

UNIVERSITE SAAD DAHLAB - BLIDA

Faculté des Sciences de l'Ingénieur

Département des Sciences de l'Eau et de l'Environnement

MEMOIRE DE MASTER

Filière: **Hydraulique**

Spécialité : **Sciences de l'Eau**

Thème:

**La problématique des nitrates dans les eaux souterraines de la
région d'Alger Est (Bordj el kiffan-Réghaia)**

Par

ZAIR Kamel

Devant le jury composé de :

A. BOUIKNI	Maître assistant, U. de Blida	Président
D. BENSAFIA	Maître assistant, U. de Blida	Examineur
B. HADJ KADDOUR	Maître assistant, U. de Blida	Examineur
A. BOUDJADJA	Maître de conférence, U. de Blida	Promoteur

Promotion 2010/2011

Remerciements

J'adresse tout d'abord mes remerciements les plus sincères à Monsieur A. BOUDJADJA qui a très volontiers accepté d'être le promoteur de ce projet. Sa grande connaissance dans le domaine, ainsi que son expérience, ont joué un rôle important dans la conception de ce travail.

Je remercie tous particulièrement Monsieur A. BOUIKNI qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de jury de cette thèse.

Je tiens également à remercier Monsieur B. HADJ KADDOUR, et Monsieur D. BENSALIA, d'avoir acceptés de participer au jury de ce mémoire.

Mes remerciements sont adressés à toutes les personnes des différents organismes qui m'ont accompagné et vraiment aidé dans ce travail, notamment au niveau de l'ANRH de Blida.

Enfin je remercie tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour réaliser ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail A

Mes parents

Mes frères et sœurs

Mes Amis

Et à tous ceux et toutes celles qui m'ont accompagné et soutenu durant ma formation.

Résumé

Ce modeste travail a pour objectif la connaissance de l'évolution dans le temps et dans l'espace des taux de nitrates dans les eaux souterraines dans la région d'Alger-Est, ainsi que l'identification des différentes sources possibles de cette pollution.

Il est structuré comme suit :

- Une synthèse bibliographique sur l'état des connaissances de la pollution par les nitrates.
- Une présentation géologique et hydrogéologique de la région d'Alger Est.
- Une présentation et traitement des données relatives aux variations des taux de nitrates.
- Traitement et synthèse des données relatives aux activités agricoles, industrielles et urbaines dans le but d'identifier les sources de cette pollution.

Enfin, à l'issue de ce travail, nous avons constaté que la pollution de la nappe est essentiellement due à l'agriculture et l'utilisation de fertilisants, mais aussi aux rejets urbains et industriels. La pression socio-économique dans la région d'Alger-Est concourt à des degrés différents à la pollution de la nappe par les nitrates.

Nous avons émis nos conclusions et formulé nos recommandations dans l'espoir de préserver les ressources en eaux souterraines.

Mots clé: Nitrates, Alger-Est, aquifère, Mitidja, pollution, eau souterraine, lessivage, agriculture, fertilisation, industrie, urbanisation.

Abstract

In summary, we can say that the modest work that we present is intended to know the evolution in time and space of nitrate levels in groundwater in the region of Algiers East, and the second time to identify various sources of pollution.

For this, we have structured our work as follows:

- A summary of the literature on the state of knowledge of nitrate pollution.
- A presentation of the geological and hydrogeological region east of Algiers.
- A presentation and processing of data relating to changes in nitrate levels.
- Processing and synthesis of data related to agricultural, industrial and urban areas in order to identify sources of pollution.

Finally, at the conclusion of this work, we found that the water pollution is mainly due to agriculture and fertilizer use, but also to urban and industrial discharges. The socio-economic pressure in the region of Algiers East contributes in varying degrees to the pollution of groundwater by nitrates.

We issued our findings and our recommendations in the hope of preserving groundwater resources.

Keywords: Nitrates, East Algiers, aquifer, Mitidja, pollution, groundwater, leaching, agriculture, fertilizer, industry, urbanization.

ملخص

يهدف هذا العمل المتواضع لمعرفة التطور في الزمان والمكان لمستويات النترات في المياه الجوفية في منطقة شرق الجزائر العاصمة، وتحديد المصادر المحتملة لهذا التلوث. ويتمحور على النحو التالي:

- موجز للأدب على معرفة حالة تلوث بالنترات.
 - عرض الجيولوجية والهيدروجيولوجية لمنطقة شرق الجزائر.
 - عرض ومعالجة البيانات المتعلقة بالتغيرات في مستويات النترات.
 - تجهيز وتجميع البيانات المتعلقة بالمناطق الزراعية، الصناعية والحضرية، من أجل تحديد مصادر هذا التلوث.
- أخيرا ، في ختام هذا العمل، وجدنا ان تلوث المياه يرجع أساسا إلى الزراعة واستخدام الأسمدة ، ولكن أيضا لعمليات التصريف الحضرية والصناعية. الضغوط الاجتماعية والاقتصادية في منطقة شرق الجزائر تساهم في درجات متفاوتة الى تلوث المياه الجوفية بالنترات.

أصدرنا النتائج التي توصلنا إليها والتوصيات التي لدينا أملا في الحفاظ على موارد المياه الجوفية.

الكلمات الرئيسية : النترات، شرق الجزائر، متيجة ،طبقة المياه الجوفية ، التلوث ، الرشح ، الزراعة ، الأسمدة ،الصناعة ،التحضر.

Sommaire

Introduction

Problématique et objectifs.....	1
---------------------------------	---

Chapitre I : Etat des connaissances de la pollution par les Nitrates

1. Vulnérabilité des eaux souterraines	2
1.1 Vulnérabilité Quantitative.....	2
1.2 Vulnérabilité Qualitative	2
2 Les nitrates	3
2.1 Définition.....	3
2.2 Le cycle de l'azote.....	3
2.2.1 La Fixation.....	4
2.2.2 L'assimilation	4
2.2.3 L'Ammonification :.....	5
2.2.4 La Nitrification.....	5
2.2.5 La Dénitrification :	5
2.3 Origine des nitrates dans le sol	6
3 Pollution des nappes aquifères par les nitrates	6
3.1 Différents types de pollution.....	6
3.1.1 Pollution temporaire et pollution chronique	6
3.1.2 Pollution ponctuelle et pollution diffuse	7
3.2 Origines des Nitrates dans les nappes aquifères.....	7
3.2.1 Origine agricole	7
3.2.2 Origine urbaine	10
3.2.3 Origine industrielle	11

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

1	SITUATION GEOGRAPHIQUE	14
1.1	CARACTERISTIQUES DES SOUS BASSINS	14
2	GEOLOGIQUE	15
2.1	GEOLOGIE DE LA MITIDJA	15
2.2	SUCCESSION LITHO STRATIGRAPHIQUES DE LA MITIDJA EST	16
2.3	LE TERTIAIRE	16
2.3.1	<i>Miocènes et roches plus anciennes</i>	16
2.3.2	<i>Plaisancien</i>	17
2.3.3	<i>Astien</i>	17
2.4	LE QUATERNAIRE	17
2.4.1	<i>Formation d'El-Harrach : Villafranchien (Calabrien)</i>	17
2.4.2	<i>Formation de la Mitidja : Soltanien-Tensiftien (Tyrrhénien)</i>	18
2.4.3	<i>Dépôts récents : Rhabien (Flandrien)</i>	18
3	HYDROGEOLOGIE	20
3.1	GEOMETRIE DES SYSTEMES AQUIFERES	20
3.1.1	<i>Carte des résistances transversales (RT)</i>	21
3.1.2	<i>Les alluvions du quaternaire (formation de la Mitidja)</i>	22
3.1.3	<i>Les formations gréseuses ou gréso-calcaire de l'Astien</i>	22
3.1.4	<i>Le substratum des alluvions quaternaires (formation de la Mitidja)</i>	22
3.2	ALIMENTATION DES ACQUIERES DE LA MITIDJA	23
3.2.1	<i>Astien</i>	24
3.2.2	<i>Quaternaire</i>	24
3.3	EXUTOIRES DES ACQUIERES DE LA MITIDJA	24
3.3.1	<i>Astien</i>	24
3.3.2	<i>Quaternaire</i>	24
3.4	CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES	25
3.5	LA PIEZOMETRIE	26
3.5.1	<i>Variations du niveau piézométrique (1970-2008):</i>	31

Chapitre III : Variation des teneurs en nitrates

3.1 INTRODUCTION.....	32
3.2 Variation des nitrates dans le temps	32
3.3 Variation des taux de nitrates et le niveau piézométrique en deux piézomètres	36
3.4 Variation des nitrates dans l'espace	38

