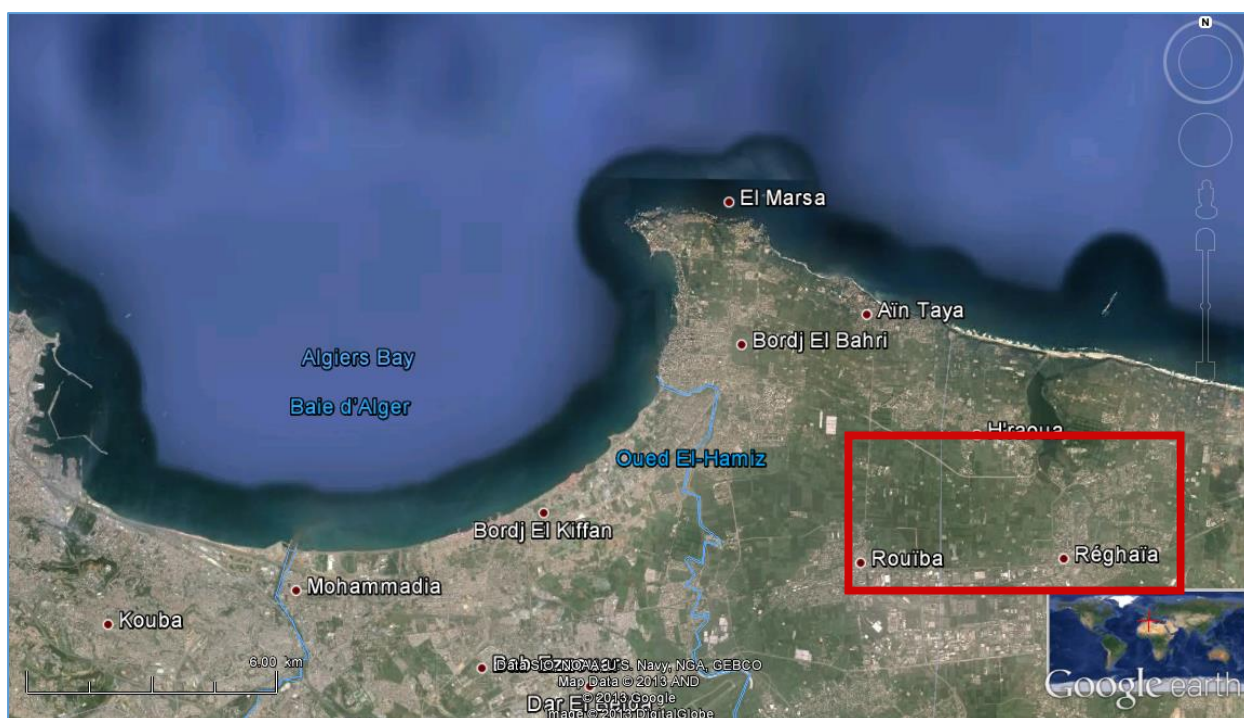


Figure I.2 situation géographique de la zone d'étude (Google Earth)

### I.2.2. Aspect hydrographique

La plaine de la Mitidja Est, est composée des sous bassins versants suivants :

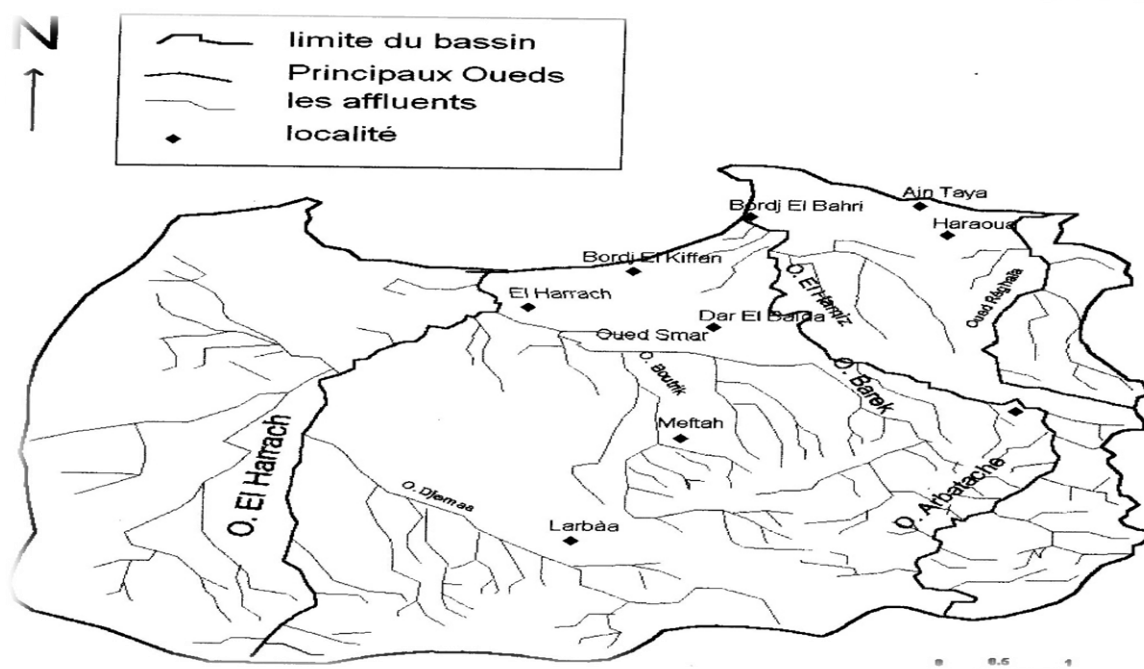
- **Le sous bassin de l'oued El Harrach** : s'étale sur une superficie de  $1260\text{km}^2$ .

L'Oued El Harrach, qui représente l'un des principaux oueds qui sillonnent la Mitidja, prend sa source au Nord de l'Atlas Blidéen et se jette en mer Méditerranée après un parcours de 67 km environ.

Il est formé par la confluence de deux principaux Oueds : l'Oued Okacha et l'Oued Mekka au Sud- Ouest de Hammam Melouane. Ces oueds sont en grande partie en liaison hydraulique avec la nappe de la Mitidja puisque leur eau peut s'infiltrer ou inversement drainer la nappe.

- **Le sous bassin de l'oued Hamiz** : est situé à l'Est de la plaine. Celui de Reghaia, En raison de sa faible superficie, est intégré dans le sous bassin du Hamiz.

Les principaux exutoires de la plaine de Mitidja Est sont représentés par l'oued El Harrach, Hamiz, Reghaia. Les oueds alimentent la nappe dans la zone libre du piémont et la drainent vers l'aval au niveau de la zone de recharge.



**Figure I.3** carte de réseau hydrographique (ANRH. Alger)

### Réseau hydrographique

La plaine de la Mitidja Est est traversée par trois oueds importants :

1. Oued El Harrach
2. Oued Djemaa
3. Oued El Hamiz

### I.3- Contexte hydro-climatique

La plaine de la Mitidja se situe au Nord de l'Atlas Blidéen (1620m au pic de Cheréa), qui la protège de l'influence saharienne. Elle se trouve par sa position géographique soumise à l'influence du régime climatique méditerranéen (M.Belaidi ANRH-Blida, 2011).



La température moyenne annuelle varie de 16°C à 18°C ; notons que la variation est fonction de l'éloignement par rapport à la mer ; ces températures sont plus douces à proximité du littoral qu'à l'intérieur. L'humidité relative décroît très largement de la cote à l'intérieur, elle est plus élevée en hiver qu'en été (Ait Ouali AEK, 2007).

Les valeurs des précipitations de la région de la Mitidja Est varient de 203 mm à 1058 mm, concentrées sur une période pluvieuse d'Octobre à Février. Les précipitations moyennes interannuelles dans la plaine de la Mitidja sont irrégulièrement réparties d'Ouest en Est. Les précipitations moyennes annuelles sur une période d'observation de 28ans (1978 à 2011) pour les trois stations sont représentées sur la figure I.4.

Les gelées sont assez fréquentes dans la Mitidja ou les écarts de températures sont 6 fois plus élevés. En effets la période de gel s'étend d'octobre à début Mai en altitude et à novembre en Aval (Ait Ouali AEK, 2007).

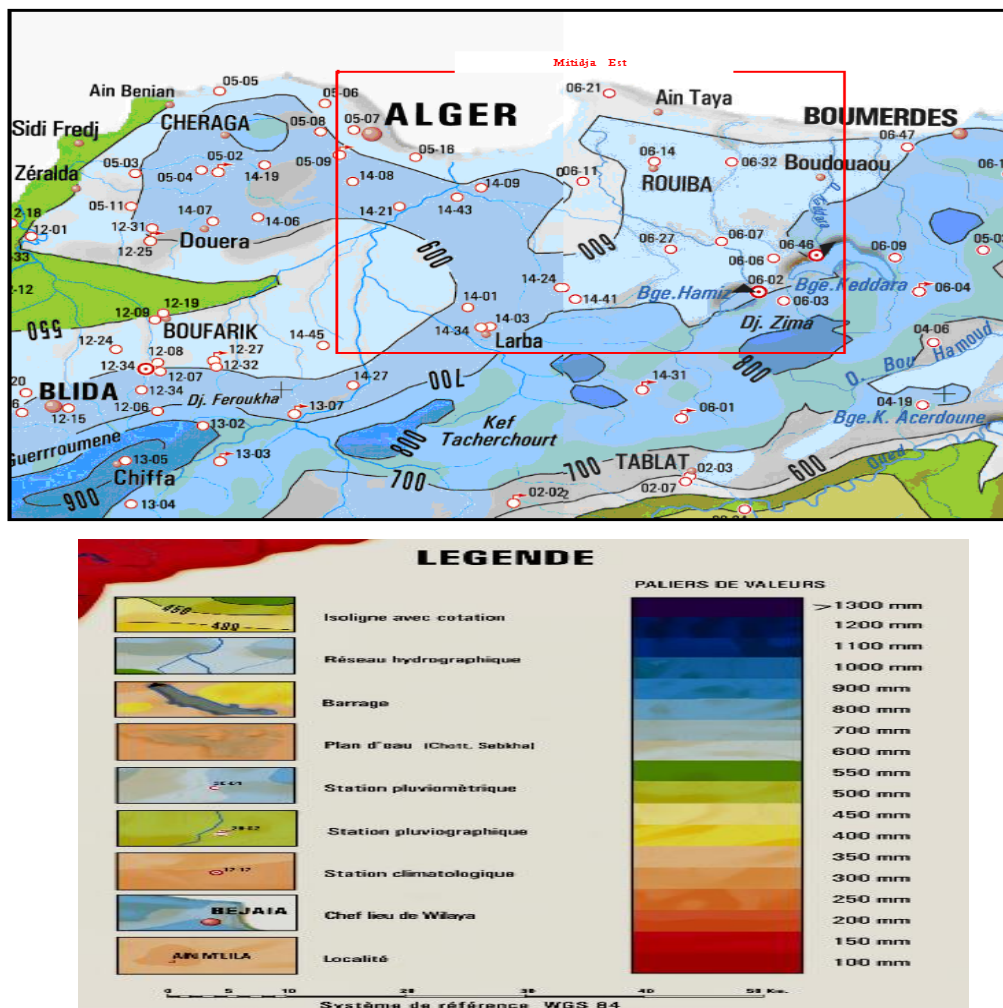
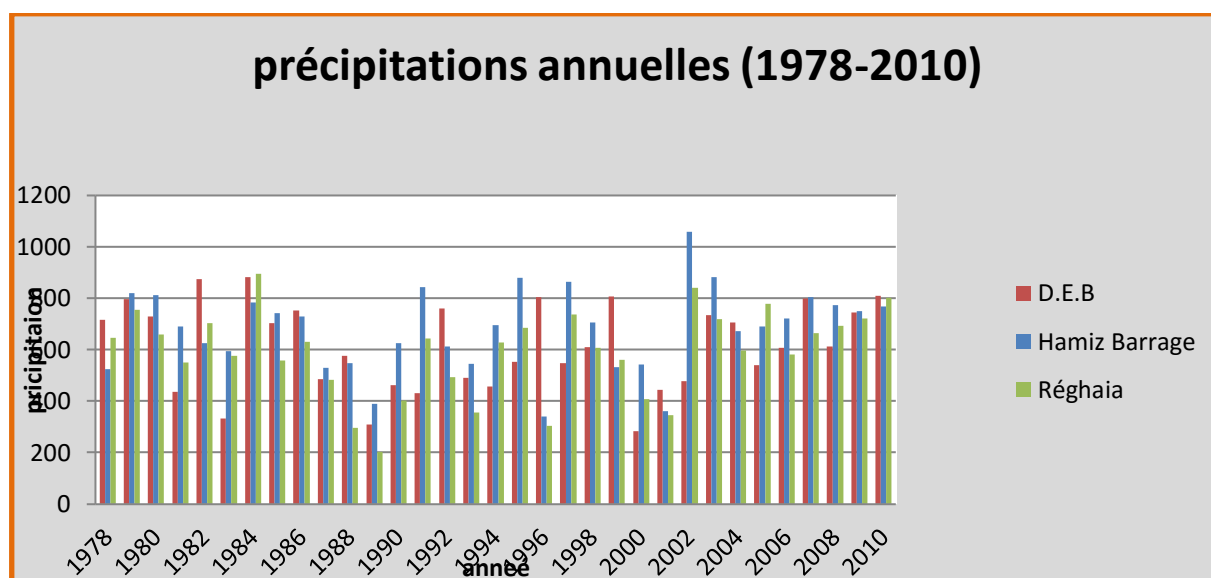


Figure.I.4 Carte pluviométrique de la Mitidja (ANRH), 2011.

Les trois stations qui apparaissent dans le tableau I.4 on peut déduire que :

- ❖ La Station de Dar el Beida : D'après l'histogramme des précipitations :
  - la précipitation moyenne annuelle (1978-2011) est de 613.96 mm/an.
  - une année sèche est enregistré en 2000 avec une lame d'eau de 282 mm
  - une année pluvieuse est enregistré en 2010 avec une lame d'eau de 810 mm
  
- ❖ La Station de Hamiz barrage :
  - la précipitation moyenne annuelle (1978-2011) est 680 mm/an.
  - une année sèche est enregistré en 1996 avec une lame d'eau 341.4mm.
  - une année pluvieuse est enregistré en 2002 avec une lame d'eau de 1058.6 mm
  
- ❖ La station de Réghaia :
  - la précipitation moyenne annuelle (1978-2011) est 591.6 mm/an.
  - une année sèche est enregistré en 1989 avec une lame d'eau 203 mm une année pluvieuse est enregistré en 1984 avec une lame d'eau de 894 mm



**Figure I.5** Précipitations moyennes annuelles période (1978-2010)

## I.4-Géologie

La Géologie de la Mitidja a fait l'objet de plusieurs études fondées sur les travaux majeurs de Glangeaud et Aymé (1952), qui avait établi que la Mitidja était un bassin intra montagneux formé par effondrement rempli de dépôt d'âge plio-quadernaire (Ait Ouali AEK, 2007).

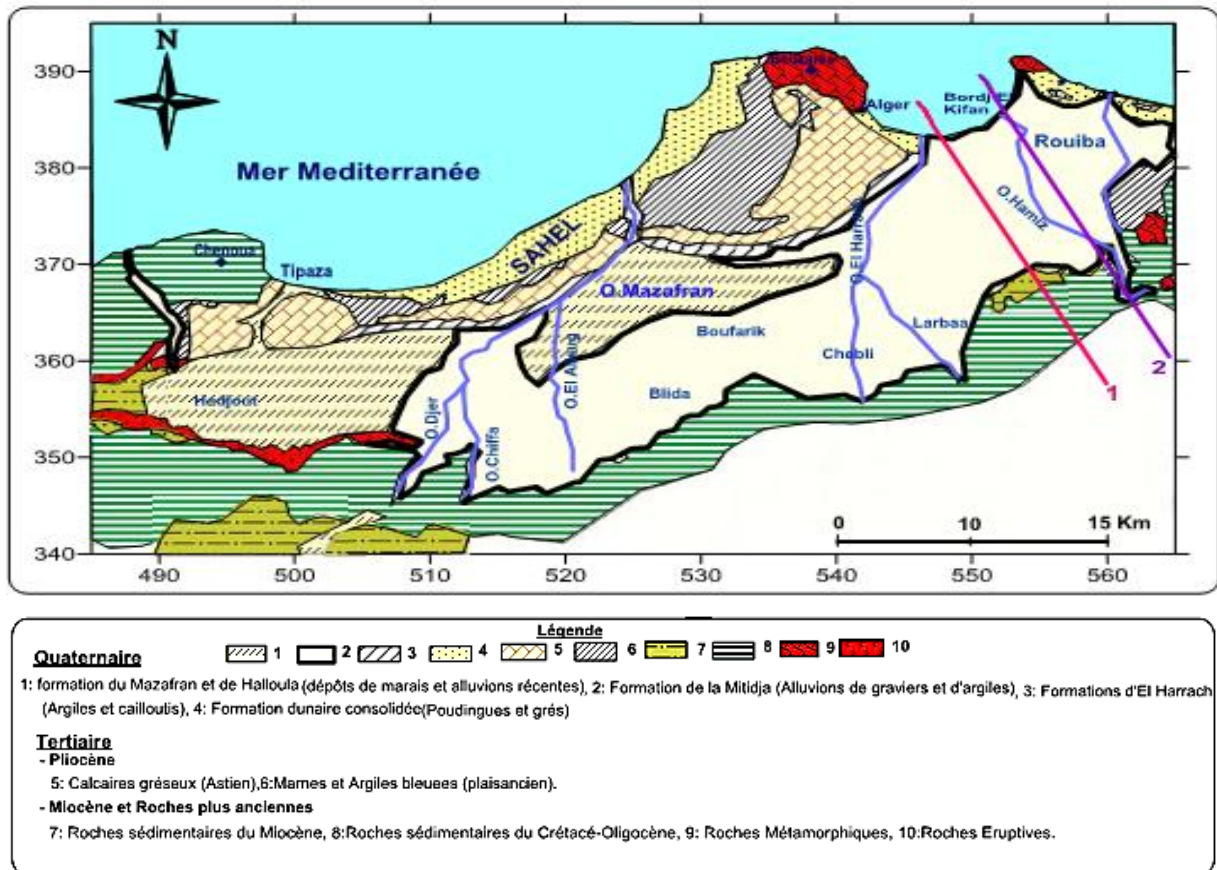


Figure I.5 Carte géologique de la Mitidja (ANRH 1986)

### I.4.1-Le quaternaire

Il est constitué par formation suivants :

- La formation d'El Harrach
- La formation de la Mitidja
- Les formations Mazafran et Halloula
- Les dépôts récents

**a) La formation d'El Harrach**

C'est une formation (dénommée par L. Glangeaud « *argile de maison carrée* ») constituée par des argiles plastiques jaunâtre dont la base est grise.

En raison de la présence du gravier, cette formation a été confondue avec la formation alluviale sus-jacente qui est essentiellement caillouteuses (Ait Ouali AEk, 2007).

Elle affleure dans la région d'El Harrach, le long du versant Sud du sahel et à l'ouest de Hadjout. Sa présence au-dessous de la formation de la Mitidja a été mise en évidence par L. Glangeaud (1932) et confirmé peu après par l'étude des forages (Omar Mimouni, 2010).

Les épaisseurs des passées graveleuses qui se trouvent dans cette formation sont de l'ordre de 4 à 8m. Les forages situés dans la région de Rouïba et Réghaia ne montrent pas l'existence de cette formation, mais un passage direct de la formation de la Mitidja au pliocène supérieur (Omar Mimouni, 2010).

**b) La formation de la Mitidja :**

La formation de la Mitidja se compose principalement de matériaux alluvionnaires : sable, argiles sableuses, argiles graveleuses, gravier, galet, graviers et galet gréseux souvent argileux ou limoneux. On remarque des variations de granulométrie considérable qui se produisent dans le sens horizontal et dans le sens vertical qui sont liées à la source de matériaux.

En effet les principales sources de matériaux sont :

- Les dépôts des oueds les plus importants.
- Les cônes de déjections des piémonts de l'Atlas. (Omar Mimouni, 2010).

**c) Les dépôts récents :**

Ils comprennent des dépôts de lits d'oued, de sable dunaire et de l'Atlas

- Les dépôts de lits d'oued sont des alluvions déposées principalement au cours des crues des oueds qui sillonnent la Mitidja. Elles sont constituées de cailloutis, de graviers, de sable graveleux et limoneux. L'épaisseur est peu importante et inférieur à 10 m.

- Les dépôts de sable dunaires, épais de 20 à 40 mètres sont composés de sable fins à moyens et des couches fossilifères consolidées. Ils occupent une partie de la baie d'Alger et la région de Régahaia (Omar Mimouni, 2010).