Chapitre IV : Sources de la pollution des nappes de la Mitidja Est

4.1 Activité Agricole Dans Alger Est.....	41
4.1.1 Les superficies agricoles	42
4.1.2 La Fertilisation:	44
4.1.2.1 Consommation Nationale d'engrais chimiques.....	45
4.1.2.2 Consommation d'engrais chimiques dans la Mitidja	45
4.1.3 Les apports en azote d'origine animale	45
4.2 Activité industrielle dans Alger Est	46
4.3 La pollution urbaine	48
4.3.1 Apports en azote d'origine urbaine:	50
4.3.2 Les Décharges Publiques Et Dépotoirs Sauvages	50

Conclusion

Conclusion et recommandations.....	52
---	-----------

Liste des tableaux

Tableau 1 Moyennes de rejets en azote par les papeteries en fonction du procédé de fabrication...	12
Tableau 2 Effluents de diverses autres industries.....	13
Tableau 3 Caractéristiques des sous bassins.....	14
Tableau 4 Transmissivité et coefficient d'emménagement dans la Mitidja.....	25
Tableau 5 Types de cultures dans la wilaya d'Alger.....	42
Tableau 6 Types d'irrigation dans la wilaya d'Alger.....	42
Tableau 7 Quantités d'engrais utilisées dans les différentes cultures.....	44
Tableau 8 Engrais consommés au niveau de la willaya d'Alger.....	45
Tableau 9 Effectif d'animaux dans les communes de Reghaia et Heraoua.....	46
Tableau 10 Comparaison des apports en azote dans la Mitidja 2008.....	46
Tableau 11 Répartition du nombre d'unités industrielles par activité en 2003.....	48
Tableau 12 Stations d'épuration à Alger Est.....	49
Tableau 13 Quantités de nitrates drainées par les oueds Reghaia et Hamiz.....	50
Tableau 14 Inventaire des dépotoirs sauvages.....	50

Liste des figures

Figure 1 Cycle de l'azote.....	04
Figure 2 Photo satellite de la zone d'Alger Est.....	15
Figure 3 Carte géologique de la Mitidja (ANRH).....	16
Figure 4 Litho stratigraphique Synthétique de la Mitidja Est.....	19
Figure 5 Coupe géologique de la Mitidja Est.....	20
Figure 6 Carte de la résistance transversale correspond aux horizons profonds (Astien+alluvions du quaternaire).....	21
Figure 7 Fonctionnement des nappes de la Mitidja.....	23
Figure 8 Carte Krigée des Transmissivités de la nappe alluviale de la Mitidja.....	26
Figure 9 Carte piézométrique de la Mitidja Est (Bennie & Atkins, 1981).....	27
Figure 10 Carte piézométrique de la Mitidja Est (Avril 2004).....	27
Figure 11 Carte piézométrique de la Mitidja Est (septembre 2004).....	28
Figure 12 Carte piézométrique de la Mitidja Est (Octobre 2008).....	29
Figure 13 Carte piézométrique d'Alger Est (avril 2010).....	30
Figure 14 Variation du niveau piézométrique entre 1970-2008.....	31
Figure 15 Evolution de la concentration des nitrates P5 / 21 Sud Ain Taya.....	33
Figure 16 Evolution de la concentration des nitrates P200 / 21 Reghaia.....	34
Figure 17 Evolution de la concentration des nitrates P346 / 21 Nord Reghaia.....	34
Figure 18 Evolution de la concentration des nitrates P894/21 Nord Reghaia.....	35
Figure 19 Evolution de la concentration des nitrates P417 / 21 Sud Reghai.....	36
Figure 20 Variation des teneurs en NO ₃ & niveau statique P200/21 Nord Reghaia.....	37
Figure 21 Variation des teneurs en NO ₃ & niveau statique P346/21 Nord Reghaia.....	37
Figure 22 Carte des teneurs en nitrates (Mai 2008).....	38

Figure 23 Carte des teneurs en nitrates (Mai 2010)	39
Figure 24 Carte des teneurs en nitrates (novembre 2008)	40
Figure 25 Répartition des surfaces agricoles utiles(SAU) entre 2005 et 2007.....	41
Figure 26 Périmètre irrigué du Hamiz.....	43
Figure 27 Situation géographique de la zone industrielle Rouiba-Reghaia.....	47

Introduction

La nappe alluviale de la Mitidja est très sollicitée pour alimenter la population en eau potable, l'agriculture et l'industrie. Dans sa partie orientale, elle constitue la principale ressource d'eau pour l'irrigation, l'industrie comme pour l'adduction publique de la région d'Alger. Cette nappe dans sa partie ouest et algéroise compte plusieurs champs de captage (Hamiz, Boueah, Baraki).

L'évolution la plus marquante de la qualité des eaux souterraines de cette région concerne l'augmentation des teneurs en nitrates. Cette évolution des taux de nitrates est d'autant plus importante avec le développement socioéconomique et l'intensification de la pratique agricole.

Dans le but de contribuer aux travaux effectués dans ce domaine, ce travail qui a pour objectif d'approfondir les connaissances sur l'évolution des taux de nitrates dans l'espace et dans le temps dans la région d'Alger-Est. Vise aussi l'identification des principales sources anthropiques de cette pollution.

Pour cela, le travail sera présenté comme suit :

- Une approche bibliographique sur l'état des connaissances sur les nitrates.
- Une présentation de la zone d'étude (Alger-Est).
- Le traitement des données relatives aux taux de nitrates dans les eaux souterraines de la région.
- La synthèse des données du les activités agricoles, industrielles et l'urbanisation.

Enfin, une conclusion et des recommandations dans l'espoir de préserver la qualité des eaux souterraines.

**Etat des connaissances
de la pollution par les
Nitrates**

Chapitre I : Etat des connaissances de la pollution par les Nitrates

1. Vulnérabilité des eaux souterraines

1.1 Vulnérabilité Quantitative

La variation du stock d'eau souterraine est soumise à des facteurs tels que la pluviométrie qui permet le renouvellement de la ressource avec un volume qui chaque année recharge la nappe.

Cette variable est très hétérogène d'une nappe à l'autre et dépend fortement du temps de séjour de l'eau [01]. Ces temps de séjours sont très variables et peuvent être très longs (2 semaines à 10.000 ans).

L'autre facteur important qui détermine la vulnérabilité est l'exploitation de cette dernière, le pompage de la ressource peut être plus rapide que la recharge ce qui conduit à une baisse du stock. Les eaux souterraines sont donc une ressource très fragile du point de vue quantitatif [02].

1.2 Vulnérabilité Qualitative

Il est admis que les eaux souterraines sont généralement mieux protégées des pollutions que les eaux de surface, ces dernières sont directement exposées aux émissions polluantes, tandis que les nappes peuvent bénéficier de la protection du sol [01]. La vulnérabilité dépend du type de nappe, libre ou captive et du mode de circulation de l'eau dans l'aquifère [02]. En effet, les nappes libres sont les plus vulnérables, les polluants d'origine superficielle peuvent diffuser librement dans le sol et dans la zone non saturée jusqu'au niveau piézométrique. Par ailleurs, la percolation de l'eau dans un milieu poreux peut produire une fixation des substances sur les particules et donc une épuration de l'eau. En outre, la fluctuation verticale saisonnière du niveau piézométrique aboutit à " rincer " les particules de la zone non saturée et entraîner les substances qui y sont adsorbées [03].

Il apparait donc que pour atteindre une nappe libre en milieu poreux, les polluants transportés par les eaux d'infiltration doivent franchir de nombreux obstacles.

- **Le Sol :**

L'activité chimique et microbiologique est intense (oxydation-réduction), de nombreux corps sont modifiés chimiquement, les polluants organiques peuvent être métabolisés et minéralisés.

Néanmoins cette biodégradation peut aboutir à des métabolites au moins aussi toxiques que les polluants d'origine [02,03].

Le sol peut jouer le rôle d'épurateur, ses fonctions sont complexes, ses principales actions sont fonction de sa nature, son épaisseur, le climat local et son activité biologique.

- **La zone non saturée : (Z.N.S)**

Comme le sol, elle joue un rôle dans la filtration et la rétention de certaines substances : cette action est d'autant plus efficace que la granulométrie est plus faible.

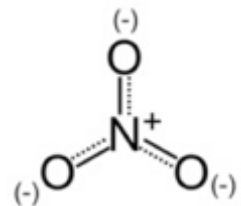
- **La zone saturée : (Z.S)**

La filtration se poursuit dans le milieu poreux de la nappe, le polluant est dilué dans la masse d'eau.

2 Les nitrates

2.1 Définition

Le nitrate est un anion (NO_3^-), il représente le stade d'oxydation le plus élevé de l'azote. Il se trouve soit associé à un cation (calcium, magnésium, potassium, ammonium etc...) pour former un sel, soit dissocié dans la solution du sol à l'état d'ion NO_3^- . Il est très stable. [04]



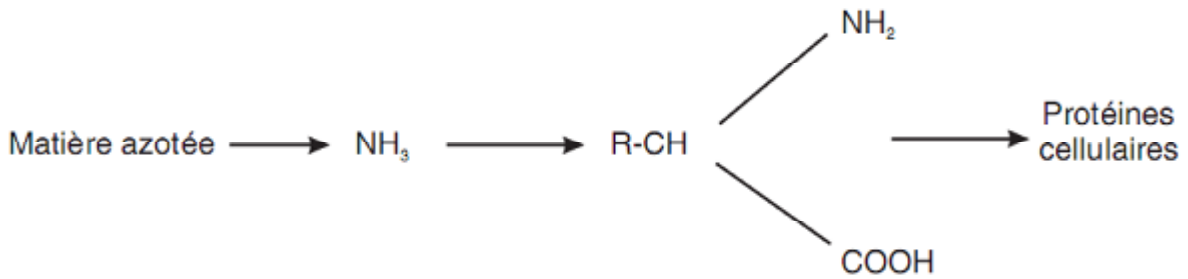
Sa charge négative explique qu'il n'est pas fixé par le complexe adsorbant (argile+humus) du sol, lui aussi de charge négative.

Sous l'effet de l'eau, l'ion nitrate migre donc facilement dans le sol et peut être entraîné vers les eaux de rivières ou des nappes phréatique [05].

2.2 Le cycle de l'azote

Dans l'eau l'azote se trouve en solution sous forme combinée: nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-), azote ammoniacal (NH_3 , NH_4^+), azote organique [06].

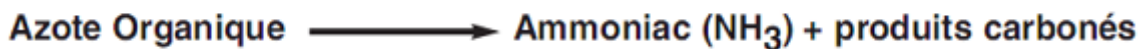
Les principales étapes du cycle de l'azote sont : **la fixation, l'assimilation, l'ammonification, la nitrification et la dénitrification** [07].



La forme assimilable de l'azote est l'azote ammoniacal qui est transformé en acides animés (molécules de base de la matière vivante).

2.2.3 L'Ammonification :

Cette étape conduit à partir de matières organiques azotées à la libération d'ammoniac. Elle peut être également appelée " **minéralisation** " dans la mesure où l'azote impliqué dans des molécules organiques est transformé en azote minéral.



Ces réactions sont différentes de celles de l'assimilation.

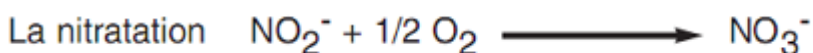
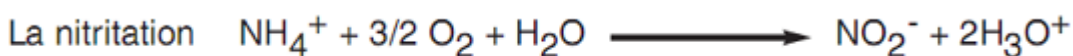
2.2.4 La Nitrification

Elle est relative à l'oxydation de l'ammoniac en nitrates par l'intermédiaire de bactéries nitrifiantes autotrophes, (nitrobacter, nitrocystis, bactoderma...) toutes ces bactéries sont aérobies strictes.



La nitrification tend à appauvrir les cours d'eau en oxygène, tout comme l'assimilation de la pollution organique [07,08].

La nitrification se produit en deux étapes essentielles :



2.2.5 La Dénitrification :

C'est la réduction des nitrates en azote gazeux par l'intermédiaire de bactéries dénitrifiantes, la plupart hétérotrophes. Elle se produit également en deux grandes étapes toutes ces

bactéries sont aérobies strictes. En revanche les nitrates constituent une réserve d'oxygène qu'ils peuvent recéder par dénitrification lorsque les conditions redeviennent réductrices (anoxiques).

Le composé intermédiaire étant également l'azote nitreux :



2.3 Origine des nitrates dans le sol

Les nitrates sont naturellement présents dans le sol et les eaux. Ils proviennent de l'évolution naturelle de la matière organique sous l'influence de micro-organismes, dont l'activité dépend des conditions de milieu (température, aération, humidité) [05].

La matière organique est peu à peu transformée en humus (humification) dont une partie subit une deuxième transformation, la **minéralisation** qui se produit en deux phases :

- L'ammonification : ou transformation de l'azote organique en azote ammoniacal.
- La nitrification : ou transformation de l'azote ammoniacal en azote nitrique (NO_3^-).

Cette évolution de l'azote dans le sol ne se fait pas à sens unique de l'organique vers le minéral, on y observe également un processus microbien inverse, avec un retour de l'azote minéral à l'état organique c'est la **réorganisation**.

3 Pollution des nappes aquifères par les nitrates

3.1 Différents types de pollution

3.1.1 Pollution temporaire et pollution chronique

L'émission exceptionnelle de matière polluante à la suite d'un incident peut entraîner un transfert à la nappe et sa pollution dont la durée dépend de son pouvoir d'autoépuration et de sa vitesse de percolation.

Les pollutions chroniques sont plus insidieuses et dommageables, elles peuvent passer inaperçues, c'est le cas de la pollution agricole par les nitrates ; caractérisées par des flux de nitrates relativement faibles, par unité de surface mais pouvant concerner des superficies considérables [03].

3.1.2 Pollution ponctuelle et pollution diffuse

Le polluant émis sur une faible surface, n'affectera qu'un secteur limité de la nappe, qui pourra s'étendre par diffusion. Seuls les captages à proximité de la zone polluée et en aval seront affectés, selon la densité et la solubilité du polluant, la zone polluée sera circonscrite ou diffuse, à la surface ou à l'intérieur de la nappe. En revanche l'épandage de produits polluants sur une grande surface affecte l'ensemble de la nappe, la pollution devient souvent chronique et décline l'ensemble de la nappe pour la production d'eau potable [03].

3.2 Origines des Nitrates dans les nappes aquifères

3.2.1 Origine agricole

Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricoles dont certains présentent ou peuvent présenter des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux [06]. Il s'agit principalement des fertilisants ou engrais minéraux de commerce ou de déjections animales (élevages intensifs).

3.2.1.1 Les engrais agricoles

C'est tout produit naturel ou manufacturé utilisé par l'agriculture afin d'entretenir ou d'améliorer la fertilité du sol (Vilaginès, 2003). Les engrais " NPK " sont composés de trois éléments principaux :

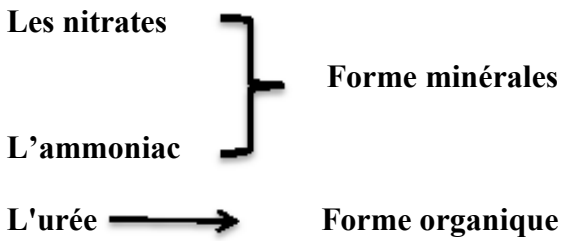
- Azote : N
- Acide phosphorique : P
- Potassium : K

Il convient d'y ajouter des oligo-éléments contenus en quantité bien plus faibles mais qui jouent néanmoins un rôle essentiel. C'est la proportion de chacun de ces éléments dans un engrais qui déterminera ses propriétés et son adéquation plus ou moins bonne avec les besoins de la plante à laquelle il est destiné.

3.2.1.1.1 Les engrais azotés de synthèse

L'insuffisance des fournitures du sol en azote nitrique, et leur mauvaise répartition dans le temps, sont les deux raisons qui, sur le plan organique, rendent nécessaires des apports complémentaires d'azote " à la bonne dose et au bon moment " [05].

Les engrais azotés de synthèse contiennent de l'azote sous trois formes [26] :



a) Les engrais azotés minéraux

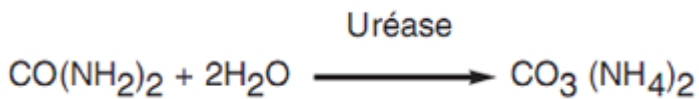
Les nitrates prédominent car, ils peuvent être rapidement assimilés par les plantes. L'ammoniac peut être épandue sous forme gazeuse ainsi que sous forme de cation NH_4^+ .

En raison de leur assimilation plus rapide par les plantes, les engrais azotés de synthèse permettraient dans une certaine mesure de mieux doser les besoins en azote des cultures que les engrais organiques ; mais appliqués en excès et pas exactement au bon moment, ils peuvent être lessivés bien plus rapidement.

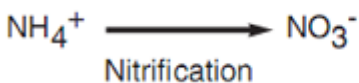
b) Engrais organiques de synthèse

Représentés par l'urée de formule générale $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$.

Très soluble dans l'eau, l'urée s'hydrolysera dans le sol sous l'action d'uréases produites par différents organismes.



Le carbonate d'ammonium ainsi formé perd peu à peu son ammoniac.



L'urée non hydrolysée descend dans le sol sous l'action des pluies tandis que l'urée hydrolysée reste fixée sous forme ammoniacale par le complexe adsorbant que forme le sol.