#### I.4.2-Le pliocène :

Il est formé par des dépôts astiens et plais-anciens bien distincts. Il est bien développé à l'Est de Koléa, à la limite du sahel Mitidja et apparaît très peu sur la bordure Sud près de Hadjout. Sur cette bordure méridionale le pliocène est marqué par les formations quaternaires qui viennent recouvrir les formations du paléocène (Omar Mimouni, 2010).

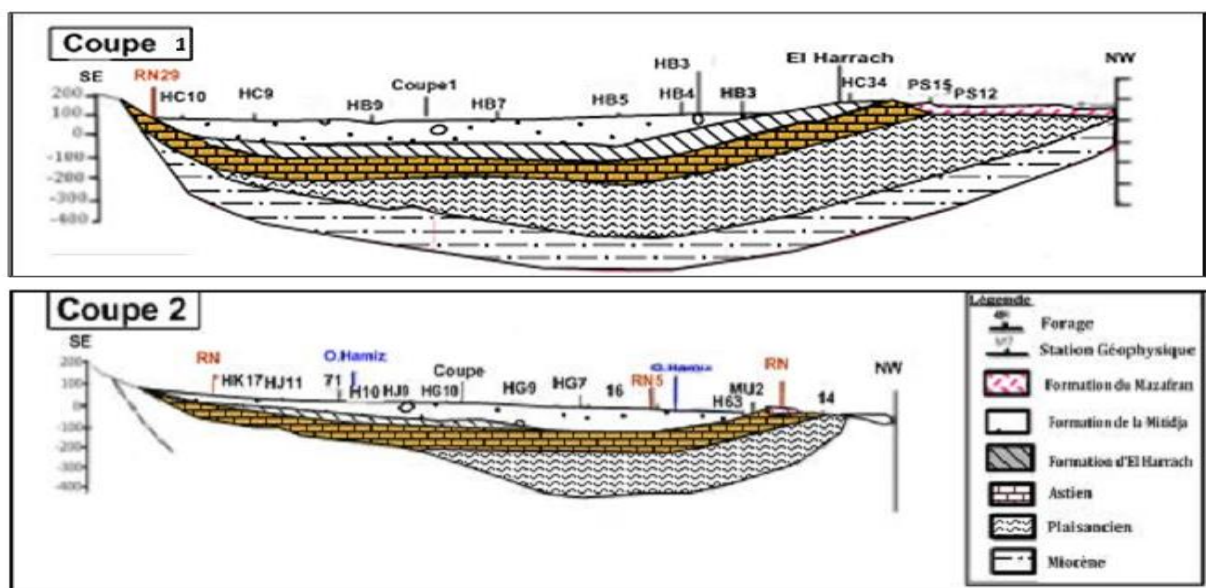


Figure I.6 Coupes géologiques 1 et 2- SE/NW (Bennie et Atkins, 1983).

Le pliocène comprend :

##### a. L'astien

La formation de l'astien comporte plusieurs faciès séparés par un nouveau repère glauconieux de 4m à quelques centimètres d'épaisseur.

Le faciès marno sableux jaunâtre à blanchâtre est plus répandu avec un nombre important de fossiles, associés à une sédimentation marine de haut fond. Les descriptions lithologiques les plus rencontrées de l'astien se réfèrent aux séries rencontrées dans les forages du sahel que l'on atteint.

Les lithologies les plus fréquemment rencontrées sont :

- ✓ Les calcaires sableux
- ✓ Les grés
- ✓ Les argiles
- ✓ Les calcaires à faciès récifal.

L'astien dont l'épaisseur moyenne varie entre 100 à 130m se situe généralement à des profondeurs allant de 250 à 300 m au-dessous de la surface du sol de la Mitidja.

Dans la région de Rouïba il se trouve à faible profondeur car l'érosion a été très importante. Les affleurements de l'astien se rencontrent sur le côté sud du sahel et dans les faubourgs Sud d'Alger (Ait Ouali AEk ,2007).

#### **b. Le plaisancien**

Les affleurements du plaisancien ne sont visibles que sur le sahel en dessous de l'astien et dans la région de khemis-El-Khecchna ou ils viennent reposer en discordance sur les formations miocènes.

Glangeaud (1952) rapporte dans sa description qu'il s'agit d'une formation constituée de niveau fossilifère glauconieux et de marnes jaunes et grises parfois sableuses largement recouvertes par les formations astiennes et quaternaires.

Parmi les forages profonds réalisés dans la plaine de la Mitidja, un seul a pu traverser la totalité de l'épaisseur (184m) de cette formation. Il s'agit du forage situé à proximité de Sidi Rached dans le secteur Ouest du bassin (X=485.850, Y=361.575).

Dans la cluse du Mazafran, l'épaisseur de la formation plais ancienne est beaucoup plus importante. Cette formation marneuse peut atteindre des épaisseurs considérables jusqu'à 200 m en moyenne dans le bassin de la Mitidja (Omar Mimouni, 2010).

### **I.5-Hydrogéologie :**

La plaine de la Mitidja est un bassin alluvial comprenant deux principaux aquifères :

- L'aquifère astien
- L'aquifère de la nappe alluviale (ou nappe de Mitidja).

L'analyse de remplissage de la Mitidja permet de distinguer de bas en haut quatre ensembles lithologiques :

- Une série marneuse plais-ancienne formant le substratum que l'on peut considérer comme imperméable,
- Un ensemble calcaro-gréseux qui correspond à l'astien ;
- Un ensemble argileux contenant par endroit des passées de sables et de graviers. Cet ensemble correspond à la formation dite :« *formation d'ElHarrach* »;
- Un ensemble gravelo-sableu dit :« *alluvion de la Mitidja* ».

On distingue deux aquifères principaux contenus dans les calcaires et grés de l'Astien et dans les sables et gravier des alluvions de la Mitidja.

### **I.5.1-Substratum :**

Il est constitué par les marnes bleues du plais-ancien qu'on peut observer à l'affleurement sur les collines sahel notamment à El Achour, DELY Brahim, Baba Hacem, dans la plaine, les marnes bleues sont recouverts par l'Astien et les alluvions du quaternaire.

### **I.5.2- L'aquifère Astien**

Il affleure sur les collines et le long du flanc sud de l'anticlinal du sahel et s'enfouit dans la plaine sous les « *alluvions de la Mitidja* » pour réapparaître en de nombreux endroits le long du piémont de l'Atlas.

Il s'étend sous la majeure partie du bassin alluvial ainsi que dans d'autres endroits peu nombreux le long de la base des Monts de l'Atlas, à l'Est dans la région de Meftah.

Le toit de ce aquifère se situe généralement entre 250 et 300 m au-dessous de la majeure partie de la plaine .Dans sa partie médiane il est délimité par deux formations bien distinctes :

- Les marnes bleues du plais ancien,
- Les argiles jaunes du villafranchien (formation d'El Harrach)

A l'extrémité orientale de la plaine, dans la région de Rouïba, cet aquifère est en contact direct avec les alluvions de la Mitidja, par la suite de la disparition des argiles villafranchiennes (Omar Mimouni, 2010).

**a) L'alimentation de l'aquifère :**

L'alimentation de cet dernier ce fait principalement par l'infiltration des pluies sur le sahel et le piémont de l'Atlas ou il affleure. Il est également alimenté par les nappes alluviales sus-jacentes par drainage à travers la formation d'El HARRACH (présence de passés de sable et de graviers) (AIT Ouali AEK, 2007).

**b) Les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère**

L'aquifère se trouve en charge sous les argiles jaune semi-perméable d'El HARRACH, sauf dans la partie Est ou il est en contact direct avec l'aquifère de la Mitidja.

Les caractéristiques hydrodynamiques de l'Astien sont mal connues ; cela est dû au manque de données.

D'après les études précédentes, les estimations des transivités variaient de  $1.10^{-3}$  à  $2,2.10^{-3} m^2/s$  (AIT Ouali AEK, 2007).

Le coefficient d'emmagasinement estimé à partir des essais de pompage, de courte durée est de l'ordre de  $5.10^{-6}$  à  $5.10^{-3}$  (Omar Mimouni, 2010).

**I.5.3 -L'aquifère de la Mitidja :**

Deux petites unités géologiques ont été regroupées avec la formation de la Mitidja. Ils s'agit des sables dunaires logent la baie d'Alger et des alluvions récentes des lits d'oueds.

Ces 2 unités sont composées des matériaux ayant en apparence une continuité avec la formation de la Mitidja (Omar Mimouni, 2010).

L'aquifère est très hétérogène, et est constitué essentiellement de gravier et de galets alternant avec les limons et des argiles en quantité variable et comportant parfois des lentilles argileuses.

L'aquifère a pour limite supérieure la surface du sol et inférieure la formation d'El Harrach. Son épaisseur moyenne est de l'ordre de 100 à 130m.

Dans la partie orientale de la plaine, Hamiz et Rouïba, l'aquifère se trouve en contact direct avec l'Astien. L'absence de substratum dans cette partie de la plaine est due à l'activité érosive qui a eu lieu du pléistocène.



Dans la partie occidentale : Bas-Mazafran et lac Halloula, l'aquifère se continue au-dessous de la formation argilo-limoneuse. Cette formation, de très faible perméabilité, rend l'aquifère captif dans cette partie de la plaine (Omar Mimouni, 2010).

**a) Alimentation de l'aquifère**

L'aquifère alluvial est alimenté essentiellement par :

- ✓ L'infiltration des précipitations.
- ✓ L'infiltration à travers les cours d'eau.
- ✓ Les écoulements souterrains de l'Astien vers la nappe alluviale à travers la formation d'EL Harrach le long du sahel.

**b) Les exutoires de l'aquifère :**

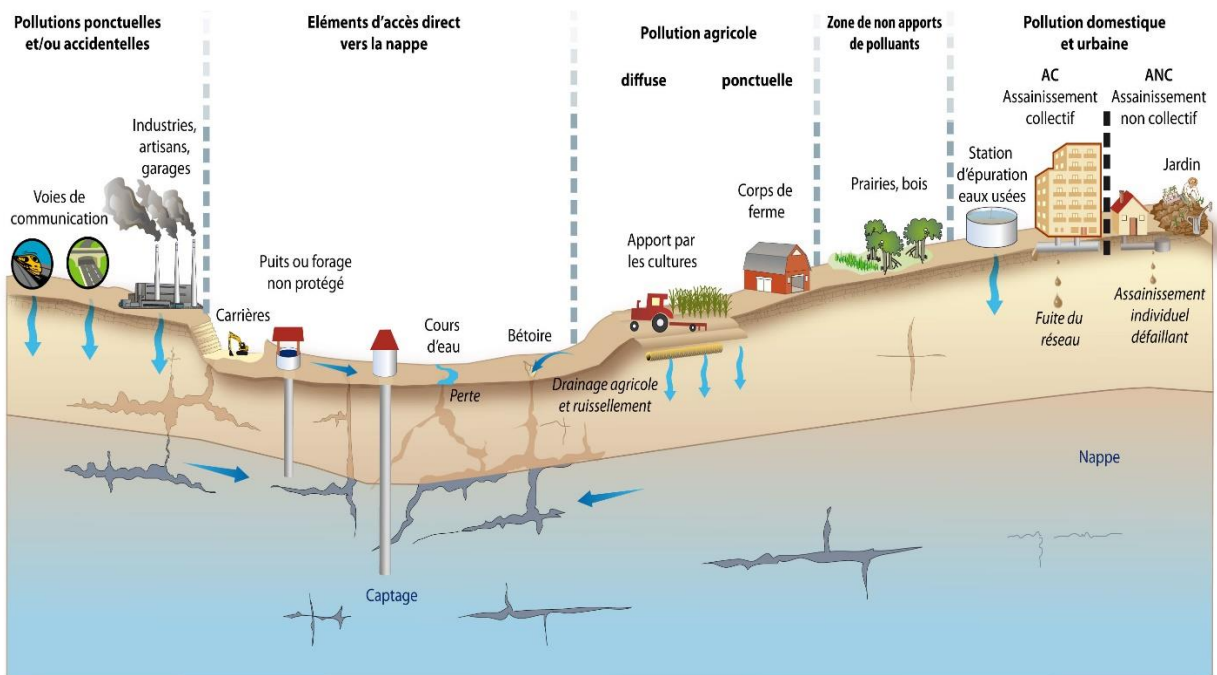
Ces derniers sont plus importants comparativement à l'aquifère astien ils sont assurés par :

- Le drainage des oueds dans leur cour aval.
- Les fuites souterraines vers la mer (partie Est de la plaine).

La quasi-totalité des prélèvements en eau souterraine provient de l'aquifère de Mitidja où plus de 4000 puits et forages assurent l'alimentation en eau potable, industrielle et l'irrigation de toute la région(Ait Ouali AEK, 2007).

## II.1- Définition de la pollution :

Une eau est polluée lorsque, celle-ci subit des activités de l'être humain la rendant ainsi impropre à satisfaire la demande d'utilisation ou qu'elle présente un danger pour l'environnement. Les causes naturelles de la dégradation de la qualité de l'eau souterraine sont donc exclues.



**Figure II.1-** Pollution des eaux souterraines par différents sources ([www.sepase.fr](http://www.sepase.fr)).

### II.1.1-Principaux types de pollution :

Selon l'origine de la pollution on peut distinguer trois grands groupes de pollutions :

- Pollution urbaine
- Pollution agricole
- Pollution industrielle

**II.1.1.1-Pollution urbaine :**

La pollution d'origine urbaine correspond, à des apports hétérogènes qui sont liés, aux activités physiologiques, domestiques et aux activités économiques, industrielles commerciales pratiquées dans le milieu urbain.

**II.1.1.1.1.-Pollution organique :**

Il existe deux formes de pollution organique :

**II.1.1.1.2-Pollution organique biodégradable :**

Cette pollution est issue des eaux ménagères (eau de toilettes, lavages etc....). Ce type de pollution est facilement éliminable soit par le pouvoir auto épuratoire au niveau du sol, soit par l'épuration biologique dans les stations d'épuration.

**II.1.1.1.3- Pollution organique difficilement biodégradable :**

Elle correspond en grande partie aux détergents synthétiques contenus dans les produits de nettoyage domestique. L'inconvénient de leur présence dans l'eau réside du fait de l'apparition de mousse diminuant l'oxygénation de l'eau et perturbe ainsi le fonctionnement des stations d'épurations.

**II-1.1.2-Pollution d'origine agricole :**

L'agriculture d'aujourd'hui a atteint un certain stade de modernisation, ou les cultivateurs ont recours à une utilisation abusive des produits d'engrais chimiques et de produits phytosanitaires (insecticides, herbicide, fongicide... L'utilisation irrationnelle de ces produits peut entraîner des risques graves et de polluer les eaux souterraines.

**II.1.1.3 - Pollution d'origine industrielle**

Elle est provoquée par les rejets industriels, thermiques et chimiques. Sa nature est aussi variée par rapport aux types d'industries. La pollution par les éléments toxiques est la plus dangereuse.

## II.2 - Principaux éléments indicateurs de la pollution organique

### II.2.1 - L'Ammonium

L'ammonium est souvent rencontré dans l'eau. Il traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. Généralement, l'ammoniaque se transforme en composé nitrite ( $\text{NO}_2$ ) et en composé nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) par une oxydation.

Pour une eau destinée à la consommation il est recommandé comme valeur admissible maximale [50 mg/l].

### II.2.2 - Les nitrites

Les nitrites sont souvent présents dans les eaux mais à des doses faibles. Ils peuvent avoir comme origine l'oxydation incomplète de l'ammoniaque ou bien une réduction des nitrates sous l'action d'une action dénitrifiant.

L'OMS préconise jusqu'à nos jours une teneur en nitrite dans l'eau potable d'une valeur limite de 0,1 mg/l.

### II.2.3 - Les nitrates

Ils constituent la forme la plus oxydée de l'azote qu'on retrouve dans les eaux. Une forte teneur en nitrates peut être d'origine naturelle, mais indique parfois aussi la présence d'une contamination par des eaux résiduaire, ou de certaines industries ou de ruissellement qui sont riches en engrais.

### II.2.4 - les phosphates

La présence de phosphate dans les eaux dépend de la nature des terrains traversés et de la décomposition de la matière organique. Les eaux de surface et souterraine sont généralement contaminées par les rejets industriels et domestiques ou par le lessivage des terres cultivées renfermant des engrais phosphatés.

Les normes de L'OMS recommandent comme référence 0,4 mg/L de phosphate dans les eaux de consommation avec une concentration maximale de 5 mg/L.

### II.2.5 - Les matières organiques

La pollution par les matières organiques est fortement liée aux activités humaines. Les matières organiques susceptibles d'être rencontrées dans les eaux sont constituées par des produits de décompositions qui sont soit d'origine animale ou végétale, élaboré sous l'influence des micro-organismes. L'impact de la matière organique est de favoriser l'apparition de mauvais gout de l'eau.

En plus avec une teneur élevée de matière organique dans les eaux pourrait suspecter une contamination microbienne.

### II.2.6 - Les matières en suspension

La teneur et la composition minérale et organique des matières en suspension dans les eaux sont très variables. Elles sont fonction de la nature du sol et des terrains traversés [de la saison, pluviométrie, des rejets etc...].

Les matières organiques se décantent dans les eaux en colmatant les fonds et créer par la suite un déséquilibre de la faune et de la flore. Ces substances peuvent favoriser la prolifération des micro-organismes pathogènes et ralentissent les phénomènes de la photosynthèse.

## II.3 - Pollution par les nitrates

### II.3.1 - Définition des nitrates

Les Nitrates ( $NO_3^-$ ) sont des composés chimiques qui sont constitués d'azote et d'oxygène. Ils résultent du cycle de l'azote qui est une substance nutritive indispensable à la vie végétale. Celui-ci peut être amené à se retrouver dans le sol via différentes voies.

L'oxydation par les microorganismes des plantes, du sol ou de l'eau rend l'azote assimilable par les plantes sous formes de nitrates. Ainsi toutes les sources d'azote sont potentiellement capables de se retrouver sous forme de nitrate.

Dans d'autres conditions, notamment en milieu acide, des nitrites ( $NO_2^-$ ) sont naturellement formés à partir des nitrates. A leur tour les nitrates peuvent se combiner aux amides et aux amines pour former des nitrosamines.

### II.3.2 - Différentes formes d'azote

L'azote peut exister sous trois formes principales :

- Gazeuse : il constitue 78% de l'atmosphère
- Minérale : il peut être en liaison avec l'hydrogène pour former l'ammoniac, ou avec l'oxygène et donner les nitrites et les nitrates (il s'agit respectivement d'azote ammoniacale, nitreux ou nitrique) :

-L'azote ammoniacal est une forme transitoire. Résultant de l'ammonification, l'ammoniac et les sels ammoniacaux sont solubles et les ions  $\text{NH}_4^+$  qu'ils libèrent sont retenus par le complexe absorbant. Cette forme d'azote est assez rapidement oxydée par les bactéries nitrifiantes et transformée en nitrate.

-L'azote nitrique, très soluble est la forme principale d'absorption et de migration de l'azote. Non retenu par le complexe absorbant, cet azote est rapidement perdu par lessivage s'il n'est pas absorbé par les plantes ou par les bactéries réorganisatrices.

-L'azote nitreux est une forme transitoire servant de pont dans la nitrification et dénitrification. Ces deux processus sont très rapides et même instantanés.

- Organique : il entre dans la constitution des protéines présentes dans tous les tissus vivants.

L'azote est surtout employé dans la synthèse des produits de base (ammoniac, acide nitrique, etc...) dans l'industrie d'engrais des explosifs et des colorants (Hibrahim, 2013).

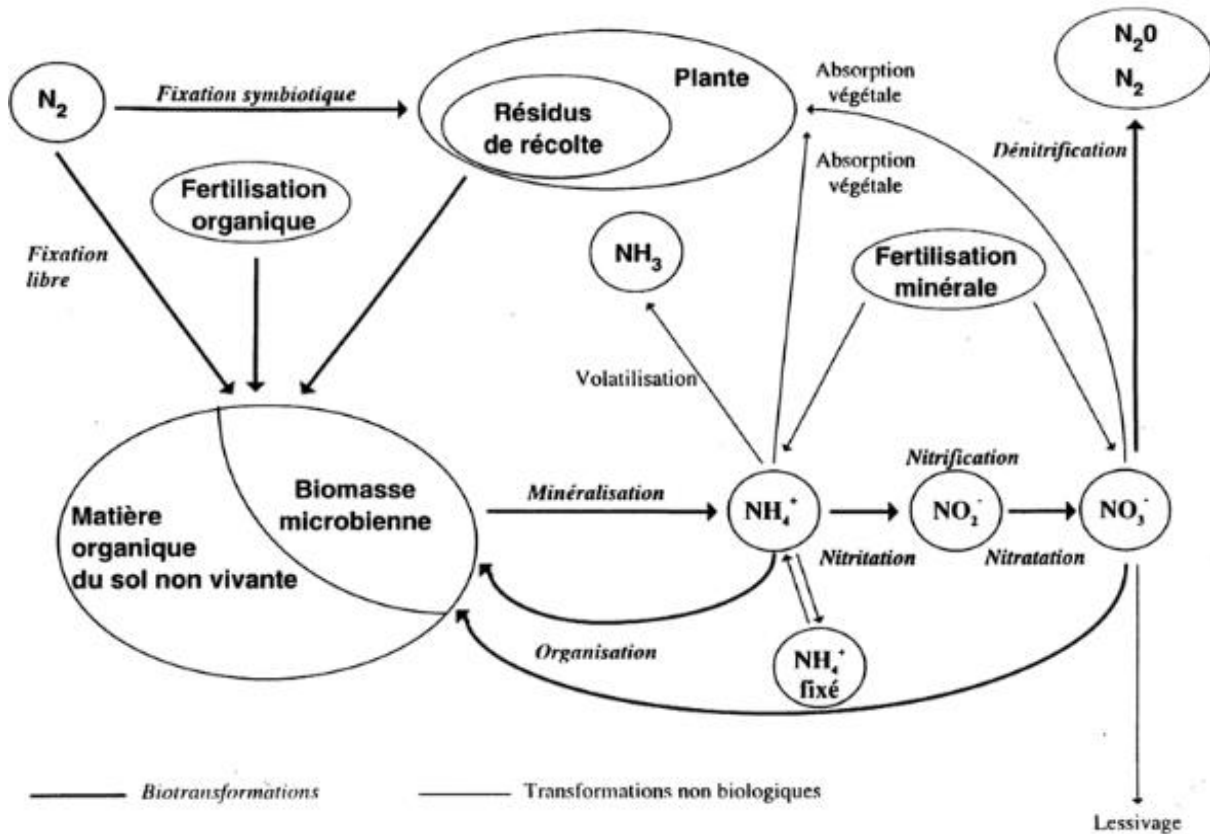
#### II.3.2.1 - Le cycle de l'azote dans la nature

Le cycle de l'azote est le plus complexe des cycles biogéochimiques. Il est difficile d'évaluer les quantités d'azotes présentes dans les divers compartiments de la biosphère, à l'exception de l'atmosphère qui contient 79 %, et des composés d'origines industriels qui sont de 4 à 5 fois plus absorbants que ceux qui proviennent de la fixation biologique de l'azote atmosphérique.

Ce dernier est la réserve essentielle de la biosphère. Les bactéries qui sont capables de fixer l'azote atmosphérique sont soit aérobies comme azotobacter, soit anaérobies comme clostridium ; certaines sont capables de réaliser la photosynthèse comme les rhodospirillum ou bien vivent en symbiose avec les légumineuses, ce qui permet la fixation de 150 à 400 kg d'azote par ha/an (Roger, 1986).

**II.3.2.2 - les phases du cycle de l'azote**

Les principales phases du cycle de l'azote sont : la minéralisation (ammonification et nitrification) et l'immobilisation ou réorganisation. Le premier phénomène concerne les transformations de l'azote organique en azote ammoniacal qui est progressivement converti en nitrites et nitrates ; alors que l'immobilisation transforme l'azote minéral en azote organique. Ces deux phénomènes sont simultanés dans le sol qui est fortement influencé par les conditions environnementales tel que la température, le pH et l'humidité du sol, d'où une évolution annuelle des concentrations en nitrate dans la nappe (Pinheiro, 1995).



**Figure II.2 :** le cycle de l'azote, source : Jared MATABA MPONGATE (2010).

### II.3.2.2.1 - La minéralisation de l'azote organique

La minéralisation est la réaction biologique conduisant à la formation de l'azote minéral (Nitrique et Ammoniacal) à partir de l'azote organique.

Cette renaissance de l'azote minéral se produit en trois étapes : l'ammonification, l'oxydation de l'ammonium et l'oxydation du nitrite ; les deux dernières étapes sont combinées dans ce qu'on appelle la nitrification.



**Figure II.3 :** Processus de minéralisation de l'azote.

Dans le processus de minéralisation, les composés carbonés sont dégradés puis utilisés comme source d'énergie. L'azote qui est en excès par rapport au besoin des microorganismes libérés, les formes solubles de l'azote sont libérées par la rupture des cellules lors de la mort des organismes. Environ 1 à 2% des matières organiques sont minéralisées chaque année en éléments solubles par l'action des micro-organismes (*Hibrahim, 2013*).

Les étapes successives de cette dégradation conduisent à une simplification moléculaire dont le stade ultime est pour ce qui concerne l'azote, la production de l'ion nitrate (NO<sub>3</sub>). Cette minéralisation est réalisée en deux étapes : l'ammonification et la nitrification (*Scheartz, Muller, & Jacques Decroux, 2005*).

#### a) Ammonification

Le processus d'ammonification résulte de la transformation de l'azote organique en ammoniac par une série de microorganismes. Une partie de l'ammoniac peut être volatilisé et retournée dans l'atmosphère, mais la grande partie est recyclée en nitrate par des bactéries du sol. Le stade final de l'ammonification est l'ion ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). La vitesse de minéralisation est constante quel que soit la concentration en O<sub>2</sub> de l'eau superficielle de 0 à 30 mg/l (*G.hopkins, Charles-Marie, & Edward, 2003*).



**b) Nitrification**

La nitrification est la conversion biologique de l'azote minéral réduit ( $\text{NH}_4^+$ ) en azote minéral oxydé sous forme de  $\text{NO}_3^-$  en passant par le  $\text{NO}_2^-$ .

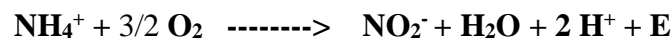
La nitrification s'opère en deux étapes dont :

Ø la Nitratation ou nitrosation

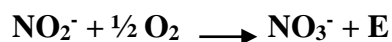
Ø la Nitratation

**i. Nitrosation ou Nitratation**

C'est l'oxydation de l'ammonium en nitrite qui se réalise grâce aux bactéries dites nitreuses (les nitrosomonas) qui, oxydent l'ammonium en nitrite selon la réaction :

**ii. Nitratation**

La nitratation est l'oxydation du nitrite en nitrate réalisée par des bactéries nitriques (les nitrobacters) (MPONGATE, 2010).



Dans le sol, il existe deux genres de bactéries qui assurent la nitrification : les nitrosomonas et les nitrobacters.

Elles sont des bactéries autotrophes spécifiques qui réalisent ces deux transformations au cours desquelles elles récupèrent de l'énergie. L'activité microbienne responsable de la nitrification et est considéré comme effective sur les 40 premiers centimètres de sol seulement.

Ces bactéries apparaissent dans les sols à des pH variant entre 4,5 et 10, préférant des conditions de pH neutre dont le processus est rapide. Il est très ralenti dans les sols acides. En conditions défavorables (acidité), la nitritation qui est l'étape limitaire : c'est donc l'azote ammoniacal qui s'accumule et non l'azote nitreux.

L'anion nitrate n'est pas retenu par les particules des sols de même charge. Très soluble, il peut ainsi être entraîné par lessivage ou ruissellement et être à l'origine de la pollution de nappe phréatique ou d'eau de surface. Il peut aussi être partiellement réduit en partie en oxyde d'azote et azote gazeux par les microorganismes, c'est le phénomène de dénitrification (Caroline chambenoi et al, 2002).

### II.3.2.2.2 – Perte d'azote

#### a) Volatilisation ammoniacale

La volatilisation de l'ammoniac ( $NH_3$ ) est souvent la principale voie de perte d'azote lorsque des amendements riches en ammonium comme les fumiers ou l'urée sont appliqués au sol. La volatilisation réduit donc la valeur fertilisante des amendements ammoniacaux. Au Québec, la valeur de l'azote ammoniacal volatilisé à partir des lisiers de porc correspond à une perte d'environ 10 millions \$ chaque année.

Dans les pays développés, l'agriculture est la source la plus importante d'ammoniac (jusqu'à 90 % des émissions nationales) de l'azote ammoniacal apporté sur la parcelle dans le cas de l'épandage des lisiers (Philippe Rochette, 2008).

Conséquence les pertes d'azote par volatilisation d'ammoniac sont étroitement liées à la condition de sol (pH, capacité d'échange, porosité), à son humidité (concentration de la solution du sol) et aux conditions climatiques (pluviométrie, température) (Lemaire & Nicolardot, 1996).

#### b) La lixiviation

L'azote nitrique est l'élément qui pose le plus de problème en agriculture. Les nitrates très solubles et mobiles, dans la solution du sol, sont facilement lixiviés vers les eaux souterraines et constituent ainsi une source potentielle de pollution de la nappe phréatique. Le processus de lixiviation désigne l'entraînement en profondeur de l'azote soluble (forme nitrate) par l'eau drainante. La lixiviation provoque la désaturation du complexe absorbant et aboutit à l'acidification du profil (M, Prescott, P. Harley, & Donald A. Keen, 2003).

**c) Dénitrification**

Il s'agit d'un procédé biologique qui consiste à la réduction du nitrate en azote gazeux via la formation des composés intermédiaires tels que le nitrite, l'oxyde nitrique et l'oxyde nitreux en conditions anoxies. La dénitrification est d'une grande importance écologique, puisqu'il s'agit de la voie majeure de la perte d'azote fixé dans l'environnement. Elle occupe donc une place importante dans le bilan de l'écosystème à l'échelle globale. La dénitrification est aussi un mode respiratoire qui permet aux bactéries anaérobies facultatives de continuer à minéraliser du carbone organique en l'absence d'oxygène moléculaire. Dans cette respiration, les oxydes d'azote sont réduits depuis la forme nitrate jusqu'aux formes gazeuses de l'azote :  $N_2$ ,  $NO_2$ ,  $NO$ , via le nitrite.

Les bactéries dénitrifiantes influencent donc à la fois le cycle du carbone et celui de l'azote, et leur impact varie en fonction de la tension locale en oxygène (Ayoub Mabrouk, 2009).

**d) Immobilisation de l'azote**

Dès l'apport d'engrais azoté dans le sol, une compétition s'engage entre les micro-organismes du sol et la culture pour la consommation de cet azote. La réorganisation correspond au processus par lequel les micro-organismes du sol assimilent l'azote pour leurs propres besoins de renouvellement et de croissance. La réorganisation est d'autant plus importante que le sol a une forte activité biologique.

Elle ne doit pas être considérée comme une perte pour le système sol, plante, mais elle représente une immobilisation de l'engrais dans le compartiment organique du sol (Merigout Patricia, 2006).

**e) Absorption de l'azote par les plantes**

L'azote minéral du sol est la source principale d'azote des végétaux. L'absorption de l'azote par les plantes se fait essentiellement sous forme de nitrate ( $NO_3^-$ ) qui sont ensuite réduits en nitrite ( $NO_2^-$ ) puis transformés en ammoniacque et inclus dans les molécules organiques.

La forme d'absorption est variable en fonction :

- De l'âge de la plante (les plantes jeunes absorbent de préférence sous forme ammoniacale)
- De l'espèce (les graminées absorbent essentiellement sous forme nitrique) ;
- Du PH ;
- Dés autres ions présents dans la plante et dans le sol.

Les engrais minéraux apportés aux terres sont destinés à être dissous dans l'eau du sol car les poils les absorbent sous forme de solutions salines nutritives (Friha Fatma Lazrek Ben, 2008).

### III.1 Rappels de physique des sols

#### III.1.1 Le sol

Le sols peuvent être définis de manière générale comme le produit ,remanié et organisé de l'altération de la couche superficielle de la croûte terrestre, essentiellement sous l'action d'agents climatiques et biologiques .Il apparait comme un milieu complexe, biologiquement actif et le siège de nombreux phénomènes transitoires (Musy & Marc Soutter, 1991).

Le sol est un milieu poreux, cohésif ou non qui présente une fraction de volume de vide accessible à un fluide (Berne, 2007).

Le sol est en effet, soumis à des mouvements d'eau entre sa surface et le niveau de la nappe phréatique. On distingue en général:

- La zone saturée : lorsque la totalité de l'espace poreux est occupé par l'eau et peut être une autre phase liquide.
- La zone non saturée : ou partiellement saturée, là ou seulement une partie de l'espace poreux est occupé par l'eau, le reste étant occupé par une phase gazeuse et peut être une autre phase liquide.

Dans la zone partiellement saturée, la teneur en eau joue un rôle très important non seulement pour l'écoulement ultérieur d'eau mais surtout mais pour le transport d'éventuels contaminants, la transformation ou le stockage provisoire substance dissoute.

La zone non saturée est parfois divisée en trois sous-zones :

- (1) le sol ou zone enracinée près de la surface ;
- (2) la zone vadose ou intermédiaire ;
- (3) la frange capillaire (Alain Dassargues, 1997).

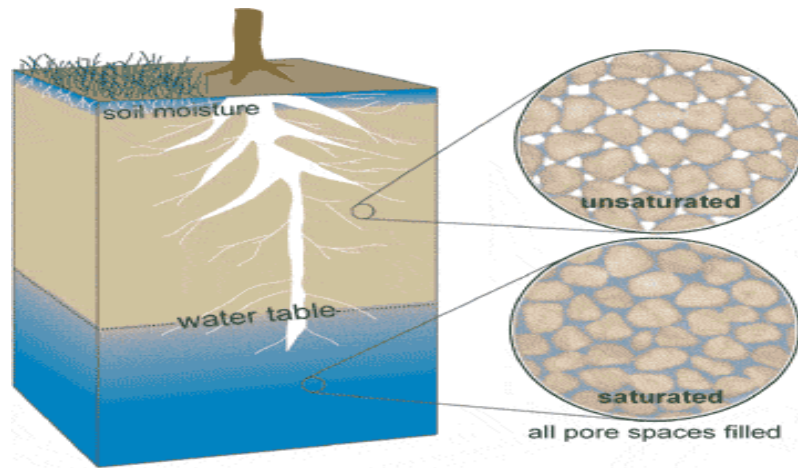


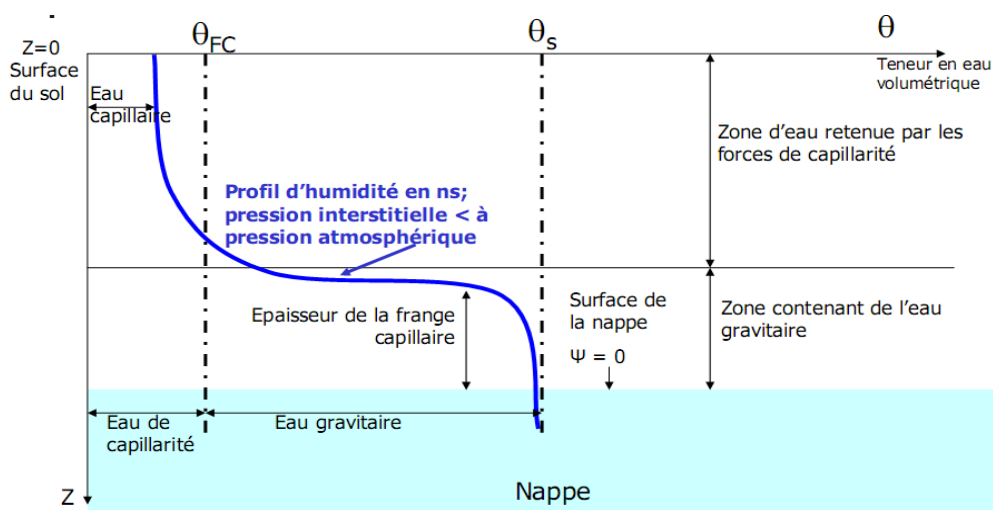
Figure III.1- Représentation physique d'un milieu poreux

### III.2. Les caractéristiques hydrauliques du sol :

#### III.2.1. Les forme d'eau dans le sol :

Dans la majorité des sols, l'eau est contenue essentiellement dans la porosité en fonction de sa taille, on distingue quatre grands types d'eau :

- ✓ L'eau libre,
- ✓ L'eau capillaire
- ✓ L'eau hygroscopique
- ✓ L'eau d'hydratation



Figures III.2- Différentes formes de l'eau dans le sol (d'après caroline, 2015).

**III.2.1.1 L'eau libre (eau gravitaire)**

C'est une eau sur laquelle l'action de la gravité est prépondérante et qui est mobilisable par gravité dans la macroporosité du sol et fissures larges de quelque centimètres ou plus petites.

Cette eau va donc s'infiltrer en percolant jusqu'à ce qu'elle rencontre un niveau de roches plus imperméables. L'eau va s'accumuler en saturant le niveau de la roche sus-jacent en constituant un aquifère. Cette fraction de l'eau est appelée réserve hydrologique du sol.

**III.2.1.2 L'eau capillaire**

L'eau capillaire se met en place du fait de sa grande tension superficielle et des forces d'adhésion liquide-solide. Elle est maintenue dans les pores, malgré la gravité, et peut ainsi saturer localement les pores au-dessus d'autres plus importants qui contiennent de l'air (eau capillaire isolée). L'eau capillaire monte d'autant plus haut, que les pores sont petits: environ 0,12 cm dans les sables, 6 m dans les argiles (30 m dans les colloïdes). La vitesse de montée est lente: environ 50 jours pour 12 cm dans les sables (Gallichand & Yvon Brochu, 1983).

A la base d'une zone non-saturée, on distingue deux zones:

- zone inférieure saturée en eau capillaire, sauf quelques gros pores, surtout vers le haut (hs): zone de saturation capillaire.
- zone supérieure où seuls les pores fins contiennent de l'eau capillaire : soit la zone de l'eau capillaire discontinue (ha).

**III.2.1.3 L'eau hygroscopique :**

L'eau hygroscopique est fortement retenue par les particules de sol et n'est pas susceptible d'être déplacée sous l'action des forces gravitationnelles ou capillaires (Gallichand & Yvon Brochu, 1983).

**III.2.1.4 L'eau d'hydratation**

L'eau d'hydratation est celle qui est retenue par des tensions superficielles, elle est incluse à l'intérieur des minéraux. Cette fraction est totalement indisponible, au moins jusqu'à ce que la roche soit altérée.

Cette eau ne peut pas être déplacée par des processus physiques (gravité, pression, atmosphérique, évaporation à l'air libre, pression osmotique....) (Pierre Pech, 2010).

### **III.3. Transferts des polluants dans le sol: mécanismes de transfert**

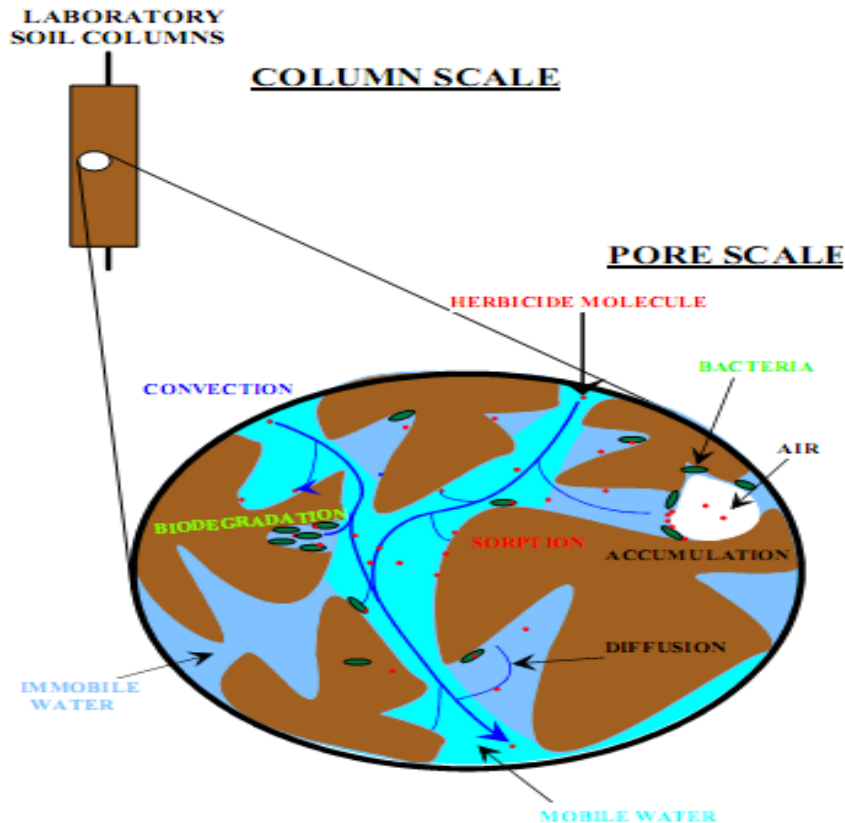
#### **II.3.1. Généralité sur la pollution :**

Les sols en raison de leurs caractéristiques très variables dans l'espace, de la diversité des processus qui s'y déroulent (de nature physique, physico-chimique et biologique), de leur position d'interface (avec l'atmosphère, le substrat géologique et les milieux aquatiques), exercent une multiplicité de fonctions, notamment de régulation et d'épuration. Ces dernières peuvent cependant être modifiées défavorablement par diverses formes d'agressions, liées aux activités agricoles, industrielles et urbaines (Barrius, Calvet, SchiavonM, & Soulas G, 1996).