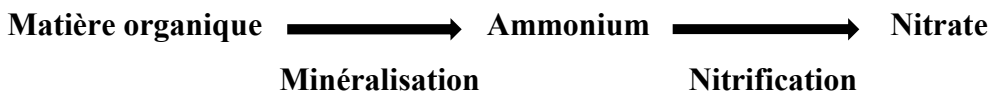
L'azote peut donc être apporté sous diverses formes : Nitrique (NO_3^-), ammoniacale (NH_4^+) et uréique $\text{CO}_2(\text{NH}_4)_2$. [11]

Quelle que soit sa forme d'origine, l'azote se retrouve plus ou moins rapidement sous forme nitrique.

3.2.1.1.2 Engrais organiques animaux

Ils contiennent généralement une certaine quantité d'azote inorganique sous forme d'ammoniac mais souvent peu de nitrates. Lors de leur épandage sous forme de fumier et de lisier, les nitrates se forment progressivement après incorporation au sol (oxydation ou nitrification).

La minéralisation de l'azote organique du sol est suivie du phénomène de nitrification.



On peut considérer ainsi que les nitrates issus de l'agriculture ont deux groupes d'origines distincts:

1) Origine externe

Elle se résume aux :

- Apports massifs de déchets organiques riches en azote (boues, fumier, eaux résiduaires, résidus de culture).
- Apport massifs de fertilisants chimiques azotés sous toutes leurs formes minérales (ammoniac, nitrate) ou organiques (urée polymérisée ou simple)

2) Origine interne

Elle résulte des :

- Destruction brutale des matières organiques constitutives du sol (retournement de prairies, déforestation ...)
- Destruction brutale de résidus de culture (enfouissement précoce de paille, brûlage de chaumes ...)
- Labours profonds liés à la mécanisation et conduisant à l'oxydation au stade de Nitrates de l'azote organique du sol.

3.2.1.2 Le cycle de l'azote dans le système sol-plante

1) Fixation par les plantes

L'azote inorganique est fixé et incorporé par les plantes dans leurs propres cellules.

2) Immobilisation par les micro-organismes

L'azote inorganique peut être assimilé dans des micro-organismes, lorsque ceux-ci sont très actifs et disposent d'une source de matière organique suffisante.

3) Décomposition des matières végétales et des micro-organismes

Les résidus de cultures non récoltées ou enfouies par labourage et les micro-organismes du sol finissent par se décomposer et restituent l'azote à la réserve organique du sol.

4) Minéralisation et Nitrification

Dans des conditions appropriées, les matières organiques du sol sont transformées par des micro-organismes et produisent des nitrates. Cette transformation s'effectue en deux étapes.

L'azote organique est d'abord minéralisé en ammoniac, lequel est ensuite très facilement nitrifié en nitrate, surtout, si le sol est bien oxygéné.

3.2.2 Origine urbaine

Les effluents urbains comprennent :

- Les eaux résiduaires ou eaux usées.
- Les eaux pluviales ou plus exactement les " eaux excédentaires de temps de pluie " ou de ruissellement urbain.

L'origine des eaux résiduaires urbaines (ERU) est principalement domestique (eaux " vannes ", eaux "grises "). [08]

Ces effluents sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines : urines, eaux vannes, eaux de toilette et nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagères) [11].

3.2.2.1 Notion de l'équivalent – habitant

La directive européenne du 21 mai 1991 " **eaux résiduaires urbaines** " définit la notion d'Equivalent-habitant comme étant **la charge organique biodégradable ayant une demande biochimique en oxygène en cinq jours (DBO5) de 60 grammes par jour** ".

A titre de repère, un être humain rejette 15g d'azote total (azote kjeldahl) par jour soit 5,475 kg d'azote/an soit 24,250 kg de nitrates/an. Trente (30) maisons sur un (01) hectare, habitée chacune par quatre personnes, avec assainissement autonome (ratio Bouygues) rejettent 400 Kg d'azote par année [05].

3.2.2.2 Les polluants minéraux

Dans les eaux usées domestiques, l'azote est sous forme organique et ammoniacale, il est dosé par la mesure de l'Azote total Kjeldahl, qui est :

Azote Kjeldahl = Azote organique + Azote ammoniacal

Ces formes réduites d'azote tendent à s'oxyder plus ou moins lentement dans le temps pour se transformer en forme nitrique (nitrates).

La principale source d'azote dans une eau résiduaire domestique est l'urine dont les principaux constituants azotés sont :

- **Urée** : 25g/l
- **Créatinine** : 1,5g/l
- **Acide urique** : 0,6g/l
- **Azote ammoniacal** : 0,6g/l
- **Azote indéterminé** : 0,6g/l
- **Sucre azoté** : traces

3.2.3 Origine industrielle

Les quantités de produits azotés rejetés par les eaux résiduaires industrielles (E.R.I) varient énormément d'une industrie à l'autre. L'azote rejeté se trouve en général sous forme d'azote organique et ammoniacal, sauf exception (industries chimiques) [07].

Les rejets les plus importants concernent les secteurs industriels suivants : Bois, papier, engrais, produits chimiques, fer et acier, cokeries, cuir, textile et fabrication agro-alimentaire.

3.2.3.1 Les industries polluantes

3.2.3.1.1 Les papeteries

Ce sont les usines de pâte à papier et les papeteries qui apportent les plus grosses quantités d'azote, essentiellement sous forme organique, leur importance relative varie énormément d'un pays à l'autre : Les usines de pâte à papier et papeteries suédoises rejettent en moyenne entre 80g d'azote à 530g d'azote/tonne de papier fabriqué [07].

Procédé de fabrication	Azote en grammes par tonne	
	Moyenne	Gamme
Méthode au sulfate non blanchi	320	260-350
Méthode au sulfate blanchi	400	260-530
Méthode au sulfite non blanchi	330	280-370
Méthode au sulfite blanchi	620	-
Mécanique + sulfite journaux	140	80-220
cartons	150	140-160

Tableau 1 Moyennes de rejets en azote par les papeteries en fonction du procédé de fabrication [07]

3.2.3.1.2 Les Industries des engrais chimiques

Les effluents de ces industries, contiennent des produits azotés essentiellement sous forme de nitrates et d'ammoniac [07].

Exemple d'une usine d'engrais aux U.S.A.

- Ammoniac : 200 - 10.000 mg/l.
- Nitrates : 150 - 1000 mg/l.
- Urée : 50 - 1000 mg/l.

3.2.3.1.3 Les industries agroalimentaires

Les caractéristiques communes à toutes les eaux résiduaires de l'industrie agroalimentaire sont:

- Une pollution essentiellement biodégradable.
- Une tendance générale à l'acidification et à la fermentation rapide.

Les plus grandes quantités d'azote proviennent des usines de levures, d'amidon, de sucre et de distilleries.

3.2.3.1.4 Les industries textiles

Selon les textiles traités, on retrouve des matières organiques (laine, coton), des colorants, des produits de mercerisage et souvent des fibres textiles de petites dimensions qui produisent des feutrages ou des bourrages dans les exutoires.

3.2.3.1.5 Chimie " fine " pharmacie – cosmétiques

Les eaux résiduaires peuvent contenir une fraction des produits de départ, les auxiliaires de fabrication (solvants, sels, catalyseurs...), les sous-produits de la synthèse et les produits finaux non récupérés.

3.2.3.1.6 Les laiteries

Ce type de rejets se traite bien par voie biologique mais elles sont souvent carencées en azote et en phosphore.

3.2.3.1.7 Autres industries

Parmi les autres industries qui rejettent de l'azote on trouve l'affinage des métaux et les industries du fer et de l'acier.

FABRICATION	ORIGINE DES REJETS	POLLUTIONS
Verrerie et miroiterie	Dépolissage de verre, Décoration, façonnage, Sciage, polissage, Finitions	Acidité élevée : HF, bi fluore d'ammonium, poudre de corindon et de ponce émeri, oxyde de cérium, grenat.
Fibres de verre	Fabrication de fibres, Ensimage	Fortes DBO, DCO, MES, Dues aux : dextrines, gélatine. Silicones, acétates divers, Résines phénoliques.
Abrasifs sur support	Préparation de mélanges Adhésifs	Résines formol phénoliques et urée formol, gélatines, amidon résines époxy et solvants, Forte DCO, valeurs moyennes de DBO et MES
Céramiques	Essorage des pâtes, Lavage des sols	Forte teneur en MES

Tableau 2 Effluents de diverses autres industries [08]

En Algérie le décret exécutif n°06-141 du 20 avril 2006 a été publié sur le journal officiel n°26 ; définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels par type d'activité.

Présentation de la zone d'étude

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

1 Situation Géographique

La partie de la Mitidja Est concerne la zone qui s'étend depuis l'oued Boudouaou à l'Est jusqu'à l'oued El Harrach à l'ouest. Elle est isolée de la mer par la ride du Sahel qui prend naissance à l'Est d'Alger et disparaît au droit de la cluse de Reghaia, au sud elle est bordée par l'atlas Blidéen qui constitue une véritable barrière.