Or la pollution des sols menace le bon fonctionnement des écosystèmes ainsi que la santé humaine. En effet, certains polluants particulièrement toxiques et persistants risquent d'être transférés vers les organismes et/ou de migrer sur de longues distances et de contaminer les nappes.

Ces polluants se trouvent en grande majorité dans les sols et sont toujours selon la base de données BASOL «hydrocarbures, HAP, plomb, zinc, solvant halogènes, chrome, cuivre, arsenic, nickel et cadmium», classés par ordre croissant en fonction de leur quantité. Au cours des trois dernières décennies, de grands efforts ont été faits pour comprendre les mécanismes de l'eau et le transport de soluté dans la zone non saturée.





**Figure III.3-**Représentation schématique des écoulements hydriques dans les sols à l'échelle du pore: mise en évidence de la circulation de l'eau et des micropolluants dans la macroporosité et dans la microporosité du sol, expliquant les contacts potentiels entre polluants et surfaces minérales, organiques et biologique. Martins, J.M.F, 2008.

### III.3.2. Mécanismes du transport des polluants dans la zone non saturée :

#### III.3.2.1 Le devenir des polluants :

Le transport des solutés dans le sol concerne des substances dissoutes organiques et inorganiques ionisées et non ionisées. Il s'agit d'un phénomène très général se déroulant partout dans le sol et à tout moment et impliquent plusieurs processus :

- La pédogenèse puisque la formation et l'évolution des sols est le résultat d'apports ou de perte de solutés.
- La dégradation des sols pour les mêmes raisons.
- Le devenir des substances fertilisantes et leur absorption par les plantes et les autres organismes vivants.
- Le devenir des substances à caractère polluant, leur persistance et leur transfert dans les eaux souterraines et superficielles (Raoul Calvet, 2003).

Le transfert des polluants dans le sol se fait en interaction avec le milieu ambiant. Cette interaction entraîne généralement un retard dans la migration ou un appauvrissement en substances polluantes (atténuation naturelle). L'atténuation naturelle est ainsi le résultat de la combinaison de plusieurs phénomènes physiques, chimiques et biologiques dans un sol, qui peuvent modifier le comportement du ou des contaminants et peuvent aboutir à sa disparition ou modifier sa forme chimique, en rendant le polluant plus ou moins mobile voire plus ou moins toxique (Eddy El Tabach, 2005).

### III.3.2.2. Transport par convection

La convection représente l'entraînement des éléments en solution dans le mouvement du fluide qui se déplace. Le soluté est transporté par le mouvement général de l'eau, à la vitesse  $q$  définie par la loi de Darcy (Blanchard C, 2000).

Le transport d'un soluté dans un milieu poreux peut être illustré par un écoulement à vitesse constante dans un long tuyau. Un polluant, injecté dans un courant, est naturellement transporté à la vitesse du courant si l'on considère l'absence de phénomènes annexes.

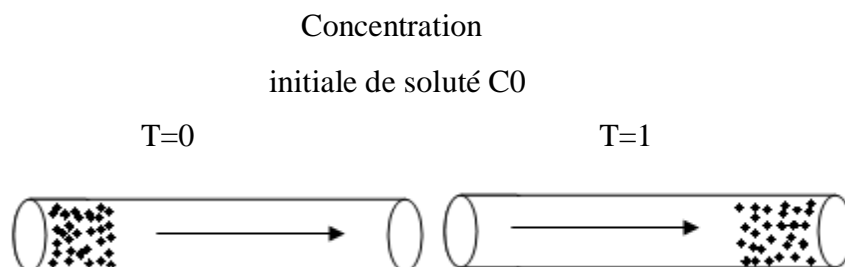
Cette procédure de transport est appelée advection (déplacement par effet de piston). Le transport convectif lié à la vitesse de circulation de solvant, induit un flux de soluté  $q_c$  qui est lié au flux du solvant  $q$  par :

$$q_c = q \cdot c$$

Avec :

$q_c$  : flux de soluté transféré par convection

$q$  : flux de solution  $q = u \cdot \theta$ ,  $u$  : vitesse de circulation du solvant dans les pores est donnée par la loi de Darcy.



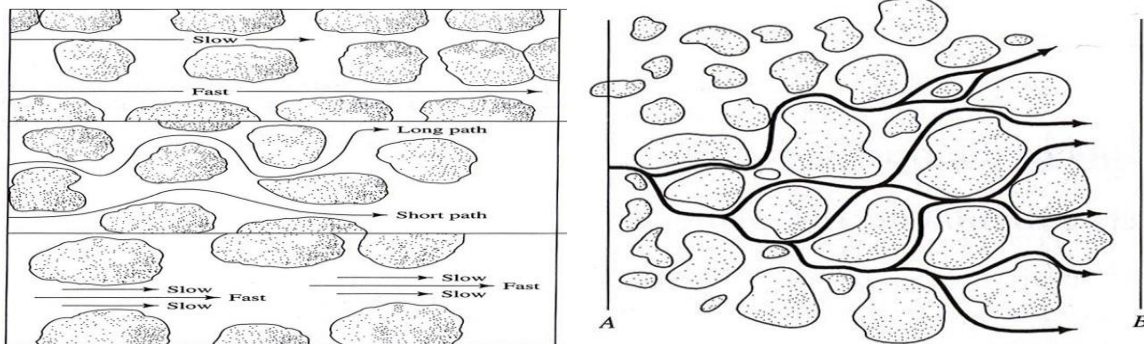
**Figure III.4-Transport adjectif sans dispersion** Source : Gaidi L. Ichola A., 2000

**III.3.2.3. La dispersion en milieu poreux**

**III.5.2.3.1 Dispersion mécanique :**

Ce phénomène de mélange est lié à l'hétérogénéité des vitesses dans l'écoulement à l'échelle microscopique. Les trois causes principales de dispersion mécanique sont illustrées sur la figure N°III.8 :

- Certains pores ont une ouverture plus grande, ce qui engendre des vitesses plus élevées.
- Certains chemins plus longs que d'autres induisent un retard, donc une vitesse plus faible.
- Les particules proches des parois se déplacent moins vite que celles situées dans l'axe des pores, comme l'illustre la formule de Poiseuille pour une conduite cylindrique.



(a) Dispersion longitudinale.

(b) Dispersion transverse.

**Figure III.5** - Illustration des sources de dispersion longitudinale (a) et dispersion transverse (b), d'après Fetter (1999).

**III.3.2.3.2-La dispersion hydrodynamique**

Les processus de diffusion moléculaire et de dispersion mécanique ne peuvent pas être clairement distingués dans la réalité. On introduit donc un paramètre appelé coefficient de dispersion hydrodynamique  $D$ , tel que le flux dispersif en milieu poreux s'écrit sous la même forme que la loi de Fick  $\vec{J}_D = -D\theta \cdot \overrightarrow{Grad} C$ .  $D$  est en fait un tenseur symétrique du deuxième ordre qui a pour directions principales la direction de l'écoulement et deux directions perpendiculaires à celle-ci.

En première approximation, les coefficients de dispersion longitudinale et transverse  $DL$  et  $DT$  sont tels que :

$$DL = \alpha_L v + D^*$$

$$DT = \alpha_T v + D^*$$

Où  $\alpha_L$  et  $\alpha_T$  sont les dispersives longitudinales et transverses,  $v$  est la vitesse moyenne réelle de l'écoulement et  $D^*$  le coefficient de diffusion effectif dans le milieu poreux.

$\alpha_L$  est de l'ordre de quelques centimètres en colonnes de sable en laboratoire et de l'ordre du mètre à la centaine de mètres sur le terrain (Lallemand-Barrès. A et P. Peaudecerf, 1978).

### III.5.2.3.3-La diffusion moléculaire

La diffusion moléculaire dans les pores est un phénomène indépendant de la vitesse du fluide dû à l'agitation des molécules transportées au sein du fluide (ou mouvement Brownien). Ce phénomène tend à homogénéiser la concentration résidente de soluté dans l'espace, la migration des molécules s'effectue depuis les zones fortement concentrées vers les zones faiblement concentrées. Le flux massique de soluté transporté uniquement par diffusion est calculé à partir de la première loi de Fick :

$$J_d = -D_e \left( \frac{\partial C_{aq}}{\partial z} \right) \quad \text{en Kg.m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$$

$D_e$  Est appelé coefficient de diffusion effectif ( $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ). On introduit aussi parfois le coefficient de diffusion de pore  $D_p = D_e / \varepsilon$ .

Le rapport entre le coefficient de diffusion effectif et le coefficient de diffusion moléculaire dans l'eau libre,  $D_0$  est une fonction de la porosité géométrique  $\varepsilon$ , de la tortuosité  $T$ , et de la constrictivité  $\delta$ . La constrictivité est définie comme le rapport entre les sections minimales et maximales des pores. Pour un milieu poreux constitué de particules sphériques de même diamètre, la constrictivité vaut environ 0,75 (Melkior, 2000).

Entre 1950 et 1970, de nombreux auteurs (se reporter à Bear, 1969 et 1972 pour une synthèse bibliographique) se sont efforcés de décrire le phénomène de dispersion hydrodynamique qui apparaît à l'échelle macroscopique. Le flux massique de soluté transporté uniquement par dispersion est calculé à partir de la relation suivante faisant intervenir un coefficient de dispersion noté  $D$  ( $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ) :

$$D_e = \varepsilon \frac{\delta}{T^2} D_0$$

Le flux massique de soluté transporté uniquement par dispersion est calculé à partir de la relation suivante faisant intervenir un coefficient de dispersion noté D (m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>) :

$$J_d = -D\phi \frac{\partial c_{aq}}{\partial z} \quad \text{En Kg.m}^{-2}.s^{-1}$$

Le coefficient de dispersion hydrodynamique, D est défini comme la somme du coefficient de dispersion mécanique D<sub>m</sub>, et du coefficient de diffusion de pore D<sub>p</sub> (Stéphanie Szenknect, 2003).

$$D = D_p + D_m$$

## Introduction

Au moment de l'indépendance (1962), l'agriculture de la plaine de la Mitidja s'est reconvertie. Les vignes ont été remplacées par l'arboriculture fruitière et l'élevage laitier accompagné d'une industrialisation très importante.

La Mitidja représente de nos jours le centre d'une production des fruits et légumes pour toute la Région d'Alger, le transport de ces produits agricoles est devenu plus facile grâce à une infrastructure routière bien développée.

## IV. Activité agricole dans la Mitidja :

### IV.1- Les superficies agricoles

La surface agricole totale « SAT » de la plaine de la Mitidja représente l'ensemble des surfaces agricoles utiles et des terres improductives (parcours, bâtiments, forêts).

Elle est de l'ordre de 164000 hectares).

La surface agricole utile « SAU » représente la surface apte à être cultivée et sur laquelle est pratiqué un assolement (succession de cultures). Elle est de l'ordre de 100000 hectares (Rapport ANRH, Service pédologique 2010).

La superficie agricole est cultivée soit :

- ✓ En irrigué : il s'agit d'un système de culture intensive nécessitant de très grands apports d'eau et d'engrais agricoles (culture maraichère) ; il concerne 60000 hectares de superficie.
- ✓ Ou en sec : système de culture sans apport d'eau, l'irrigation étant exclusivement tributaire de la pluviométrie.

### IV.2-La fertilisation :

#### a) Consommation nationale d'engrais chimiques :

Les engrais chimiques les plus utilisés en Algérie sont par ordre de décroissant des quantités consommées : (Rapport ANRH, Service pédologique 2010).

1. N-P-K (12-18-1)	5. Ammoniacal (33,5%)
2. Urée (46%)	6. Surface d'ammonium (21%)
3. T-S-P super phosphate	7. Sulfate de potassium (50%)
4. P-K (0-20-25)	8. Oligoélément

**Tableau IV.1** Consommation d'engrais chimique.

**b) Consommation d'engrais chimique dans la Mitidja :**

Les quantités d'engrais consommées dans la Mitidja, ont été converties en quantités d'azote de la manière suivante :

- L'urée 46% : engrais contenant 46% d'azote
- Le N-P-K (12-18-1) : engrais contenant 12% d'azote, 18% de phosphate et 1% de potassium ;
- L'Ammoniacale 33,5 % engrais contenant 33,5% d'azote ;
- Le sulfate d'ammonium 21% : engrais contenant 21% d'azote.

A partir de ces formules il nous a été possible de convertir les quantités d'engrais consommées, en quantité d'azote consommées par les wilayas de la Mitidja.

Les quantités d'azote consommées dans la Mitidja à partir d'engrais chimiques agricoles, sont rapportées dans le tableau suivant :

Wilayas	AZOTE(OX)			
	2005	2006	2007	Moyenne d'azote consommé par an
Tipaza	63553,4	63735,5	63735,5	63674,8
Alger	300	1244,53	2679,05	1407,86
Boumer dès	2007,9	1035,46	1316,88	1453,41
Blida	7067,72	4742,42	3624,38	5145,50
Total	72929,2	70757,91	71355,81	71681,57

**Tableau IV.2** : Consommation moyenne d'azote (Rapport ANRH, Service pédologique)

,2010

Pour évaluer les quantités d'azote répandues à l'hectare ou « nombre d'unités fertilisantes » dans la région de la Mitidja, un calcul a été fait à partir des quantités d'engrais azotés livrées, par rapport à la surface irriguée de chacune des quatre wilayas, on a ainsi déduit le ratio : Kg N/hectare/ans (Rapport interne ANRH, 2010).

wilaya	Surface agricole irriguée(Hectare)	Quantités d'azote épandu Kg N /Ha/an
Tipaza	16588	383,86
Blida	27711	18,56
Boumerdès	9249	15,71
Alger	18169	7,74

**Tableau IV.3** Fertilisation par wilaya (Rapport ANRH, Service pédologique 2010).

➤ **Les apports d'origine animale**

Parallèlement à la fertilisation par les engrais minéraux ou organique, il existe un apport direct par les animaux élevés en plein air (bovin, ovins, caprin, volailles), dont l'urine constitue l'exutoire naturel des excès d'azote de l'alimentation.

Dans l'urine, l'azote se trouve sous différentes formes dont la plus importante est l'urée, qui est rapidement hydrolysée en ammonium, très vite transformée en nitrate (1 à 7 jours).

L'azote des fèces (bouses), essentiellement sous forme organique, suit une évolution plus lente. Comme les quantités d'azotes éliminées par les bovins (vache, bœuf...) sont beaucoup plus importantes que celle des ovins (brebis...) et des caprins (chèvre), on a rapporté la quantité d'azote émise par chaque espèce à une unité commune qui est l'UGB (unité gros bétail).

L'UGB-Azote (UGB-N) est l'unité de gros bétail azote, utilisée en matière de pollution des eaux par les nitrates. Elle correspond à une pollution produite de 73 kg d'azote par an et contenue dans les effluents d'élevage.



Des moyennes (UGB-N) par espèce animale à partir des normes internationales ont été faites en coopération avec l'institut Technique des Elevages « *ITELVE* » de BaBa Ali :

1 Bovin = 0,9 UGB soit 65,7 Kg N/an

1 Ovin = 0,1 UGB soit 7,3 Kg N / an

1 caprin = 0,07 UGB soit 5,11 Kg N / an

Wilayas	Total UGB-N	Equivalent azote (QX N/an)
Blida	45147	32957
Tipaza	10295	7515
Boumer dès	8447	6166
Alger	6837	4991
Total UGB	70726	51629
QX : Quintaux Total UGB-N= UGB-N Bovin +UGB-N Ovin + UGB-N Caprin		

**Tableau IV.4** Apport en azote issus de l'élevage (Rapport ANRH, Service pédologique, 2010).

### IV.3-Activité industrielle dans la Mitidja

L'activité industrielle dans la Mitidja, est caractérisée par une très grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau (Rapport ANRH, Service pédologique 2010).

Les effets des pollutions industrielles sont très diversifiés, en fonction du type de substance rejetée.

Les rejets d'eau usées industrielles sont chargés de :

- ❖ Substance polluantes/MES, Matière Azotées
- ❖ Substance toxiques.
- ❖ Substance radioactives

Le tableau suivant récapitule les activités industrielles implantées par branche d'activité :

Branche d'activité	Wilaya				
	Alger	Blida	Boumer dès	Tipaza	Total/Branche
Papeterie	11	03	00	01	15
Textiles	12	03	06	01	22
Agroalimentaires	33	34	03	09	79
Chimie pharmacie	51	12	02	02	67
Matériaux de construction	27	13	01	07	48
Métallurgie	46	11	04	00	61
Bois	05	04	00	00	09
Cuir	09	03	01	00	13
Production Gaz	05	02	00	00	07
Mécanique	01	00	00	01	02
Electricité	05	01	00	00	06
Energie (centrale électrique)	00	01	00	00	01
Equipements	03	00	01	00	27
Divers	11	07	09	00	27
<b>Total unités industrielles de la Mitidja</b>	<b>219</b>	<b>94</b>	<b>27</b>	<b>21</b>	<b>361</b>

**Tableau IV.5** Activités industrielles dans la Mitidja (Rapport ANRH, Service pédologique 2010).

Le tableau (III.5) présente la concentration des rejets des unités industrielles qui ne possèdent pas de station de traitement, donc Elles sont classés comme polluantes.

Wilaya	Commune	Nombre total d'unités industrielles	Rejet[m <sup>3</sup> /an])
<b>Alger</b>	Hamma El Annasar	9	220000
	Oued Samar	40	799000
	El Harrach	25	333250
	Barraki	9	250
	Dar El Beida	13	16375
	Gué de Constantine	14	981500
	Hussein Day	17	56950
	Kouba, El Achour, Bordj Kiffan	9	9500
	Birtouta, Bir khadem, Tssala El Madja	7	<b>2232813</b>
<b>Blida</b>	Boufarik	9	/
	Larabaa, Maftah	4	/
<b>Boumer dès</b>	Khemis El Khechna	6	6250
	Hamadi	8	/

**Tableau IV.6-** Répartition des unités industrielles et leur principales caractéristiques (Rapport ANRH, Service pédologique 2010)

### ➤ **Assainissement**

Le taux de raccordement des logements au réseau d'assainissement est de l'ordre de 75,5% pour l'ensemble des quatre wilayas. L'accès à l'assainissement en tenant compte des systèmes individuels (fosses septiques) serait de 89,3% (Rapport ANRH, Service pédologie 2010).

Les eaux usées domestiques provenant des habitations, collectées par le réseau d'assainissement arrivent jusqu'à la station d'épuration (lorsqu'elle existe) ou elles subissent un traitement primaire, dont l'objectif est l'élimination de 90% des matières en suspension (matières décantables). La pollution azotée (dissoute) n'est pas traitée (Rapport ANRH, Service pédologie 2010).

Chaque habitant rejette habituellement entre 12 à 15g d'azote totale (Azote Kjeldahl) soit une moyenne de 13,5g d'azote par jour soit 4,927Kg de nitrate/an soit 21,82 Kg de nitrate/an (Rapport ANRH, Service pédologie 2010).

L'azote ammoniacal constitue l'apport essentiel de l'azote dans les effluents de stations d'épuration. Ceci est dû au fait, que l'azote organique se transforme très facilement en azote ammoniacal au cours de sa circulation dans les réseaux d'assainissement, avant son arrivé à la station d'épuration (STEP) où il est rapidement oxydé en nitrates (Rapport ANRH, Service pédologie 2010).

### ➤ **Apports en azote d'origine urbaine**

Le système d'épuration existant dans la région centre : la station d'épuration de Baraki d'une capacité de 700000 Equivalent habitants, devant épurer l'essentiel des eaux usées urbaines de toute la wilaya d'Alger, n'est pas opérationnelle. Les rejets urbains des habitants de 50 communes de la capitale sont donc déversés tels quels dans l'oued El Harrach, soit les rejets de 2.273.387 habitants, en sachant qu'un habitant déversent 21,82 Kg de nitrate par année (Rapport ANRH, Service pédologie 2010).

Ainsi, au cours de l'année 1998, 49605,30 tonnes ont été déversées dans l'oued El Harrach. Le reste de la population de la wilaya d'Alger soit 289041 habitants (7 communes) déversent leurs rejets azotés qui sont de l'ordre de **6306,874 tonnes de nitrates par an**, dans l'oued Réghaia qui aboutit au lac Réghaia (Rapport ANRH, Service pédologie 2010).