La zone d'étude proprement dite est située dans la région d'Alger Est et s'étend de Borj el Kiffan à Réghaia à l'Est. Alger Est est dans la partie nord orientale de la Mitidja et appartient au grand bassin côtier algérois.

Les sous bassins entrent dans cette zone sont :

- Le bassin de l'oued Hamiz.
- Le bassin de l'oued Réghaia.

1.1 Caractéristiques des sous bassins

bassin	Surface Km ²	Périmètre km	Indice de compacité de gravilus (k)
Réghaia	87,69	41,22	1,27
El Hamiz	283,21	102,11	1,7

Tableau 3 Caractéristiques des sous bassins

Indice de compacité de gravilus : $k = \frac{0,28P}{A}$

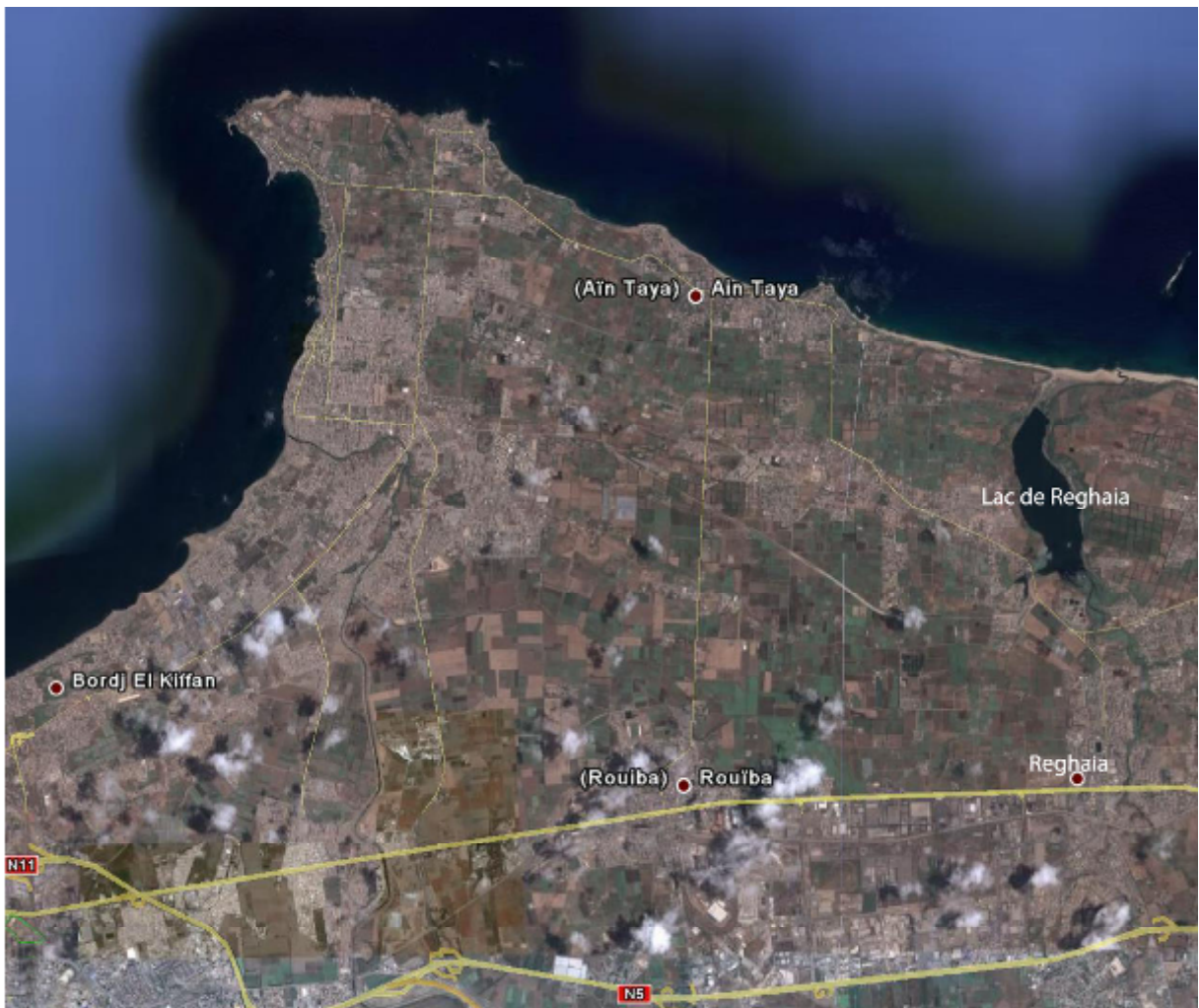


Figure 2 photo satellite de la zone d'Alger Est

2 Géologie

2.1 Géologie de la Mitidja

La plaine alluviale de la Mitidja est une plaine côtière, représentée par une dépression synclinale d'orientation générale WSW-ENE, où se sont accumulées les formations néogènes et quaternaires. Elle est comprise entre deux régions surélevées :

- **Au nord** : l'anticlinal du sahel qui isole la plaine de la Mitidja de la mer.
- **Au sud** : l'atlas Blidéen est un vaste massif montagneux caractérisé par des séries essentiellement du crétacé-paléocène

Les roches plus anciennes qui sont représentées par les roches volcaniques du tertiaire (rhyolites et andésites) affleurent dans les régions de Khémis El Khechna. Les roches métamorphiques du primaire du socle cristallin apparaissent sous formes de petits affleurements isolés (massif d'Alger, cap Matifou) et à l'Est de Khémis El Khechna, ils sont représentés par des schistes, micaschistes et gneiss.

2.3.2 Plaisancien

Constitué principalement de marnes bleues et localement de bancs de grés faiblement glauconieux, cet étage peut atteindre une puissance considérable sous le Sahel, et sous le Nord de la Mitidja. L'épaisseur de **100 m** ne paraît nullement exagérée; mais elle diminue rapidement vers le sud. Les affleurements de marnes en surface sont uniquement visibles dans les Collines du Sahel, au cœur d'un plissement anticlinal et dans la zone de Khemis El Khechna, Reghaia où ils constituent la fermeture du bassin (Rivoirard, 1952).

2.3.3 Astien

Le début de l'Astien coïncide avec un mouvement tectonique certain ; la profondeur de la mer a subitement chuté, ce qui a permis l'invasion d'une faune néritique. Les courants sous-marins ont été assez violents pour provoquer le ravinement de la marne plaisancienne. La formation de l'Astien est bien développée sur le côté Sud de la Mitidja.

Les lithologies les plus souvent rencontrées sont des calcaires ou calcaires sableux, des grés, des argiles, calcaires jaunes et calcaires à faciès récifal.

Cette série présente une épaisseur moyenne entre 100 et 130 m, elle se trouve à des profondeurs allant de 250 à 300 m. On la rencontre particulièrement à l'est de Rouïba à de faibles profondeurs.

2.4 Le Quaternaire

2.4.1 Formation d'El-Harrach : Villafranchien (Calabrien)

La formation d'El-Harrach est représentée par une séquence relativement uniforme d'argiles plastiques jaunes ou grises, par endroits légèrement caillouteux et contenant un petit nombre de lentilles de graviers de 2 à 6 m d'épaisseur.

A l'Est de la Mitidja, l'érosion a fait disparaître la plupart des matériaux, d'où l'absence d'argile autour de Rouïba. A l'exception des affleurements d'El Harrach, cette formation est masquée par des dépôts alluviaux plus récents.

Quelquefois la formation d'El-Harrach en raison de la présence des graviers a été confondue avec la formation alluviale sus-jacente qui est essentiellement caillouteuses. Donc il est très difficile d'obtenir des informations sur les variations à l'intérieur même des dépôts de cette formation, les forages ayant pénétré dans celle-ci à une profondeur suffisante sont très rares. L'épaisseur moyenne de la formation au centre du bassin est estimée à 100 m et diminue progressivement en allant vers le sud.

2.4.2 Formation de la Mitidja : Soltanien-Tensiftien (Tyrrhénien)

La formation de la Mitidja est composée principalement d'alluvions grossières (graviers, galets, limons et argiles en quantités variables). La puissance des alluvions varie entre 100 et 200 m au centre et devenant de plus en plus faible en allant vers les bordures et la baie d'Alger.

2.4.3 Dépôts récents : Rhabien (Flandrien)

Ils ne représentent qu'une partie relativement peu importante du remplissage du bassin de la Mitidja et regroupent les dépôts de sables dunaires, les dépôts de piémont de l'atlas ainsi que les sables et les graviers provenant des lits des oueds. La baie d'Alger et la région de Reghaia sont bordées par des dépôts marins et des dunes.

Cette formation est constituée de sables meubles éoliens ou de sables dunaires épais de 20 à 40 m, de graviers et de couches fossilifères consolidées ou cimentées. Le piémont de l'atlas est couvert de débris se composant de gros éléments anguleux dans une matrice de limons argileux provenant d'un cône de déjection et d'une solifluxion de matériaux du massif Blidéen.