De la même façon, la population des 18 communes de la wilaya de Blida, situées dans la Mitidja, comptant 587563 habitant déversent leurs rejets azotés qui sont de l'ordre de **12820,62 tonnes** de nitrate par an directement dans l'oued Chiffa et oued Bouroumi qui sont des affluents du Mazafran (Rapport ANRH, Service pédologie 2010).

Les quatre communes situées dans la plaine et appartenant à la wilaya de Boumerdès, en l'occurrence : Khemis El khechna, Hammadi, Ouled moussa et Ouled Hadadj totalisant une population de 114217 habitants, déversent leur rejets azotés soit **2492,21 tonnes de nitrate par an** dans l'Oued El Hamiz (Rapport ANRH, Service pédologie 2010).

Quant aux 9 communes appartenant à la Wilaya de Tipaza, situées dans la Mitidja, elles totalisent une population de 114217 habitants, déversent leur rejets azotés soit **2492,21 tonnes de nitrates par an** dans l'Oued Djer et Bouroumi qui sont des affluents de l'Oued Mazafran (Rapport ANRH, Service pédologie 2010).

Si on fait le Bilan des quantités de nitrate d'origine urbaine déversées dans les Oueds traversant la Mitidja, il serait de l'ordre de **74480,67 tonnes de nitrate par an** (Rapport ANRH, Service pédologie 2010).

#### ➤ **Les décharges publiques**

Les décharges publiques concourent à leur tour, à la pollution de la nappe de la Mitidja par les nitrates, et ce soit par infiltration des lixiviats à travers le sol pour rejoindre la nappe d'eau, soit par les biai des cours d'eau (Rapport ANRH, Service pédologie 2010).

#### ➤ **Les CET**

Dans la wilaya d'Alger, et sur toute l'étendue du territoire fait abstraction de site de traitement des déchets industriels .L'unique solution actuelle est l'enfouissement dans les CET, nous avons 3 grand CET dans la région d'Alger, CET d'Ouled fayet, de Réghaia et de corso.

#### ➤ **Les dépotoirs sauvages**

La plupart des dépotoirs recensés représentent des points de dépôts de déchets mal pris en charge soit par absence de dispositif de collecte, ou de l'indisponibilité de bennes ou de bacs à ordures. Chaque point de collecte génère ainsi un dépotoir (Rapport ANRH, Service pédologie 2010).

Le nombre de dépotoirs recensés dans les communes de la Mitidja situés dans la wilaya d'Alger est rapporté dans le tableau suivant :

Commune	Nombres de dépotoirs sauvages
Reghaia	19
Bab Ezzouar	18
Birkadem	15
Bordj El Kiffan	14
Birtouta	10
Heuraoua	8
Eucalyptus	7
Tessala El Merdja	7
Dar El Beida	6
Gué de Constantine	5
Sidi Moussa	5
Baraki	5
Saoula	4
Ouled chebel	3
Total	126

**Tableau IV.7** Inventaire des dépotoirs sauvages (Rapport ANRH, Service pédologique 2010).

La plaine de la Mitidja par son importante activité industrielle et sa zone d'agriculture intensive assez importante, est soumise à une très forte pression polluante.

#### **IV.4-Impact des activités agro-industrielles sur la Mitidja :**

##### **IV.4.1-Les fuites de nitrates vers la nappe de la Mitidja d'origine Agricole :**

La Mitidja est une zone d'Agriculture intensive depuis plusieurs générations. Elle constitue en particulier la principale Région de production maraichère et fruitière du pays. Ces cultures sont réputées être fortement consommatrices d'eau, d'engrais et de pesticides.

Concernant la dynamique de transfert des eaux, les deux tiers méridionaux et orientaux de la plaine de la Mitidja présentent des facteurs privilégiés parce qu'elle est constituée de

sable de graviers très perméable. Une autre partie des nitrates, en théorie est beaucoup moins importante, comme constaté généralement par des calculs de flux d'azote à l'échelle de bassin versant, proviendrait de l'assainissement autonome.

La Mitidja est caractérisée pour des itinéraires techniques de cultures maraichères, arboricoles et fourragères, généralement accompagnés de l'utilisation de produits phytosanitaires. Les sols dans la partie méridionale de la Mitidja sont constitués de graviers et de cailloutis extrêmement perméables. Ce type de sol est vulnérable à un lessivage des pesticides par les eaux de pluie et il existe donc une forte présomption de contamination de la nappe par les pesticides.

Cependant, il n'existe pas encore de données représentatives des teneurs en pesticides des eaux de la nappe de Mitidja ; L'ANRH a récemment acquis du matériel d'analyse spécifique pour ces micropolluants et les données devraient être bientôt disponibles.

#### **IV.2-Les fuites de nitrates industrielles vers la nappe de la Mitidja**

Il existe de nombreuses industries dans la Mitidja. On peut distinguer deux zones industrielles susceptibles d'avoir un impact sur la qualité des ressources en eau souterraines (et les même entreprises ont évidemment un impact sur la qualité des eaux superficielles) :

- La petite industrie qui s'est développée en périphérie de Blida (avec un particulier des industries agro-alimentaires) ;
- La petite et la grande industrie à L'Est d'Alger (Dar el Beida, Rouïba, Réghaïa), avec notamment des industries métallurgiques et agro-alimentaires.

Ce type d'établissement utilise de nombreux produits chimiques **et il existe donc des risques de contamination de la nappe par les polluants d'origine industrielle (hydrocarbures, solvants, organique métaux lourds).**

Cependant, cette contamination n'a pas encore été prouvée par des séries d'analyses rigoureuses et cohérentes et il subsiste donc une forte incertitude sur l'importance et l'étendue de la diffusion des polluants industriels dans la nappe.

Cette incertitude pourrait être levée bientôt, avec la montée en puissance du laboratoire de L'ANRH, qui s'est doté récemment d'équipements spécialisés dans les micropolluants organiques (chromatographe) et métalliques.

La couverture par les réseaux de collecte des eaux usées est un peu moins développée que celle des réseaux de distribution d'eau potable, en particulier dans les zones rurales. Il existe donc des milliers de ménages qui utilisent un assainissement autonome, avec infiltration dans le sous-sol d'eau usées plus ou moins épurées.

D'autre part, les réseaux d'assainissement eux-mêmes ne sont jamais parfaitement étanches et il existe également un risque d'infiltration d'eau usées à ce niveau et donc de pollution bactériologique des eaux souterraines.

Ce risque est bien connu et n'a rien de spécifique à la nappe de la Mitidja. Au contraire, on peut considérer que la nappe de la Mitidja est moins vulnérable que d'autres, à cause de la profondeur du niveau piézométrique (et donc de l'épaisseur de terrain non saturé, oxygéné, par lequel les eaux circulent avant d'atteindre la nappe).



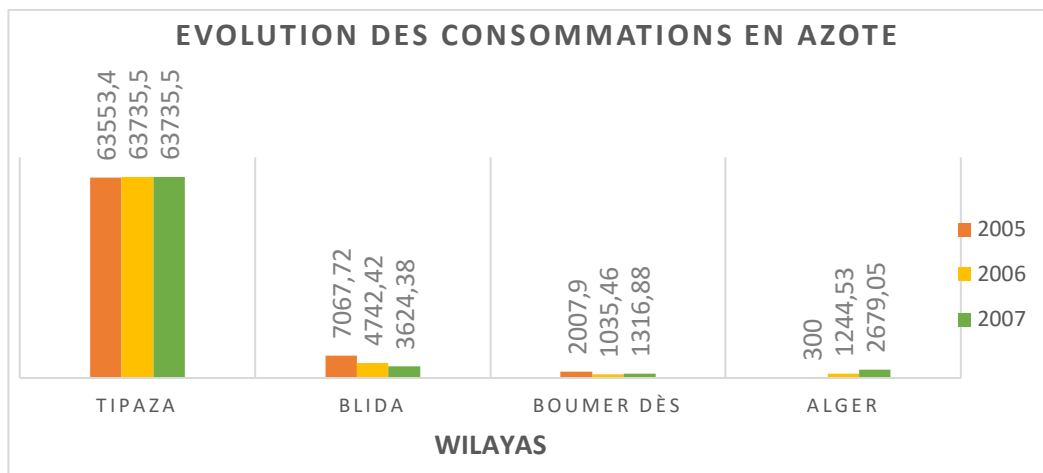
## V.I Introduction

La méthodologie adoptée dans l'interprétation du transfert des nitrates, consiste à étudier le mécanisme de transfert des polluant jusqu'à la nappe phréatique.

### V.I.2 Le sol

#### V.2.1-La fertilisation :

Les quantités d'azote consommées dans la Mitidja à partir d'engrais chimiques agricoles, sont rapportées dans la figure suivante :

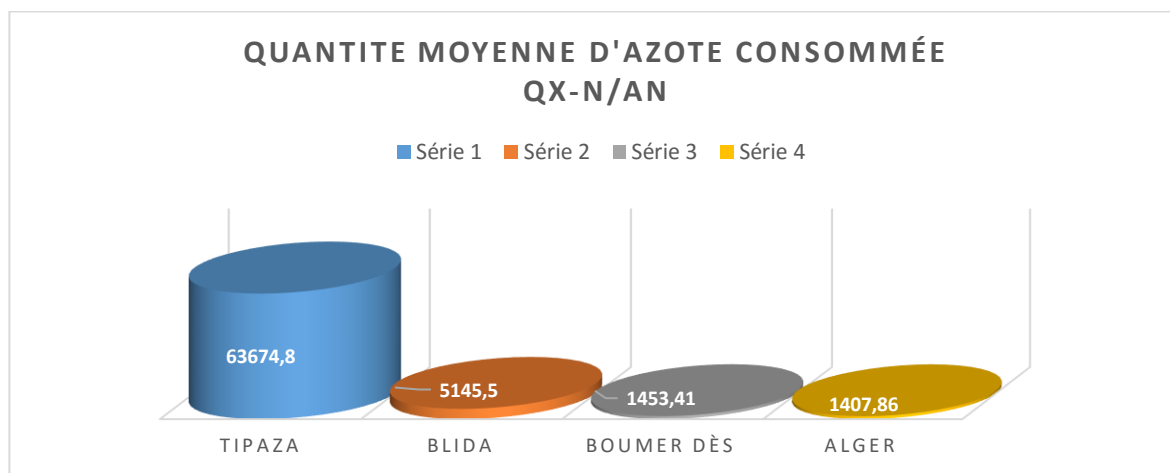


**Figure V.1**-Evolution des consommations en azote.

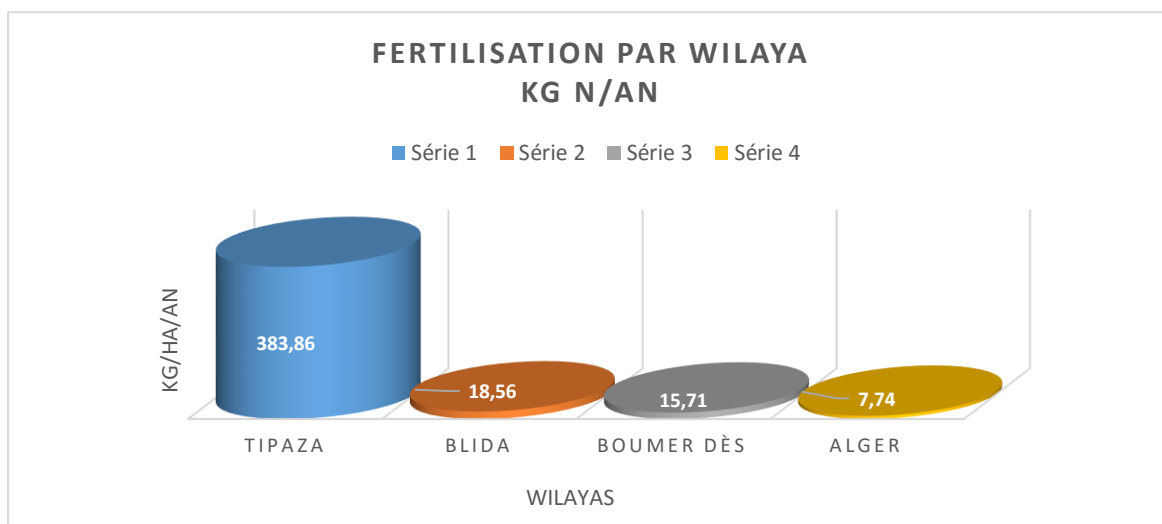
On remarque qu'il n'y a pas d'évolution de consommation en azote d'une année à l'autre.

Par contre on constate une diminution de la consommation en engrais pour Blida et Boumer dès d'une année à l'autre et une augmentation de la consommation pour Alger.

La wilaya de Tipaza consomme 10 à 50 fois plus d'engrais que Blida, Boumer dès et Alger à cause d'une agriculture intensive dans la région.



**Figure V.2-**Quantité moyenne d'azote consommé par Wilaya.



**Figure V.3-**Evaluation des quantités d'azote épandues à l'hectare(2008)

Nous constatons que la wilaya de Tipaza pour une superficie irriguée moins importante fertilise 20 à 50 fois plus que Blida, Boumer d'ès et Alger.

Cela s'explique du faite que la région de Tipaza est le siège d'une agriculture intensive : le maraichage (pomme de terre, tomate, poivron ...) qui demande une quantité énorme d'engrais et d'eau.

Néanmoins dans la wilaya d'Alger qui est une région plutôt arboricole, a une faible demande en engrais agricoles. Les engrais agricoles dans la Mitidja sont de l'ordre de 12331 tonnes/an.

Les apports d'azote à partir de l'élevage sont comparables à ceux apportés à l'engrais chimique (2/5 pour 3/5) :

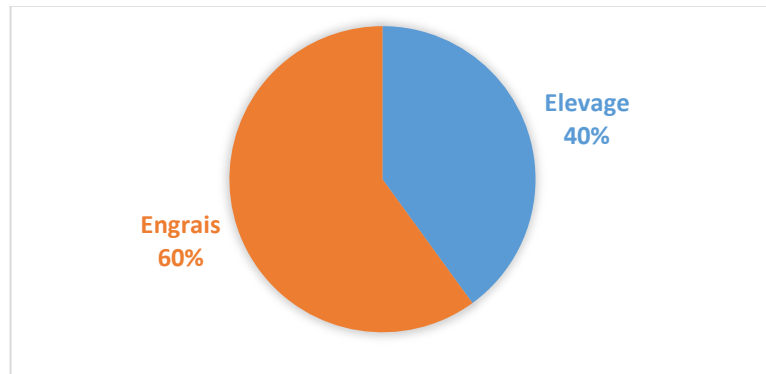


Figure V.4- Appport en azote d'origine agricole.

### V.2.2 Activité industrielle dans la Mitidja

La figure suivante récapitule les activités industrielles dans la Mitidja par branche d'activité :

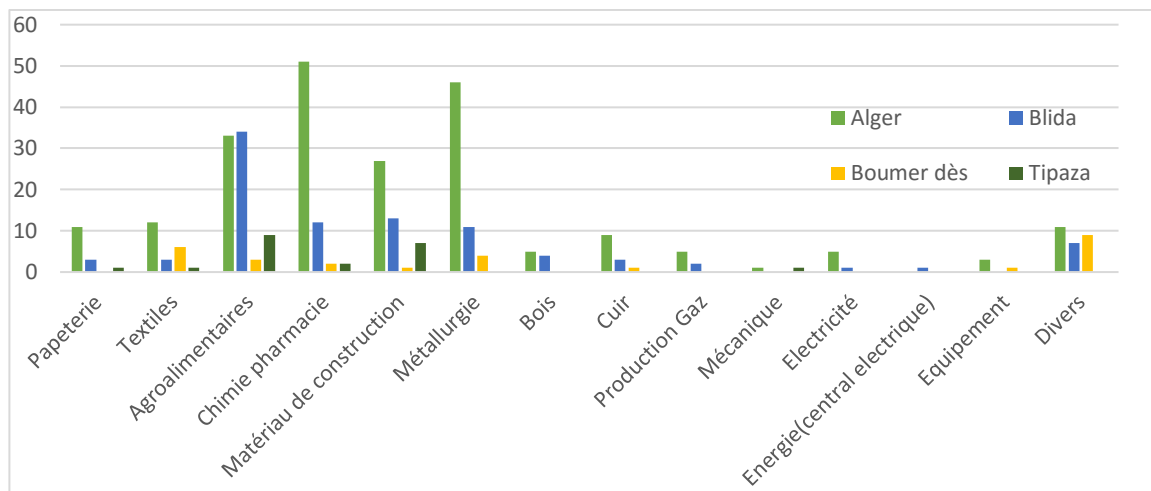
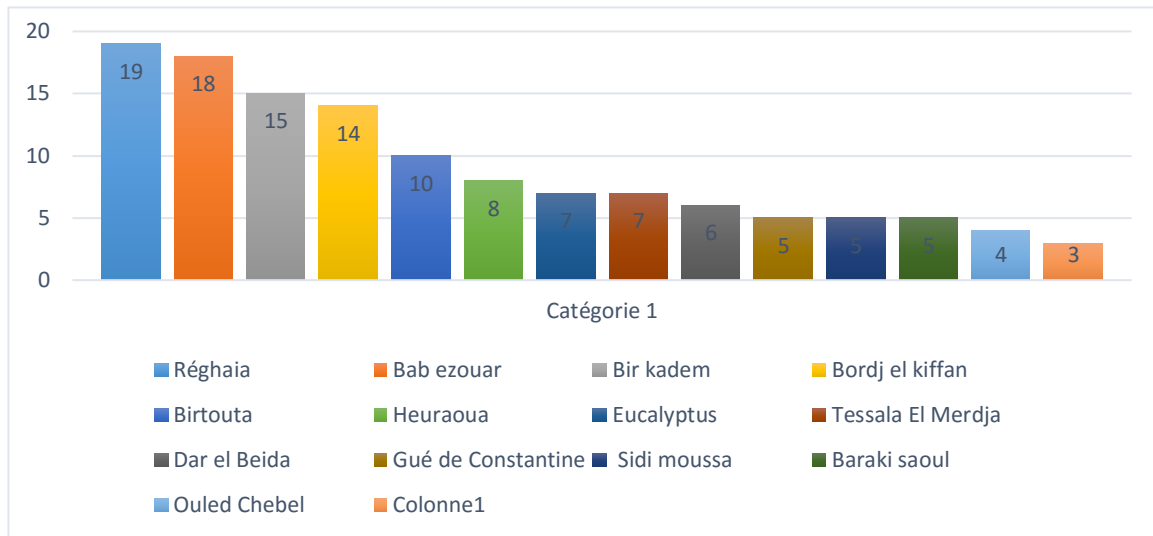


Figure V.5-Activité industrielles dans la Mitidja.

La région d'Alger fait l'objet d'une importante industrialisation et l'ensemble de ces industries sont classées polluantes. Elles rejettent de très importante quantité d'azote dans le milieu récepteur. Cependant les industries du papier sont celles qui en rejettent le plus.

**V.2.3-Autres sources de pollution**



**Figure V.6-Dépotoire sauvages.**

Nous remarquons que dans la région de l’est d’Alger on a un nombre très important de dépotoirs sauvages (essentiellement dans la région de Réghaia et Bab Ezzouar).

**V.2.4-Conclusion**

D’après les résultats nous pouvons en conclure que l’ensemble de l’activité socio-économique de la Mitidja concourent à des degrés de pollution différents entrainant une pollution de la nappe aquifère par les nitrates.

La très forte industrialisation accompagnée des rejets urbains qui y sont également très importants à l’est de la Mitidja, montre une pollution azotée qui est aussi due de l’activité agricole et à une multitude de décharges et de dépotoirs sauvages.