Des couches de graviers sont également présentes (Mutin, 1977). Les alluvions récentes qui n'apparaissent que dans les lits des cours d'eau et ne font que quelques mètres d'épaisseur se composent de sable fin gris, de graviers et de galets.



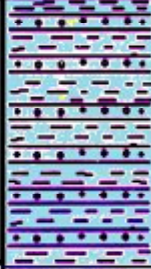


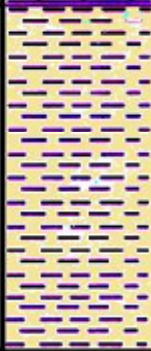


Systemes	Etages	Lithologie	Figures	Epaisseur	
QUATERNAIRE	Halocène	Actuel/récent		20 m	
	PLEISTOCENE	Flandrien	Limons , argiles		30 m
		Rharbien	Sables consolidés à lumachelles		30 m
		Soltanien / Tensiftien	Alternances d'argiles et de graviers (Formation de la Mitidja)		150 m
		Calabrien / Villafranchien	Argiles et Cailloutis (Formation d'El Harrach) 2ème substratum		100 m
TERTIARE	QUATERNAIRE	Astien	Calcaires gréseux, marnes jaunes, sables		100 m
		Plaisancien	marnes à argiles 1er substratum		200 m
	Miocène	Vindobonien	marnes à lentilles de calcaires		50 m
		Burdigalien	marnes à lentilles de grés		

Figure 4 Litho stratigraphique Synthétique de la Mitidja Est [13]

3 Hydrogéologie

3.1 Géométrie des systèmes aquifères

La litho stratigraphie de la Mitidja permet de distinguer quatre (04) ensembles lithologiques du bas vers le haut:

- Une série marneuse (Miocènes - Plaisancien) formant le substratum de l'Astien considéré comme imperméable.
- Un ensemble calcaire-sablo-gréseux correspondant à l'Astien.
- Un ensemble argileux contenant par endroit du sable et du gravier correspondant à la formation d'El Harrach.
- Un ensemble gravelo-sableux dit « Alluvions de la Mitidja ».

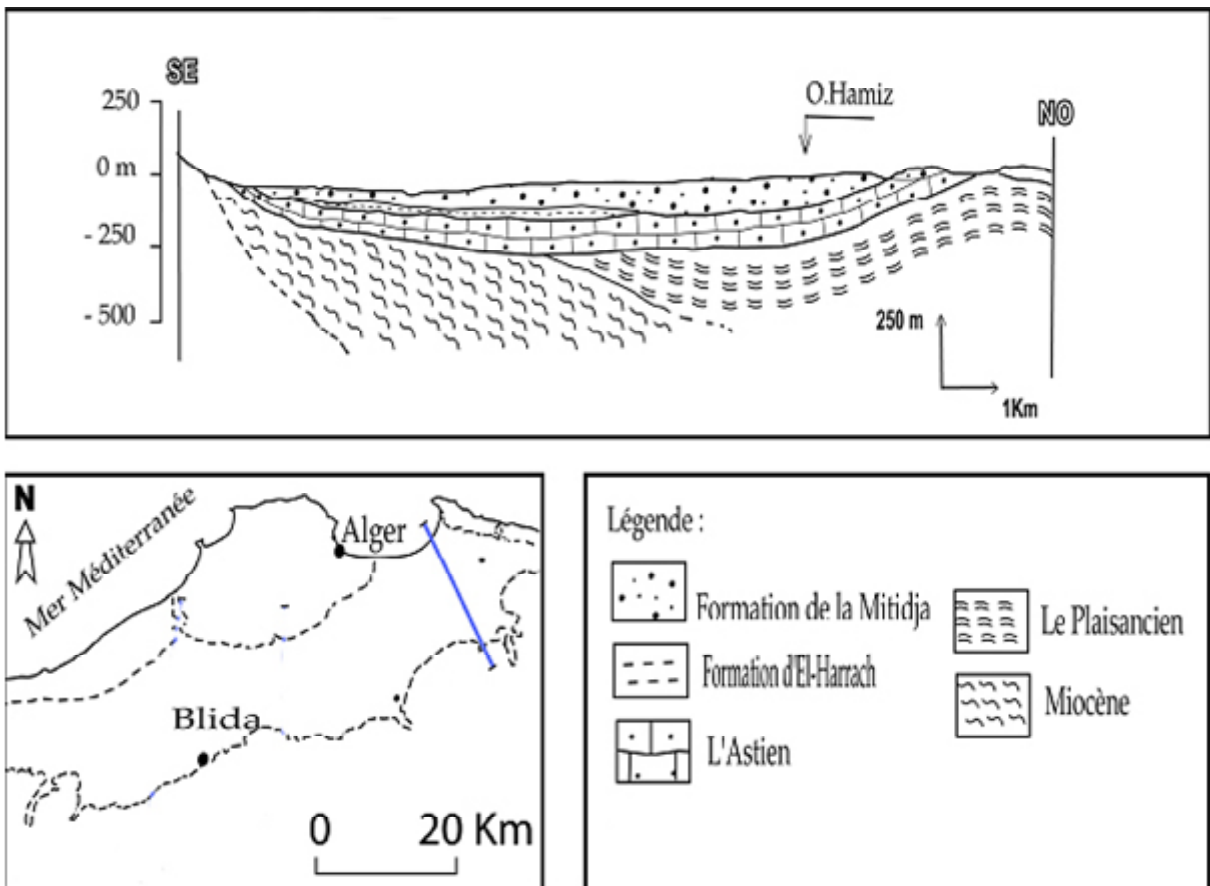


Figure 5 coupe géologique de la Mitidja Est

La coupe géologique montre deux aquifères: celui de l'Astien et celui de la Mitidja séparés par la formation d'El Harrach, sauf dans la partie nord de la coupe où ils sont en contact direct.

Dans la plaine de la Mitidja Est on distingue deux réservoirs aquifères :

- Les alluvions du quaternaire (formation de la Mitidja).
- Les formations gréseuses ou gréso-calcaire de l'Astien.

3.1.1 Carte des résistances transversales (RT)

La résistance transversale dépend de l'épaisseur de la formation et de son faciès. Les valeurs élevées représentent les zones de grandes épaisseurs ou un bon faciès du point de vue hydrodynamique (grès, calcaire, alluvions,...).

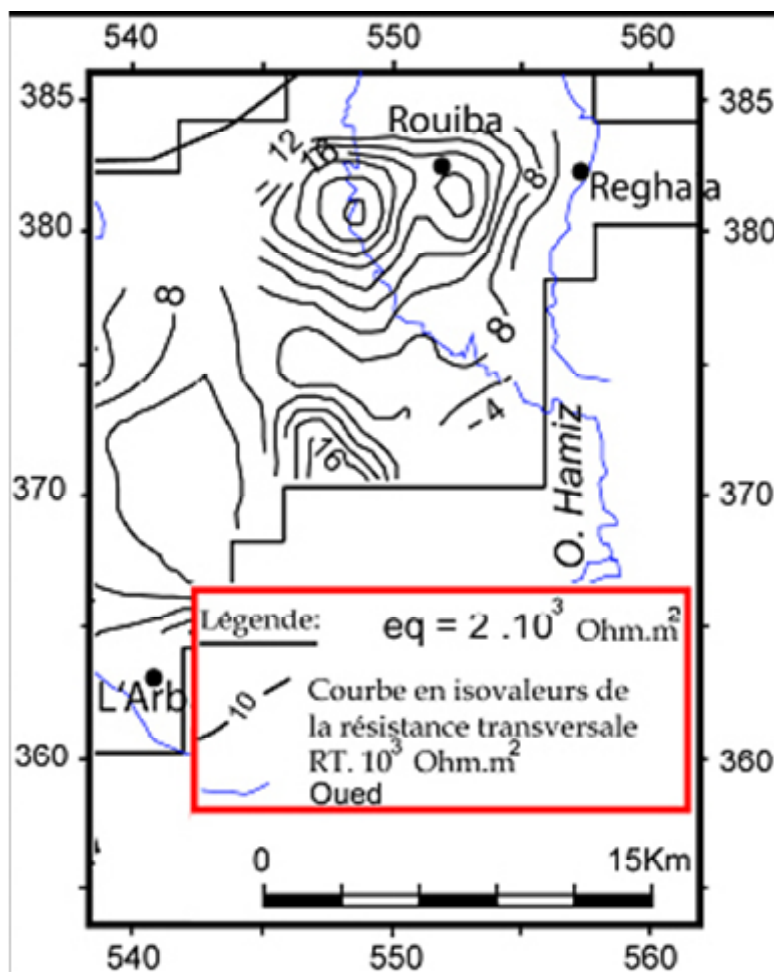


Figure 6 Carte de la résistance transversale correspond aux horizons profonds (Astien+alluvions du quaternaire) (RT) Ohm.m² (CGG, 1969)

On distingue une zone de valeurs élevées au niveau du Hamiz, avec une résistance transversale (RT) qui varie de 4 à $22 \cdot 10^3$ Ohm m².