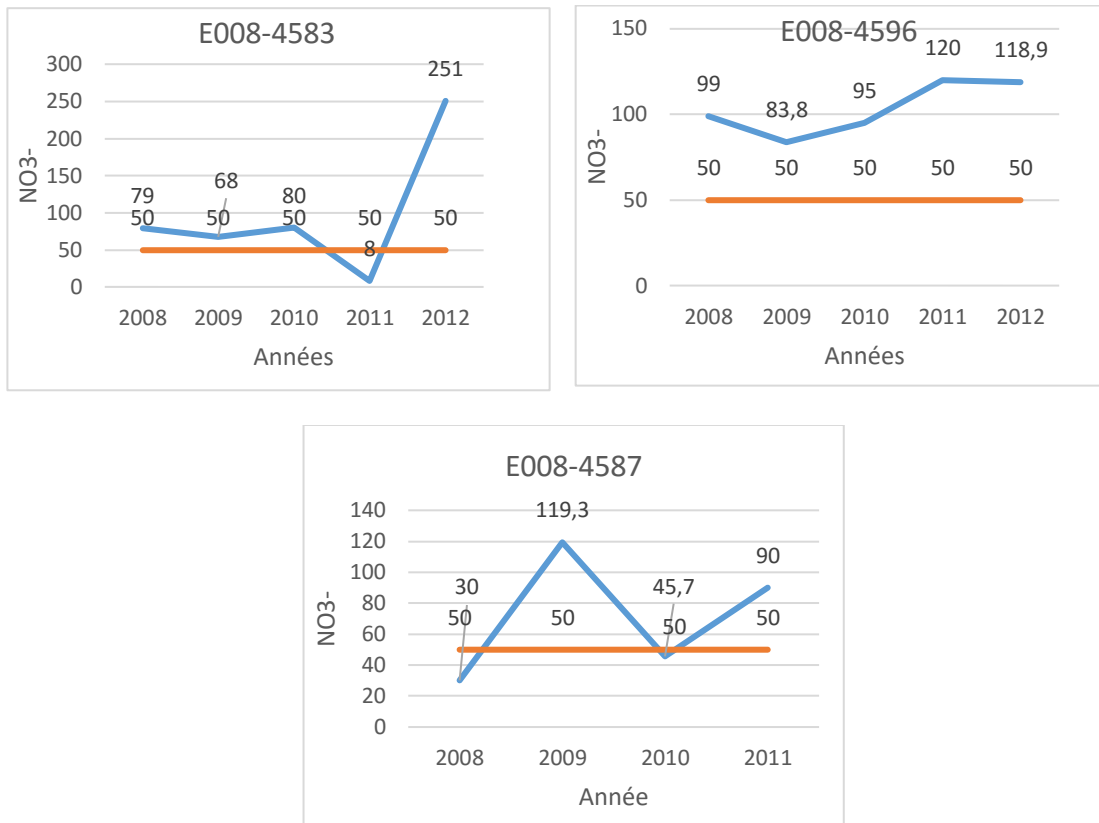
A l’Ouest de la Mitidja cette pollution de la nappe est due en partie de l’agriculture avec une utilisation plus avérée de fertilisants, mais aussi aux rejets urbains.

Au centre de la Mitidja l’ensemble des activités : agricoles, industrielles, et urbaines contribuent fortement a cette pollution des eaux souterraines.

**V.3. La nappe**

**V.3.1. Région de Réghaia**

Nous disposons dans la région de Réghaia de 7 points d'eau (forage et Puits) qui ont subis un suivi d'analyse chimique de 2008 à 2012, d'ont 2 points n'ont pas subi un suivi d'analyse chimique dans cette période. Les teneurs en nitrate varie de 8 jusqu'à 251 mg/l.



**Figure V.7 :** Evolution des nitrates en fonction du temps.

Dans l'ensemble des forages et puits de la région de Réghaia prenant sa source dans les eaux de la nappe astien (zone de recharge) montre des teneurs en nitrate supérieures à la norme indiquée par l'OMS qui doit être inférieure ou égale à 50 mg/l alors que celle de la zone d'étude atteint les 251 mg/l. La variation temporelle (2008-2012) de ces teneurs est représentée sur la figure V.7. Ces variations fluctuent autour d'une moyenne de 91 mg/l, ceux qui explique que les rejets industriels et une utilisation des engrais azotés sans un suivie des normes de l'OMS sont à l'origine de cette augmentation de nitrate dans les eaux.



**Figure V.8-** variation temporelle des teneurs en nitrate et en chlorure.

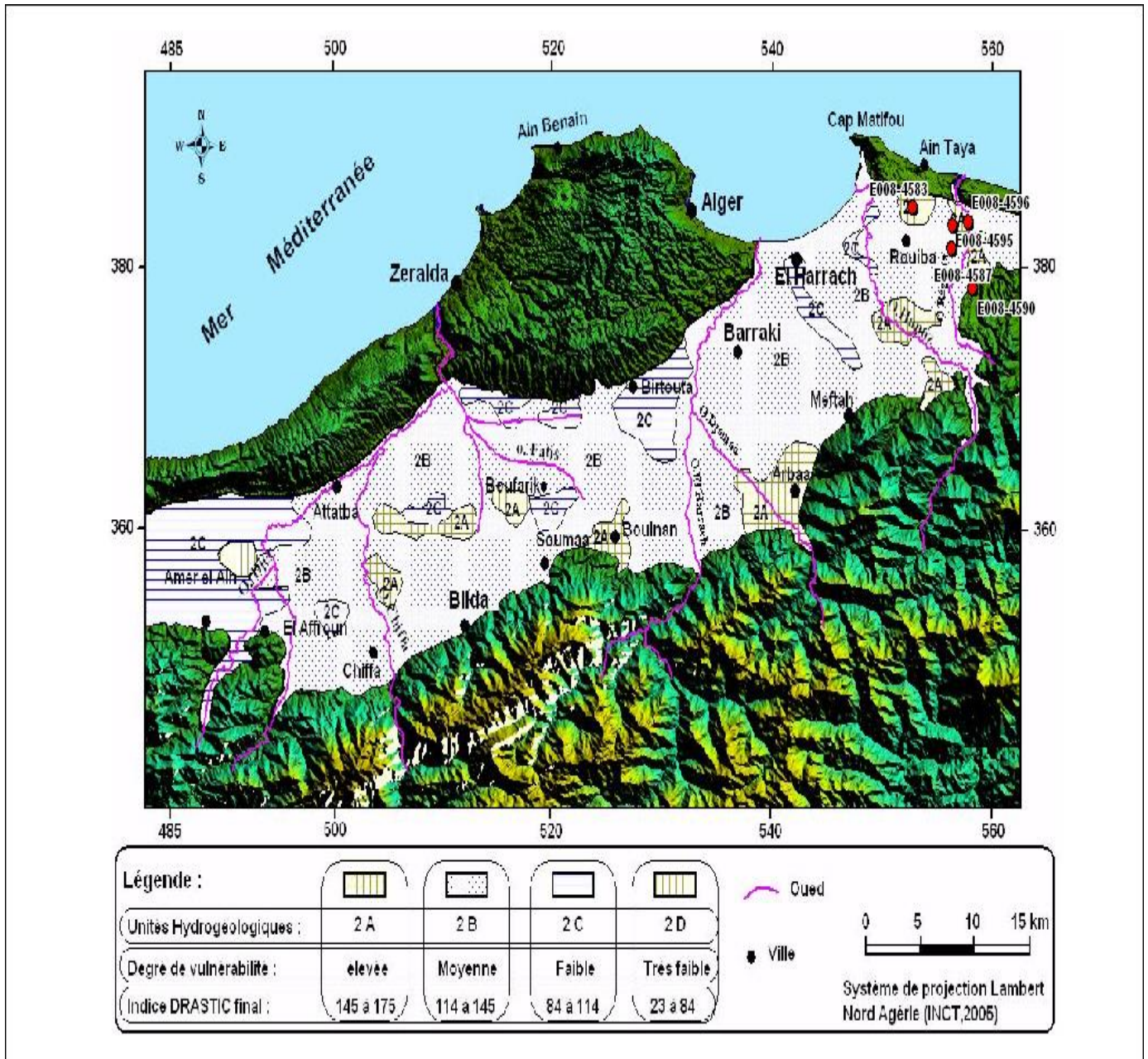
La variation des nitrates et des chlorures sur une période comprise entre (2008-2012) présente une même tendance pour les 2 paramètres [Na-cl]. On remarque sur la figure V.8 qu'il y a une variation des nitrates qui s'accompagne d'une augmentation du chlorure.

La proportion des chlorures dans les forages et puis de la région de Réghaia est de 395 mg/l en moyenne. La valeur varie de 2,8 à 1471 mg/l, donc la teneur en chlorure dans la zone a dépassé le seuil de potabilité de l'OMS (250 mg/l). Ce changement du chimisme des eaux expliquerait une forte pollution ponctuelle (eaux usées) dans la zone et pour les nitrates une utilisation plus grande et étendue des engrais pour les cultures sur toute la zone.

**V.4. Qualité des eaux de la région de Réghaia :**

Nous avons sélectionné les points d'eau qui ont une teneur en nitrates dépassant les normes de potabilité afin de connaître la qualité des eaux de ces points et les sources éventuelles de pollution.

**V.4.1 Carte de vulnérabilité :**



**Figure V.9** Carte de vulnérabilité de la Mitidja. Source (ANRH),2010.

V.4.2 Répartition des points de prélèvements :



Figure V.10-Carte de localisation des points de prélèvement.



### V.4.3 Les points d'eau

**1<sup>er</sup> Point d'eau E00-4583 : (X=552750 ; Y=385600)** c'est un Puits situé à 3 km au Nord-est de Rouïba.

Dans cette ferme, il existe plusieurs types de cultures à savoir : L'arboriculture ; les cultures maraichères ; élevage de bovin et poulet. La pluviométrie moyenne annuelle dans cette région est de 596mm.

**Tableau 8 :** Représente l'évolution de profondeur de l'eau d'E008-4583. (Source ANRH).

Période	Hautes eaux	Basses eaux
Mois	Octobre-2012	Mai-2012
Profondeur de l'eau (m)	2,60	5,60

**La vulnérabilité du sol de la région :** D'après la carte de superposition des points d'eau sur la carte de vulnérabilité : la région est très vulnérable.

Le tableau N°9 représente les teneurs des éléments chimiques majeurs des eaux de puits (E00-4583) pendant les trois dernières années (2010 ; 2011 ; 2012).

**Tableau 9 :** Résultats d'analyse des éléments chimiques majeur de l'eau (ANRH).

DDP	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	S04 (mg/l)	HC03 (mg/l)	C03 (mg/l)	N03 (mg/l)	pH (mg/l)
10/2012	200	89	109	2,2	272	382	244	0	251	7,7
10/2011	119	64	123	3	188	264	320	0	8	8,1
05/2010	221	35	227	4	388	194	421	0	80	7,7

**DDP :** Date de prélèvement

#### **Origine des nitrates dans cette région :**

Les teneurs assez élevées en nitrate dans cette région sont probablement liées à l'agriculture intensive par des engrais chimiques et engrais d'origine animale et cette augmentation de la teneur en nitrate dépend de la quantité déversée sur la parcelle et par des rejets industriels.

**2<sup>eme</sup> Point d'eau (E00-4587(X=556440 ; Y=382630)) :** C'est un Puits situé au Nord de la zone industrielles de Réghaia à l'Ouest de la commune de Réghaia sur la route RN5. Cette zone est à l'influence d'une importante industrialisation. Les pluviométries moyenne annuelle dans cette région est de 593mm.

**Tableau 10 :** Représente l'évolution de profondeur de l'eau d'E008-4587. (Source ANRH).

Période	Haute eaux	Basses eaux
Mois	Octobre - 2012	Mais – 2012
Profondeur de l'eau (m)	19,35	10,65

**La vulnérabilité de sol de la région :** D'après la carte de superposition de point d'eau sur la carte de vulnérabilité : la région est moyennement vulnérable.

Le tableau représente les teneurs des éléments chimiques majeurs des eaux de puits (E00-4587) pendant les trois dernières années (2009 ; 2010 ; 2011).

**Tableau 11 :** Résultats d'analyse des éléments chimiques majeur de l'eau (ANRH).

DDP	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	S <sub>04</sub> (mg/l)	HC <sub>03</sub> (mg/l)	C <sub>03</sub> (mg/l)	N <sub>03</sub> (mg/l)	pH (mg/l)
10/2011	183	94	30	2	287	190	275	0	90	7,5
11/2010	156	38	119	5	200	158	354	0	45,7	7,8
10/2009	171	75	221	23	328	261	407	0	119,3	7,6

**DDP :** Date de prélèvement.

#### **Origine des nitrates dans cette région :**

D'après les résultats obtenus dans le tableau N°11, on remarque que de 2009 à 2011 il y a eu une variation de teneur en nitrate assez importante suivant ces trois dernières années, qui est due à l'influence de la zone industrielle située à proximité du puits avec des rejets d'eaux usées dans l'Oued Réghaia qui communique directement avec la nappe phréatique (plaine alluviale).

**3<sup>eme</sup> Point d'eau E00-4595 (X= 556500 ; Y= 384350) :** C'est un forage situé au Sud-Ouest de la route nationale 24 à proximité de la localité d'El Baraidia.

Dans ce champ on fait surtout de la culture maraichère et de l'élevage de bovin et d'ovin. La pluviométrie moyenne annuelle est de 589,5.

**Tableau 12 :** Représente l'évolution de profondeur de l'eau d'E008-4595. (Source ANRH).

Période	Haute eaux	Basses eaux
Mois	Octobre-2012	Mars-2012
Profondeur de l'eau (m)	17,75	18,30

### La vulnérabilité de sol de la région :

D'après la carte de superposition de point d'eau sur la carte de vulnérabilité : la région est très vulnérable.

Le tableau N°13 représente les teneurs des éléments chimiques majeurs des eaux de puits (E00-4595) pendant les trois dernières années (2008 ; 2009 ; 2012).

**Tableau 13 :** Résultats d'analyse des éléments chimiques majeur de l'eau (ANRH).

DDP	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	S04 (mg/l)	HC03 (mg/l)	C03 (mg/l)	N03 (mg/l)	pH
04/2008	205	49	145	8	378	164	468	0	46	7,5
11/2009	484	131	430	3	1475	320	238	0	103,4	7,2
06/2012	190	134	140	2,3	430	410	397	0	100	7,7

**DDP :** Date de prélèvement.

### Origine des nitrates dans cette région :

D'après les résultats du tableau N°13 des éléments chimiques, on remarque une augmentation de la teneur en nitrate qui on dépassée les normes de potabilité à cause des rejets industriels non traités, de la dose d'engrais consommés par hectare dépassant les normes imposées par l'OMS et des rejets urbains de la localité de El Baraidia.

**4<sup>ème</sup> Point d'eau E008-4596 (X=557900 ; Y=384670)** c'est un puits situé au Sud-Est de la route nationale 24 à 800 m du lac Réghaia.

Dans ce champ on fait surtout de la culture maraichère. La pluviométrie moyenne est de 589,2 mm dans la région.

**Tableau 14 :** Représente l'évolution de profondeur de l'eau d'E008-4596. (Source ANRH).

Période	Haute eaux	Basses eaux
Mois	Octobre-2012	Mais-2012
Profondeur de l'eau (m)	11,85	12,20

**La vulnérabilité de sol de la région :** D'après la carte de superposition de point d'eau sur la carte de vulnérabilité : la région est très vulnérable.

Le tableau N°15 représente les teneurs des éléments chimiques majeurs des eaux de puits (E00-4596) pendant les trois dernières années (2010 ; 2011 ; 2012).

**Tableau 15 :** Résultats d'analyse des éléments chimiques majeur de l'eau (ANRH).

DDP	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	S04 (mg/l)	HC03 (mg/l)	C03 (mg/l)	N03- (mg/l)	pH (mg/l)
12/2012	174	104	115	2	330	240	336	0	118,9	8
11/2011	177	96	190	3	369	209	397	0	120	7,5
06/2010	220	60	190	8	400	200	576	0	95	7,9

**DDP :** Date de prélèvement.

**Origine des nitrates dans cette région :**

D'après les résultats des analyses physico-chimiques de la région, nous pouvons en conclure que la zone est soumise à une agriculture intensive accompagnée de l'influence du lac Réghaia qui communique avec la nappe phréatique (plaine alluviale) qui subit d'importants rejets industriels.

**5<sup>ème</sup> Points d'eau E008-4590 (X=379920 ; Y=558620) :** C'est un puits situé à l'est de Ouled hadjadji à 1,5 km, près du domaine des frères Bouzid.

**Tableau 16:** Représente l'évolution de profondeur de l'eau d'E008-4590. (Source ANRH).

Période	Haute eaux	Basses eaux
Mois	Octobre-2012	Mai-2012
Profondeur de l'eau (m)	11,30	9,10

**La vulnérabilité de sol de la région :** D'après la carte de superposition de point d'eau sur la carte de vulnérabilité : la région est moyennement vulnérable.

Le tableau N°17 représente les teneurs des éléments chimiques majeurs des eaux de puits (E00-4590) pendant les trois dernières années (2010 ; 2011 ; 2012).

**Tableau 17 :** Résultats d'analyse des éléments chimiques majeur de l'eau (ANRH).

DDP	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	S04 (mg/l)	HC03 (mg/l)	C03 (mg/l)	N03- (mg/l)	pH (mg/l)
06/2012	148	69	139	2,3	213	290	396,5	0	79	7,5
11/2011	114	61	144	2	192	202	336	0	58	7,5
11/2010	200	36	131	1	190	189	448	0	50	7,9

**DDP :** Date de prélèvement.

#### **Origine des nitrates dans cette région :**

D'après les analyses chimiques Tableau N°17, la zone est probablement soumise à une agriculture intensive qui fait que cette teneur en nitrate a dépassé les normes de l'OMS.

Par ailleurs les sulfates présentent une très forte concentration pour les mêmes points, ce qui peut être expliqué par l'utilisation d'engrais à base sulfatée.

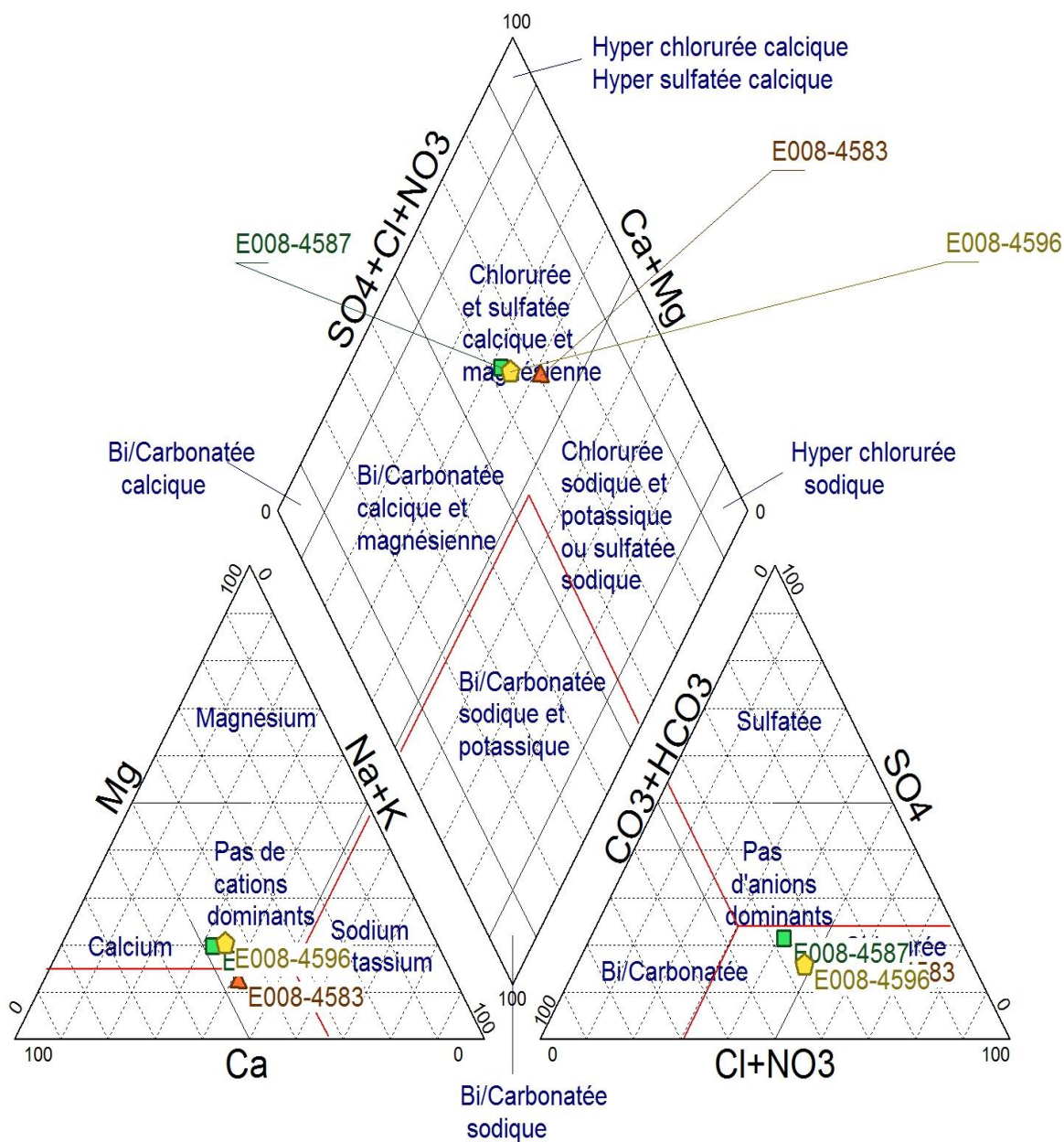
Puits d'eau	Coordonnées		Localité	Profondeurs (Haute eaux)			Faciès chimique		
	X	Y		Années			10	11	12
				10	11	12			
	10	11		12	10	11	12		
<b>E008-4587</b>	5565540	382630	<b>Réghaia</b>	10,95	10,90	19,35	Hyper chlorurée Calcique et sulfaté	Hyper chlorurée Calcique et sulfaté	Hyper chlorurée Calcique et sulfaté
<b>E008-4583</b>	552750	385600	<b>Réghaia</b>	5,60	5,95	5,60	Hyper chlorurée calcique et sulfaté	Hyper chlorurée Calcique et sulfaté	Hyper chlorurée Calcique et sulfaté
<b>E008-4590</b>	379920	558620	<b>Réghaia</b>	10,70	11,22	11,30	Hyper chlorurée Calcique et sulfaté	Hyper chlorurée Calcique et sulfaté	Hyper chlorurée Calcique et sulfaté
<b>E008-4595</b>	556500	384350	<b>Réghaia</b>	25,95	ND	18,30	Hyper chlorurée Calcique et sulfaté	Hyper chlorurée Calcique et sulfaté	Hyper chlorurée Calcique et sulfaté
<b>E008-4596</b>	557900	384620	<b>Réghaia</b>	10,60	12,40	12,20	Hyper chlorurée Calcique et sulfaté	Hyper chlorurée Calcique et sulfaté	Hyper chlorurée Calcique et sulfaté

**Tableau V.18** : Représentation synthétique des puits d'eau avec leurs caractéristiques (haute eaux).

Puits d'eau	Coordonnée		Localité	Profondeurs (Basse eau)			Faciès chimique			
	X	Y		Années			10	11	12	
				10	11	12				
<b>E008-4587</b>	5565540	382630	<b>Réghaia</b>	10,08	13,05	10,65	Hyper chlorurée Calcique et sulfaté	Hyper chlorurée Calcique et sulfaté	Hyper chlorurée Calcique et sulfaté	
<b>E008-4583</b>	552750	385600	<b>Réghaia</b>	4,95	3,76	2,60	Hyper chlorurée calcique et sulfaté	Hyper chlorurée Calcique et sulfaté	Hyper chlorurée Calcique et sulfaté	
<b>E008-4590</b>	379920	558620	<b>Réghaia</b>	10,43	11,25	9,10	Hyper chlorurée Calcique et sulfaté	Hyper chlorurée Calcique et sulfaté	Hyper chlorurée Calcique et sulfaté	
<b>E008-4595</b>	556500	384350	<b>Réghaia</b>	23,90	24,53	17,75	Hyper chlorurée Calcique et sulfaté	Hyper chlorurée Calcique et sulfaté	Hyper chlorurée Calcique et sulfaté	
<b>E008-4596</b>	557900	384620	<b>Réghaia</b>	10,75	11,70	11,85	Hyper chlorurée Calcique et sulfaté	Hyper chlorurée Calcique et sulfaté	Hyper chlorurée Calcique et sulfaté	

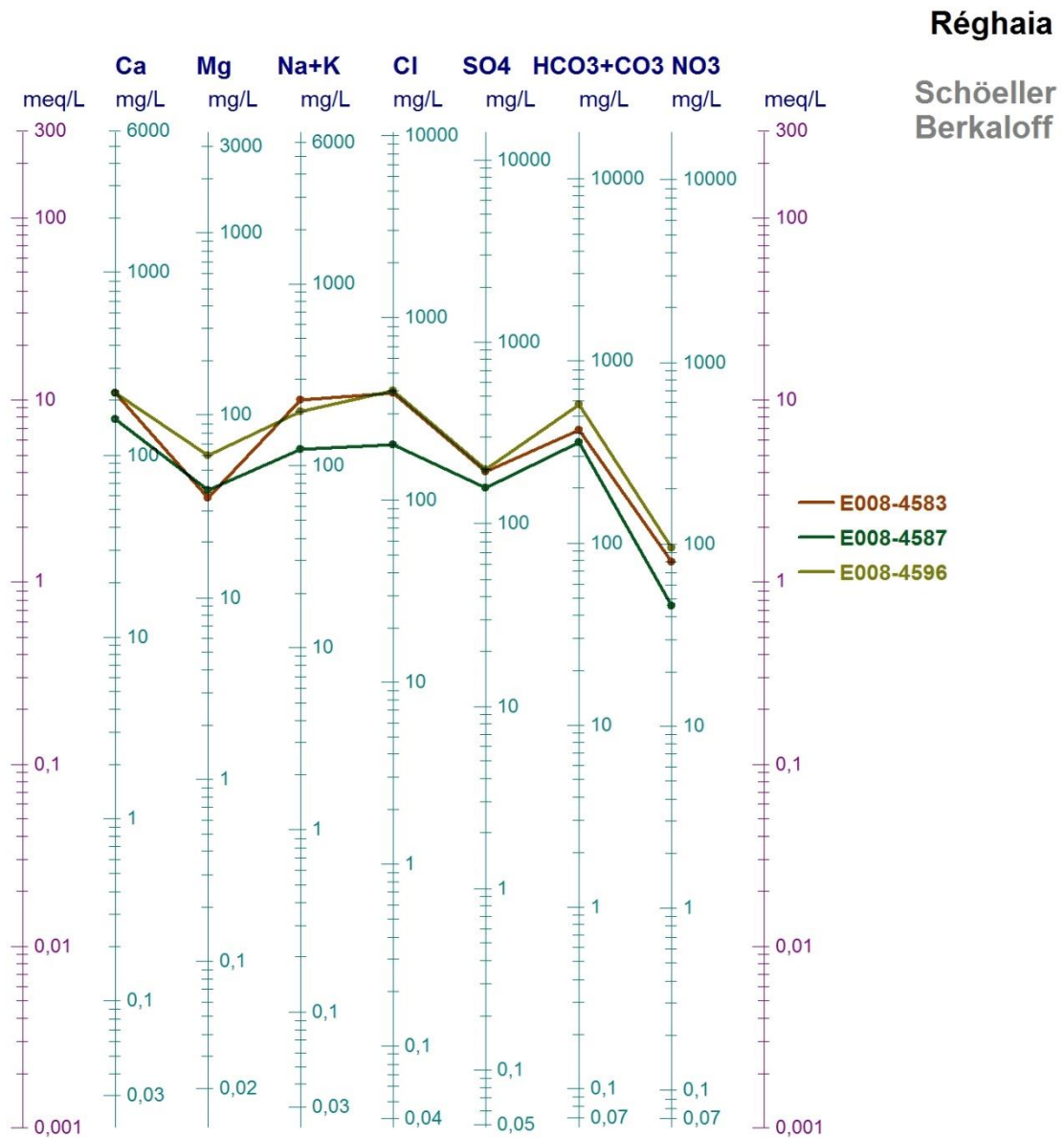
**Tableau V.19** : Représentation synthétique des puits d'eau avec leurs caractéristiques (Basse eaux).

### Diagramme de Piper 2010



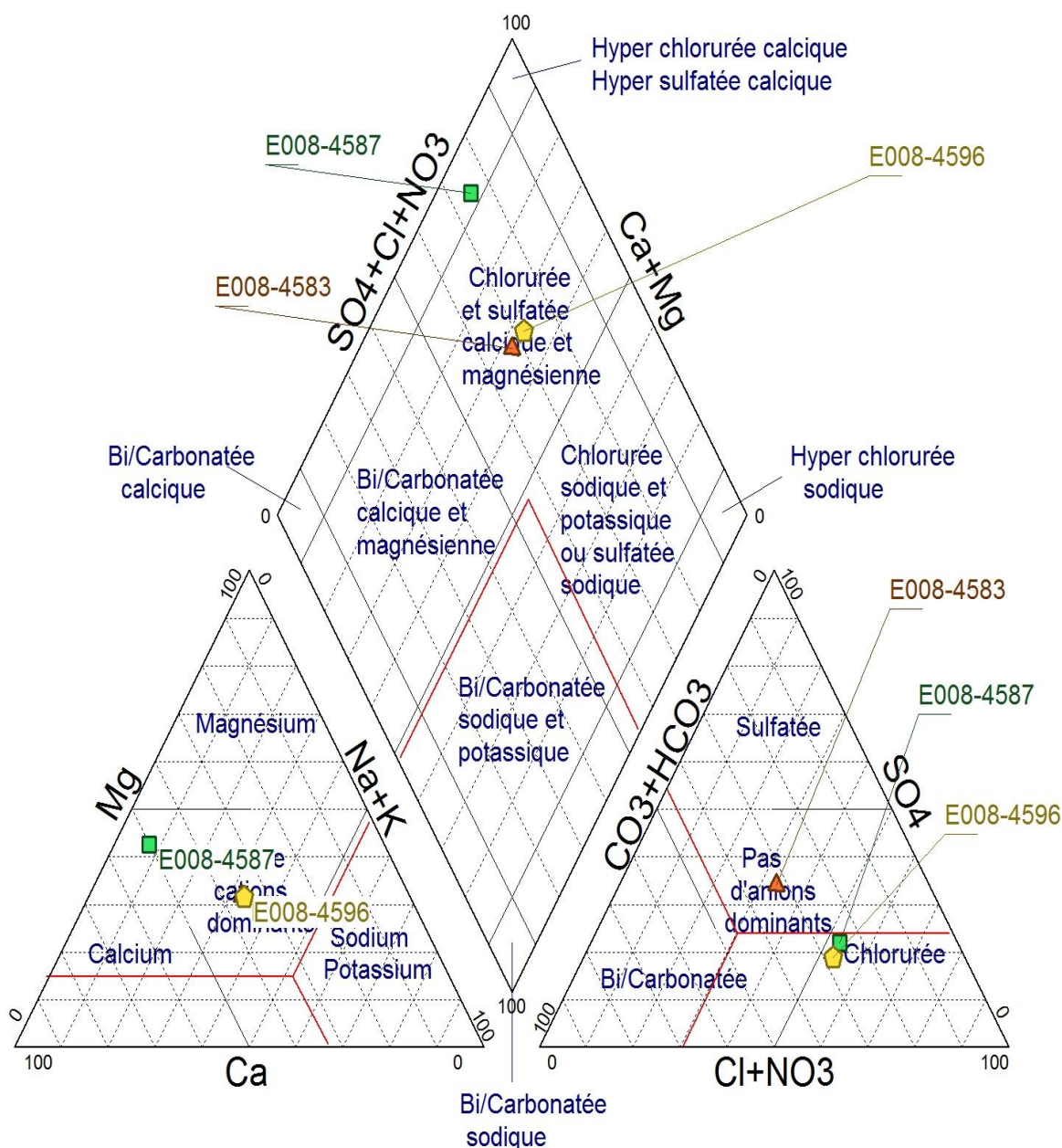
**Figure V.11 :** Présentation des eaux des points d'eau sur diagramme de Piper pour l'année 2010.