Les grandes valeurs se surimposent sur l'axe de l'oued Hamiz, ce qui reflète l'importance de la formation aquifère dans la zone.

3.1.2 Les alluvions du quaternaire (formation de la Mitidja)

L'aquifère de la Mitidja est libre et présent dans toute la région. Ou sa limite supérieure est la surface du sol.

Le dépôt alluvial est formé d'alternances de couches à éléments grossiers à granulométrie variable, tel que : graviers, galet, sables, et de couches d'éléments plus fins à teneur en argile variable.

Il constitue l'essentiel de la réserve souterraine de la région. A sa base, on trouvera dans les différents secteurs, soit les marnes du plaisancien, soit la formation argileuse d'EL Harrach, soit les sables argileux et les grès calcaires de l'Astien qui constituent le deuxième aquifère de la plaine de la Mitidja.

Dans la partie Est de la plaine cet aquifère est en continuité hydraulique avec les principales rivières où selon les tronçons ils se produisent soit un drainage de la nappe soit une infiltration vers la nappe, soit un équilibre nappe rivière [14].

3.1.3 Les formations gréseuses ou grésocalcaire de l'Astien

L'aquifère de l'Astien est formé par des calcaires sableux, des grès et des calcaires jaune à faciès récifale, l'épaisseur moyenne est de 100 à 150 m, son toit se trouve généralement à une profondeur de 250 à 300 m, qui affleure parfois dans la Mitidja le long du flanc sud anticlinale du sahel, et au niveau des piémonts de l'Atlas Blidéen, il est séparé par les marnes jaune d'EL Harrach d'âge villafranchien de l'aquifère alluviale.

Du point de vue hydrodynamique l'Astien constitue une nappe captive sauf dans les zones d'affleurement et les zones de contact avec l'alluviale quaternaire dans la majeure partie orientale de la Mitidja à l'Est du Hamiz (proche de Rouïba).

3.1.4 Le substratum des alluvions quaternaires (formation de la Mitidja)

Le bureau d'étude (Binnie & Atkins, 1983) a élaboré une carte du substratum des alluvions quaternaires sur la base des données géologique de sondages mécaniques et appuyés par la géophysique.

Les alluvions de la Mitidja Est sont épaisses et sont présentes sur toute la plaine. L'épaisseur des alluvions atteint en moyenne 100 à 140m avec un maximum de 140m à proximité de Baraki.

La formation de la Mitidja Est voit son épaisseur diminuer en traversant le piémont en direction de son contact avec l'Atlas Blidéen et vers le nord dans la Baie d'Alger.

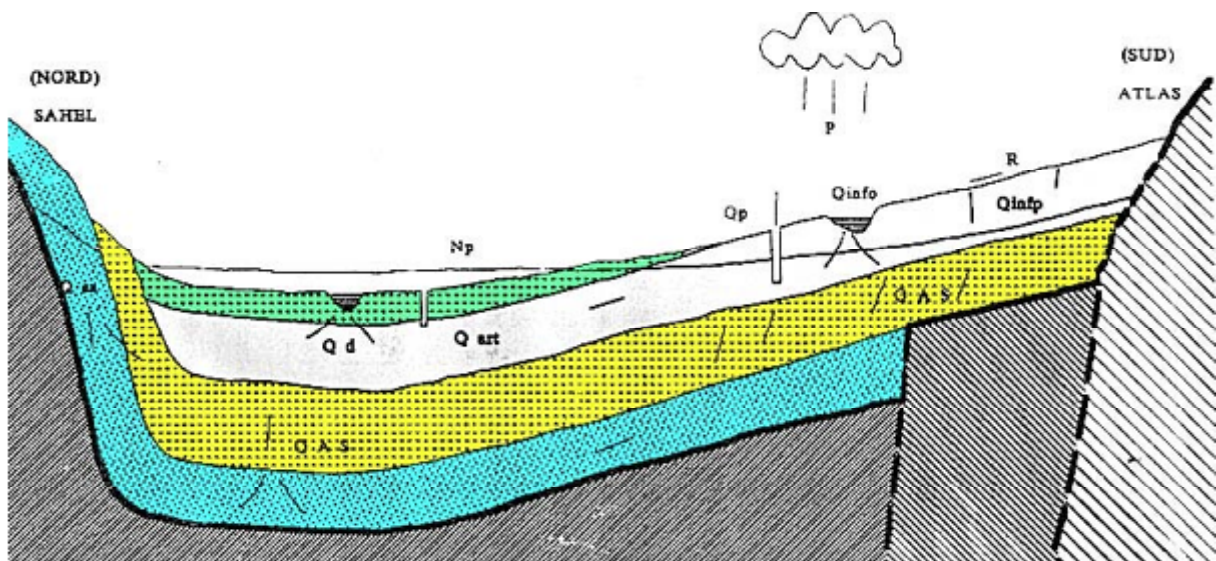
Les variations d'épaisseur de la formation de la Mitidja Est sont principalement dues à un affaissement dans la gouttière et dans une moindre mesure à l'érosion des formations sous-jacentes.

Le fait que la formation se soit déposée dans un simple bassin d'affaissement selon un axe approximativement orienté NE-SW donne une forme relativement uniforme du profil Nord-Sud de la base.

La base de la formation à environ **-140m NGA** au niveau de Baraki et de **+15 à 10m NGA** le long de la baie d'Alger. Elle se caractérise par une brusque montée à plus de **100 m NGA** dans la zone du piémont.

L'affaissement ayant été moins à l'Est autour de Rouïba et à l'ouest, la structure de la formation dans ces régions a été contrôlée par l'érosion, avec une réduction progressive de l'épaisseur de 70m environ à 30m.

3.2 Alimentation des aquifères de la Mitidja



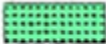




FORMATIONS GEOLOGIQUES	QUALITES AQUIFERES	BILAN DES NAPPES	
		APPORTS	EXHAURES
 Limon gris (Rharbien)	Semi perméable	Q inf p Infiltration des précipitations (Précipitations P. Ruissellement R.)	Prélèvements par pompage
 Sables et graviers (Soltano tensifien)	Très perméable	Q inf O Infiltrations des oueds	Q art Artesianisme
 Marnes jaunes (Villafranchien)	Semi perméable	Q sa Apport du Sahel	Q d drainage des Oueds
 Grés et Sables (Astien)	Perméable		Qf Fuite vers les limons
 Marnes bleues (Plaisancien)	Substratum imperméable	Q as Debit d'échange entre Aquifers Alluvial et Astien NP niveau piézométrique des nappes	Q me Fuite Souterraine vers la mer

Figure 7 Fonctionnement des nappes de la Mitidja (M. Engalenc Géohydrologie 1971)

3.2.1 Astien

- Par infiltration efficace des précipitations (dans les zones où la nappe est libre).
- Il est également alimenté par les nappes alluviales sus-jacentes, par drainance à travers la formation d'El Harrach (présence de passés de sable et de graviers).

3.2.2 Quaternaire

L'aquifère alluvial est alimenté essentiellement par:

- L'infiltration des précipitations,
- L'infiltration à travers des cours d'eau.
- Les écoulements souterrains de l'Astien vers la nappe alluviale à travers la formation d'El Harrach.

3.3 Exutoires des aquifères de la Mitidja

3.3.1 Astien

L'exutoire de l'aquifère est constitué par un flux de drainance ascendant vers la nappe alluviale à travers les passées caillouteuses de la formation d'El Harrach.

3.3.2 Quaternaire

L'exutoire du quaternaire est plus important par rapport à celui de l'astien ; il est assuré par :

- Le drainage des oueds dans leur cours aval (voir figure 10).
- Les fuites souterraines vers la mer.
- Le pompage dans les puits et forages

3.4 Caractéristiques hydrodynamiques

Les paramètres hydrodynamiques sont définis par la transmissivité **T** et le coefficient d'emmagasinement **S** qui sont définies par des essais de pompages.