**Figure V.12** : Présentation des eaux des points d'eau par diagramme de Schoeller-Berkaloff pour l'année 2010

### Diagramme de Piper 2011

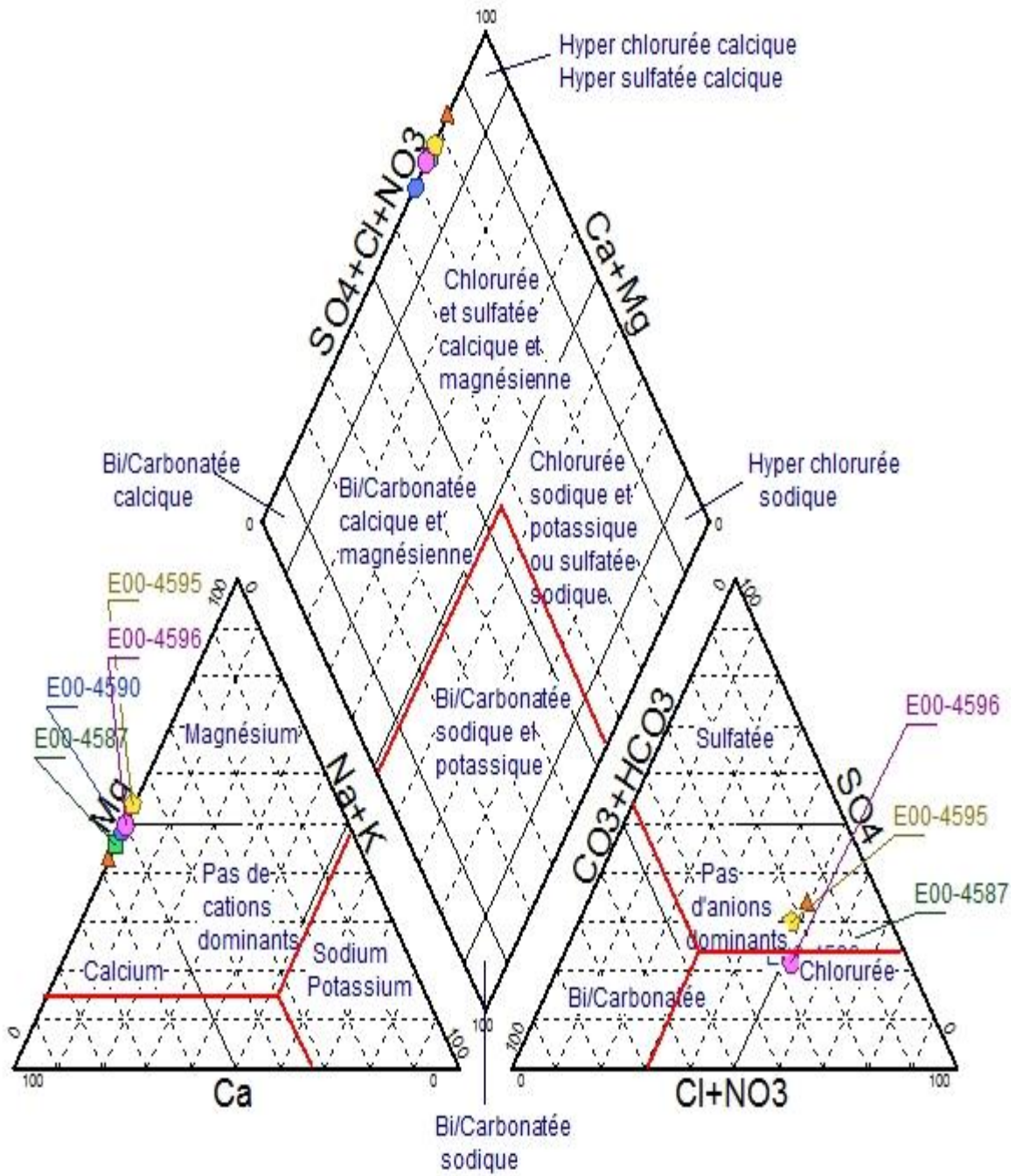


**Figure V.13 :** Présentation des eaux des points d'eau sur diagramme de Piper pour l'année 2011

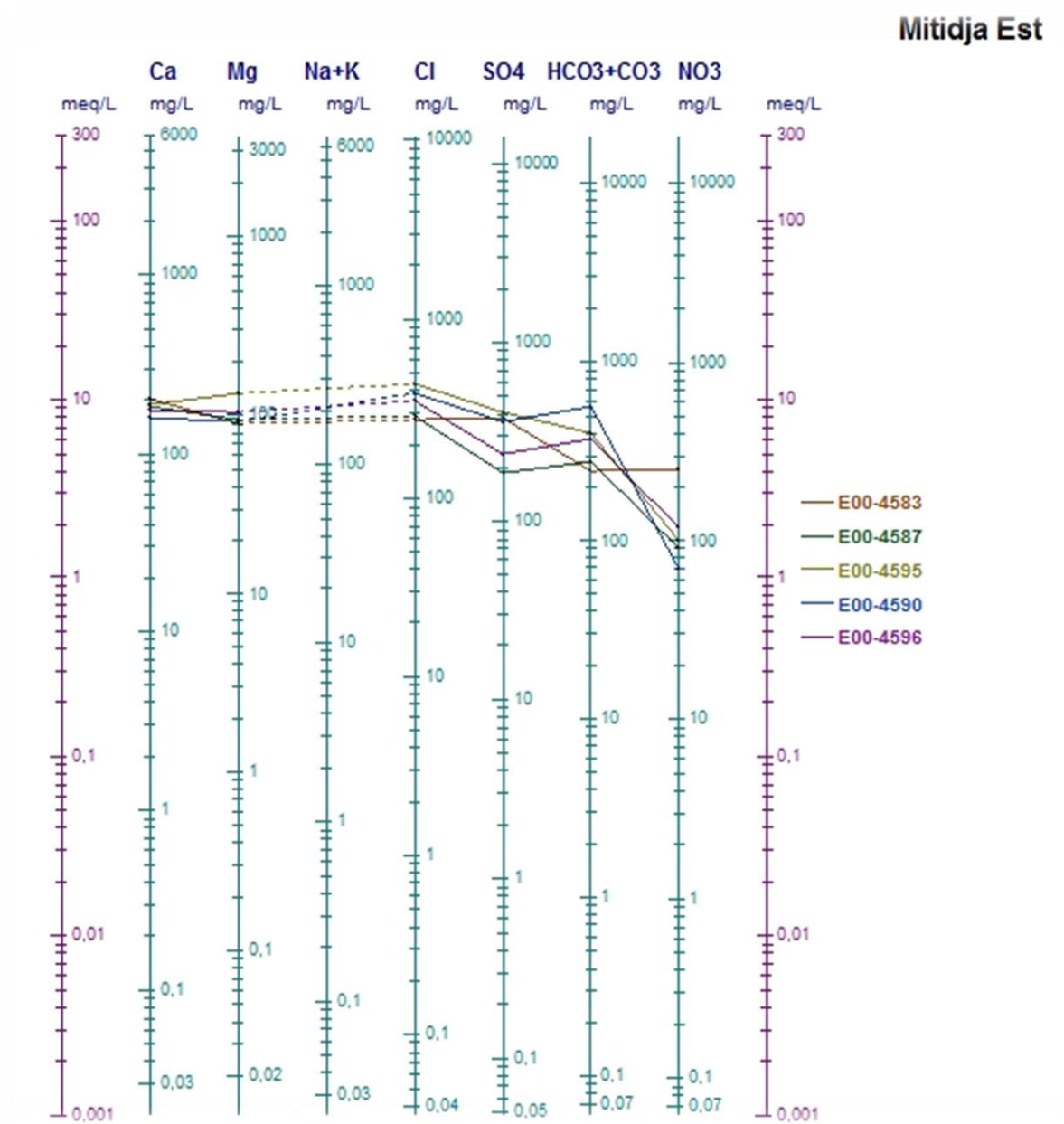


**Figure V.14** : Présentation des eaux des points d'eau par diagramme de Schoeller-Berkalof pour l'année 2011.

### Diagramme de Piper pour année 2012

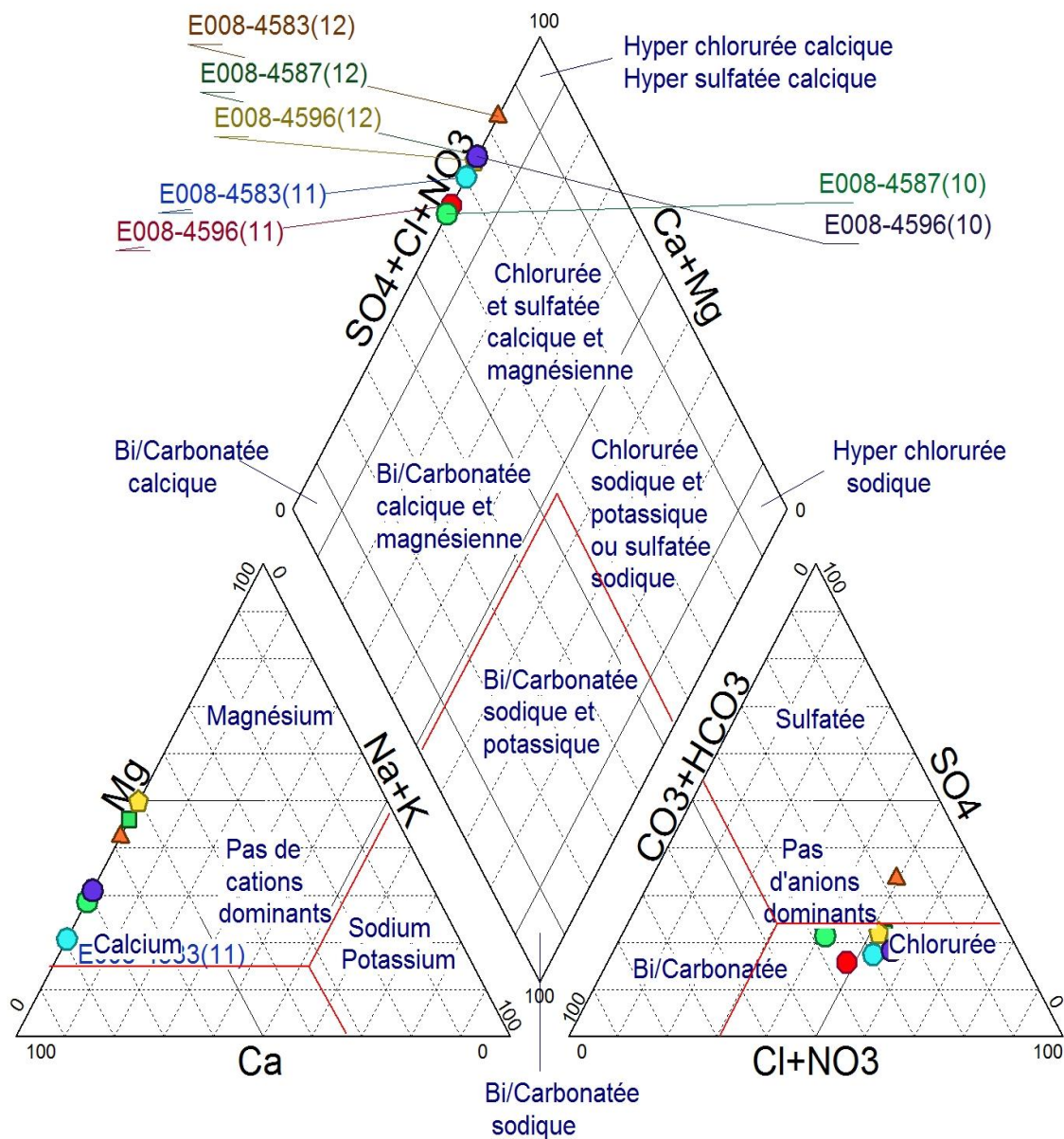


**Figure V.15 :** Présentation des eaux des points d'eau sur diagramme de Piper pour l'année 2012.

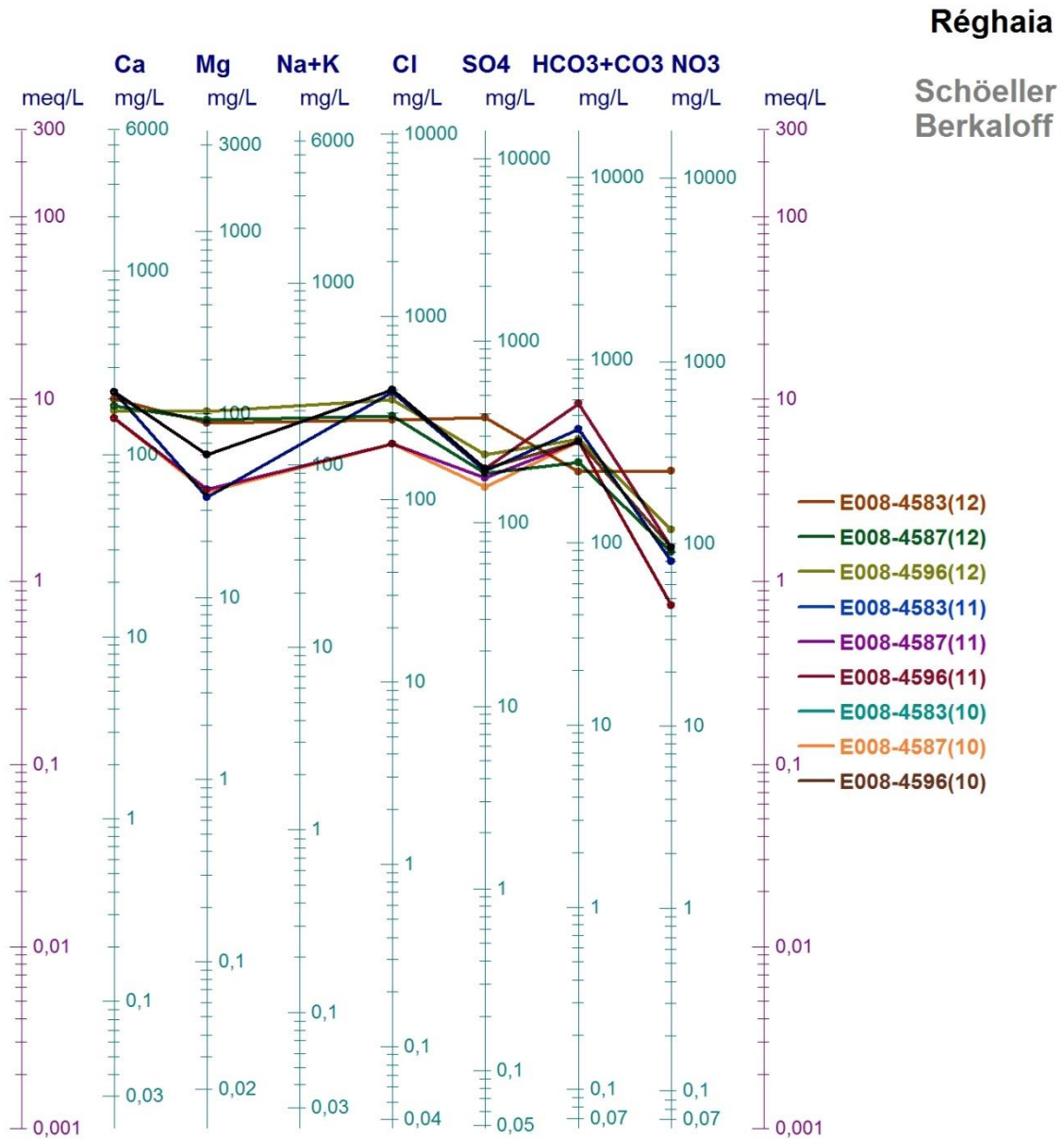


**Figure V.16** : Présentation des eaux des points d'eau par diagramme de Schoeller-Berkalof pour l'année 2012.

### Diagramme de Piper (2010,2011,2012)



**Figure V.17 :** Présentation récapitulatifs des eaux des points d'eau sur diagramme de Piper pour l'année 2012, 2011, 2010.



**Figure V.18** : Présentation récapitulatifs des eaux des points d'eau par diagramme de Schoeller-Berkalof pour l'année 2012, 2011,2010.

D'après les Diagrammes de Piper et de Schoeller-Berkalof nous pouvons en conclure que les points de prélèvements de l'année 2010,2011, 2012 présentent le même faciès chimique qui est Chloruré calcique et sulfaté et on remarque une évolution de la concentration de 2010 à 2012 du probablement a une quantité plus importante de rejet d'année en année.

## Liste des figures

Figure I.1-Carte de situation de la plaine de la Mitidja et ses sous bassins versants.....	4
Figure I.2-Situation géographique de la zone d'étude (Google Earth) .....	6
Figure I.3-Carte de réseaux hydrographiques (ANRH, Alger) .....	7
Figure I.4-Carte pluviométrique de la Mitidja (ANRH) .....	8
Figure I.5-Précipitations moyennes annuelles période (1978-2010) .....	9
Figure I.6-Carte géologique de la Mitidja (ANRH 1986) .....	10
..	
Figure I.7-Coupes géologiques 1 et 2- SE/NW (Bennie et Atkins, 1983) .....	12
Figure II.1- Pollution des eaux souterraines par différents sources (www.sepase.fr).....	17
Figure II.2-le cycle de l'azote, source : Jared MATABA MPONGATE (2010). .....	22
Figure II.3- Processus de minéralisation de l'azote. ....	23
.	
Figure III.1- Représentation physique d'un milieu poreux. ....	29
Figures III.2- Différentes formes de l'eau dans le sol. ....	29
Figure III.3-Représentation schématique des écoulements hydriques dans les sols à l'échelle du pore Source : Martins, J.M.F, 2008. ....	32
Figure III.4-Transport adjectif sans dispersion Source : Gaidi L.Ichola A., 2000. ....	33
Figure III.5 - Illustration des sources de dispersion longitudinale (a) et dispersion transverse (b), d'après Fetter (1999).....	34
Figure V.1-Evolution des consommations en azote. ....	48
Figure V.2-Quantité moyenne d'azote consommée par Wilaya.....	49
Figure V.3-Evaluation des quantités d'azote épandues à l'hectare(2008).....	49
Figure V.4- Apport en azote d'origine agricole.....	50
Figure V.5-Activités industrielles dans la Mitidja.....	50
Figure V.6-Dépotoirs sauvages.....	51
Figure V.7- Evolution des nitrates en fonction de temps.....	52
Figure V.8- Variation temporelle des teneurs en nitrate et en chlorure.....	53
Figure V.9-Carte de vulnérabilité de la Mitidja. Source (ANRH).....	54
Figure V.10-Carte de localisation des points de prélèvement.....	55
Figure V.11-Présentation des eaux des points d'eau sur diagramme de Piper pour l'année 2010.....	63



Figure V.12-Présentation des eaux des points d'eau par diagramme de Schoeller-Berkalof pour l'année 2010.....	64
Figure V.13-Présentation des eaux des points d'eau sur diagramme de Piper pour l'année 2011.....	65
Figure V.14 -Présentation des eaux des points d'eau par diagramme de Schoeller-Berkalof pour l'année 2011.....	66
Figure V.15-Présentation des eaux des points d'eau sur diagramme de Piper pour l'année 2012.....	67
Figure V.16-Présentation des eaux des points d'eau par diagramme de Schoeller-Berkalof pour l'année 2012.....	68
Figure V.17 : Présentation récapitulatifs des eaux des points d'eau sur diagramme de Piper pour l'année 2012, 2011, 2010 .....	69
Figure V.18 : Présentation récapitulatifs des eaux des points d'eau par diagramme de Schoeller-Berkalof pour l'année 2012, 2011,2010.....	70

---

**Conclusion:**

L'objectif de cette étude était d'aborder l'impact des activités agro-industrielles sur la Mitidja. Dans la Mitidja la forte augmentation de la teneur en nitrate dans les eaux souterraines est due à des apports d'azote que l'homme est seul responsable par des activités agricoles, industrielles et urbaines.

Nous nous sommes consacrés sur plusieurs phases, à une recherche bibliographique pour identifier le phénomène, ses origines et ses causes et lister les principaux facteurs qui régissent ces interactions.

Les nitrates, à travers le cycle de l'azote, ont une origine naturelle provenant de l'action des bactéries nitrifiantes qui oxydent l'ammonium lors de la nitrification. Mais la majorité des nitrates provient des activités humaines, de l'agriculture, de l'élevage mais aussi de l'assainissement et de l'industrie. Cette pollution par l'ion nitrate, devient de plus en plus alarmante, qui est en définitive liée à la présence d'azote nitrique, en quantité très élevée dans le sol et qui sont entraînés par les pluies et l'irrigation drainante.

Les différents suivis piézométriques et analyses chimiques sur la partie Est de la Mitidja, zone d'étude, nous révèle l'hypothèse d'une contamination des eaux souterraines due à la très forte activité industrielle couplée à l'activité agricole mais aussi au rejet urbain qui y sont également très importants et à la multitude de dépotoirs et décharges sauvages dont elle est le siège.

**Recommandations :**

- ✚ La vulgarisation agricole par les services concernés devient impérative. Elle doit porter sur les techniques d'amendement, les techniques de labour et de l'irrigation.
- ✚ Les apports de fertilisant azotés devront être adaptés en tenant compte des besoins des plantes selon les objectifs de rendements et du taux d'azote résiduel dans le sol en sortie de culture précédente.
- ✚ Interdiction d'épandage à proximité des eaux de surface, des puits et des forages.
- ✚ Les effluents d'élevage doivent être traité avant leur rejets dans le milieu naturel, ou à défaut répandu sur grande superficies afin d'éviter des pollutions ponctuelles.
- ✚ L'obligation doit être imposée aux industries pour 'application de la réglementation en matière d'épuration de leurs effluents liquide avant leur rejet dans le Milieu naturel. »

## Bibliographie

- Alain Dassargues. (1997).** Théorie de l'approche hydrogéologique des écoulements et transport en zone partiellement saturée,p72. Dans Alain Dassargues.
- Ayoub Mabrouk. (2009).** Application de la nitrification dénitrification dans le traitement des eaux usées.
- Barrius, E., Calvet, R., SchiavonM, & Soulas G. (1996).** Etude et gestion des sols. Dans Les pesticides et les polluants organiques des sols. Transformations et dissipation (pp. 279-296).
- Berne. (2007).** Estimation du flu dans la zone saturé,p13.
- Blanchard C. (2000).** Caractérisation de la mobilisation potentielle des polluants inorganiques. Lyon, INSA. Lion.
- Calver, R., & Stéphanie Szenknect. (2003).** Transfert de radioélément en zone non saturée.Etudes expérimentale et modélisation appliqué au site pilote de Tchernobyl,p16.
- Calvet R. (2003).** Le sol Propriétés et Fonctions-Tome 1: constitution et structure phénomènes aux interfaces, Éditions France Agricole. France.
- Caroline chambenoi et al, C. (2002).** Fertilisation azoté de la pomme de terre.
- Claudia Carolina. (2015).** Etude de la variabilité des propriétés physiques et hydrodynamiques d'un sol argileux sous l'effet de conduites en protection intégrée contre les adventices. Paris.
- Eddy El Tabach. (2005).** Etudes de l'impact d'une pollution agricole sur les ressources en eau souterraines P 23-24. Dans Eddy El Tabach, pollution agricole sur les ressources en eau souterraines (pp. 23-24).
- Friha Fatma Lazrek Ben. (2008).** Analyse de la diversité génétique et symbiotique des populations naturelles tunisiennes de *Medicago truncatula* et recherche de QTL lié au stress salin,thèse de doctorat toulouse. toulouse. G.hopkins, w., Charles-Marie, & Edward. (2003). Physiologie végétale.
- Gallichand, J., & Yvon Brochu. (1983).** irrigation:chosage et cas d'application .
- G.hopkins, w., Charles-Marie, & Edward. (2003).** Physiologie végétale.

- Guyon, E., Hulin, J.-P., & Petit, L. (2001).** Hydrodynamique physique (2<sup>de</sup> éd.). CNRS Éditions. Hibrahim, B. (2013). Processus d'enrichissement en nitrates des eaux souterraines dans les zones semi-aride cas de la plante de Boukadir(Nord-ouest Algerienne).Memoir de magister. Oran.
- Hibrahim, B. (2013).** Processus d'enrichissement en nitrates des eaux souterraines dans les zones semi-aride cas de la plante de Boukadir(Nord-ouest Algerienne).Memoir de magister. Oran.
- Hillel D. (1982).** Environmental soil physics.Academic Press (USA). Academic Press (USA). lemaire, G., & Bernard Nicolardot. (1996). Maitrise de l'azote dans l'agrosystème Reins (France).
- Lallemand-Barrès. A et P. Peaudecerf. (1978).** Recherche des relations entre les valeurs mesurées de la dispersivité macroscopique d'un milieu aquifère, ses autres caractéristiques et les conditions de mesure. Étude bibliographique. Bulletin du BRGM4.
- M, L. S., Prescott, P.Harley, J., & Donald A.kbein. (2003).** Microbiologie.
- Merigout Patricia. (2006).** Etude du métabolisme de la plante en réponse a l'apport de différents fertilisants et adjuvant.culturaux:Influence phytohormones sur le métabolisme azoté,Thèse de doctorat.
- MPONGATE, J. M. (2010).** Evaluation de la capacité de nitrification d'un sol sableux de Kinshasa: une contribution à l'étude de la dynamique de l'azote dans le sol.
- M.Belaidi ANRH-Blida. (2011).** Note sur l'évolution de la profondeur de la nappe de la Mitidja. Blida.
- Omar Mimouni. (2010).** Les eaux de la région d'Alger risque de pollution et d'inondation.
- Philippe Rochette. (2008).** Gestion des engrais minéraux et organiques : volatilisation, Québec(canada). Québec.
- Pinheiro. (1995).** Un outil d'aide à la gestion de la pollution agricole: le model POLA.Thèse de Doctorat,INPA,Toulouse,344p. Toulouse,344p.
- Roger, D. (1986).** Le cycle de l'azote.

# Introduction générale

# Chapitre I :

## Présentation de la zone d'étude

## Chapitre II :

Pollution et processus  
d'enrichissement du nitrate

## Chapitre III :

# Mécanisme de la pollution des eaux souterraines



Chapitre IV :  
Activités agro-industrielles  
dans la Mitidja

# Résultats et discussions

Conclusion générale

# Annexes

## ANNEXES

Les résultats des analyses des points d'eau pour l'année 2012 :

Point d'eau	Année	Mois	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$Na^+$	$K^+$	$Cl^-$	$So4^{2-}$	$Hco3^-$	$cO3^-$	$NO3^-$	CE $\mu/cm$	pH
E008-4583	2012	12	200	89	109	2,2	272	382	244	0	251	2250	7,7
E008-4587	2012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E008-4595	2012	6	190	134	140	2,3	430	410	397	0	100	2800	7,7
E008-4596	2012	10	174	104	115	2	330	240	366	0	118,9	2200	8
E008-4590	2012	6	148	69	139	2,3	213	290	396,5	0	79	2000	7,9

Les résultats des analyses des points d'eau pour l'année 2011:

Point d'eau	Année	Mois	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$Na^+$	$K^+$	$Cl^-$	$So4^{2-}$	$Hco3^-$	$cO3^-$	$NO3^-$	CE $\mu/cm$	Ph
E008-4583	2011	10	119	64	123	3	188	264	320	0	8	1600	8,1
E008-4587	2011	10	183	94	30	2	287	190	275	0	90	1800	7,5
E008-4595	2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E008-4596	2011	10	177	96	190	3	369	209	397	0	120	2400	7,5
E008-4590	2011	11	114	61	144	2	192	202	336	0	58	1600	7,5

Les résultats des analyses des points d'eau pour l'année 2010 :

Point d'eau	Année	Mois	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$Na^+$	$K^+$	$Cl^-$	$So4^{2-}$	$Hco3^-$	$cO3^-$	$NO3^-$	CE $\mu/cm$	Ph
E008-4583	2010	5	221	35	227	4	388	194	427	0	80	2480	7,7
E008-4587	2010	11	156	38	119	5	200	158	354	0	45,7	1602	7,8
E008-4595	2010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E008-4596	2010	11	220	60	190	8	400	200	576	0	95	2900	7,9
E008-4590	2010	11	200	36	131	1	190	189	448	0	50	-	7,9

Les résultats des analyses des points d'eau pour l'année 2009 :

Point d'eau	Année	Mois	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$Na^+$	$K^+$	$Cl^-$	$So4^{2-}$	$Hco3^-$	$cO3^-$	$NO3^-$	CE $\mu/cm$	Ph
E008-4583	2009	10	233	32	172	2	393	257	281	0	87,8	2020	7,6
E008-4587	2009	10	171	75	221	23	328	261	407	0	119,3	2120	7,6
E008-4595	2009	5	484	131	430	3	147 5	320	238	0	103,4	5510	7,2
E008-4596	2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E008-4590	2009	5	121	94	144	2	201	218	299	0	53	1410	7,3

Les résultats des analyses des points d'eau pour l'année 2008

Point d'eau	Année	Mois	ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	So4 <sup>2-</sup>	Hco3 <sup>-</sup>	cO3 <sup>-</sup>	NO3 <sup>-</sup>	CE $\mu/cm$	Ph
<b>E008-4583</b>	2008	10	185	40	140	0	302	288	214	0	79	1890	7,4
<b>E008-4587</b>	2008	10	235	63	279	1	626	151	521	0	30	2970	7,1
<b>E008-4595</b>	2008	4	205	49	145	8	378	164	468	0	46	2010	7,5
<b>E008-4596</b>	2008	10	214	66	243	2	445	222	456	0	99	2840	7,2
<b>E008-4590</b>	2008	10	149	27	140	1	171	185	336	0	46	1740	7,2

Les positions des points d'eau et leur évolution de la profondeur période haute eaux :

N°Catalogue	Nature de point	X	Y	Région	Octobre 2012
<b>E008-4583</b>	Puits	552750	385600	Mitidja Est	5,60
<b>E008-4587</b>	Puits	556440	382630	Mitidja Est	19,35
<b>E008-4595</b>	Forage	556500	384350	Mitidja Est	18,30
<b>E008-4596</b>	Puits	557900	384670	Mitidja Est	12,20
<b>E008-4590</b>	Puits	379920	558620	Mitidja Est	11,30

Les positions des points d'eau et leur évolution de la profondeur période basse eaux :

N°Catalogue	Nature de point	X	Y	Région	Mai 2012
<b>E008-4583</b>	Puits	552750	385600	Mitidja Est	2,60
<b>E008-4587</b>	Puits	556440	382630	Mitidja Est	10,65
<b>E008-4595</b>	Forage	556500	384350	Mitidja Est	17,75
<b>E008-4596</b>	Puits	557900	384670	Mitidja Est	11,85
<b>E008-4590</b>	Puits	379920	558620	Mitidja Est	9,10