Aquifères	Transmissivités	Auteurs	Coefficients d'emmagasinement	Auteurs
Astien	10^{-2} à $2,3 \cdot 10^{-2}$	Bennie et Partners (1971)	$5 \cdot 10^{-6}$ à $5 \cdot 10^{-3}$	Bennie et Partners (1980-1981)
	10^{-3} à $3 \cdot 10^{-2}$	Géohydraulique (1980)		
	$1,1 \cdot 10^{-3}$ à $2,2 \cdot 10^{-3}$	Sir MacDonald and Partners 1992		
	$1,7 \cdot 10^{-2}$ à $3 \cdot 10^{-2}$	Toubal, 1998		
Quaternaire	$4 \cdot 10^{-2}$	DEMRRH(1973)	$7 \cdot 10^{-3}$	Bennie et Partners (1971)
	10^{-3} à $5 \cdot 10^{-3}$	Géohydraulique (1980)	$1,7 \cdot 10^{-3}$	DEMRRH(1973)
	$9,2 \cdot 10^{-3}$	Benachou et Benmehla (1993)	$10 \cdot 10^{-3}$	Mancer et Benlamri (1990)
	$9,3 \cdot 10^{-3}$ et $2,9 \cdot 10^{-2}$	Mancer et Benlamri (1990)	$7 \cdot 10^{-3}$	Kara et Mati (1991)
	$1,5 \cdot 10^{-2}$ à $2 \cdot 10^{-2}$	Toubal, 1998		

Tableau 4: Transmissivité et coefficient d'emmagasinement dans la Mitidja

Les valeurs de la transmissivité sont globalement assez bonnes, pour les 2 aquifères, mais parfois variables en raison de la diversité de leur nature lithologique et de leur géométrie.

Les valeurs du coefficient d'emmagasinement varient de $1,7 \cdot 10^{-3}$ à $10 \cdot 10^{-3}$.

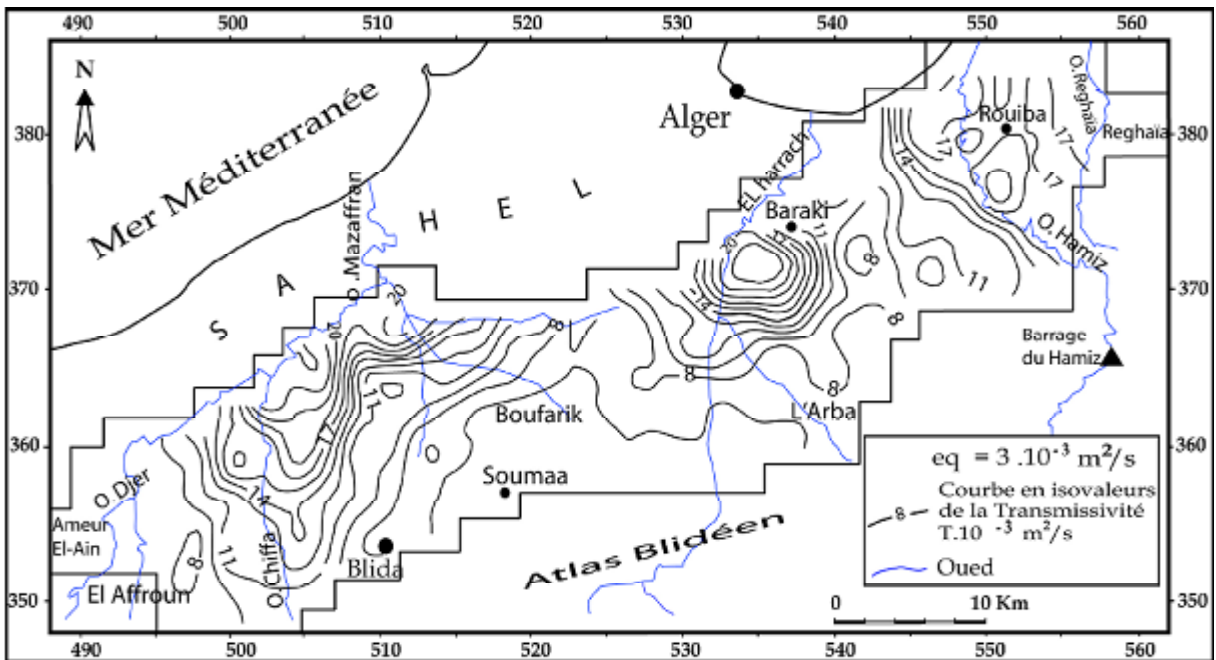


Figure 8 Carte Krigée des Transmissivités de la nappe alluviale de la Mitidja (Toubal, 1998)

3.5 La piézométrie

Sur la carte piézométrique de 1981, on remarque que la variation des surfaces piézométriques indique des gradients d'orientation Nord de l'Atlas vers la mer avec une convergence vers les deux grands et anciens champs captant de Baraki et de Haouch Fellit. On remarque toutefois un rabattement des niveaux piézométriques de 10m autour des champs captant de Baraki.

A l'Est on remarque que les lignes piézométriques sont plus espacées ce qui indique un gradient hydraulique moins élevé.

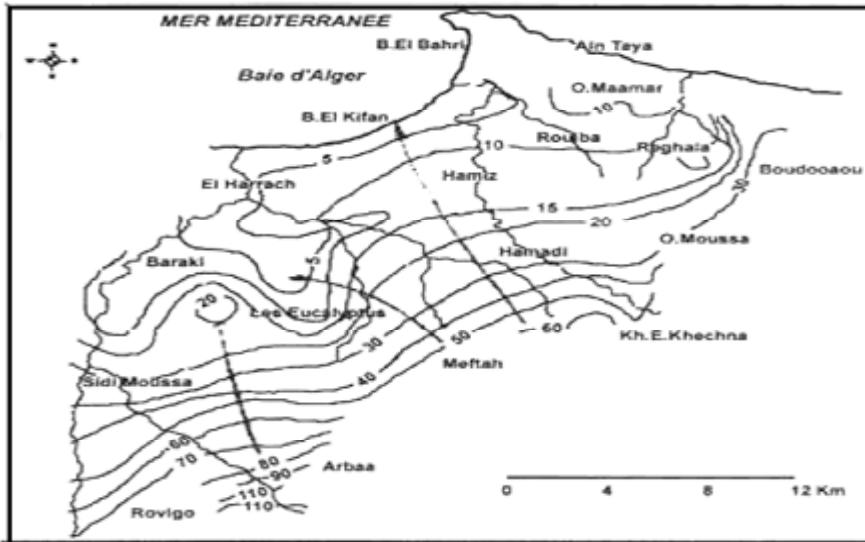


Figure 9 Carte piézométrique de la Mitidja Est (Bennie & Atkins, 1981)

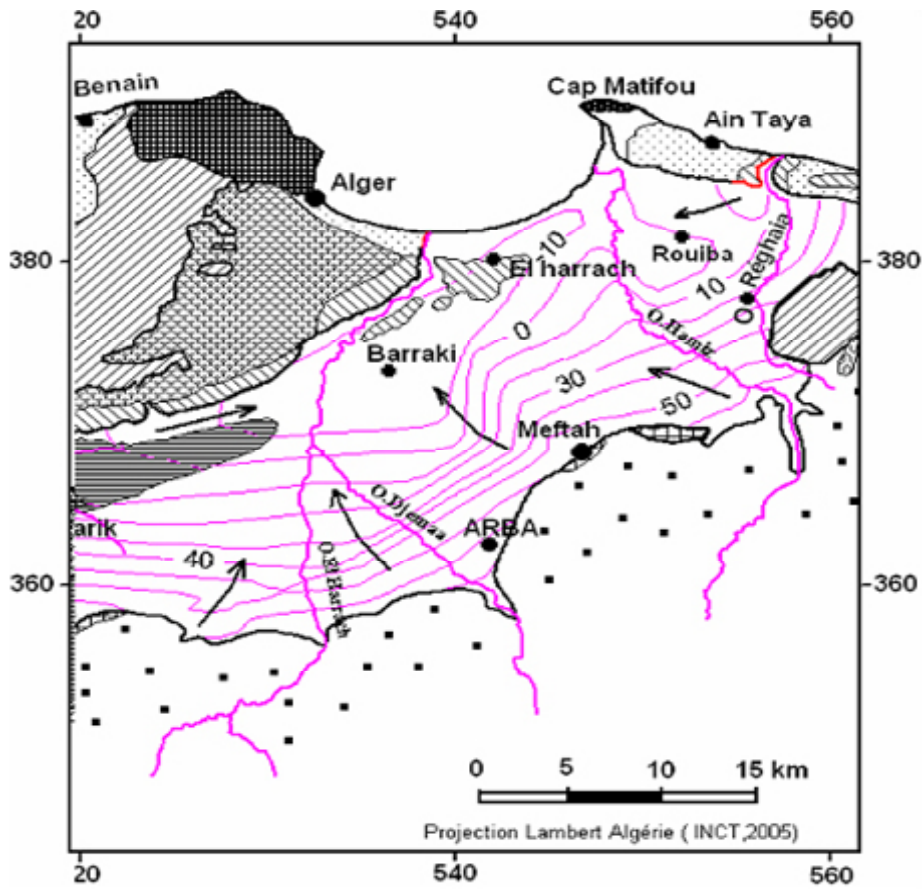


Figure 10 Carte piézométrique de la Mitidja Est (Avril 2004)

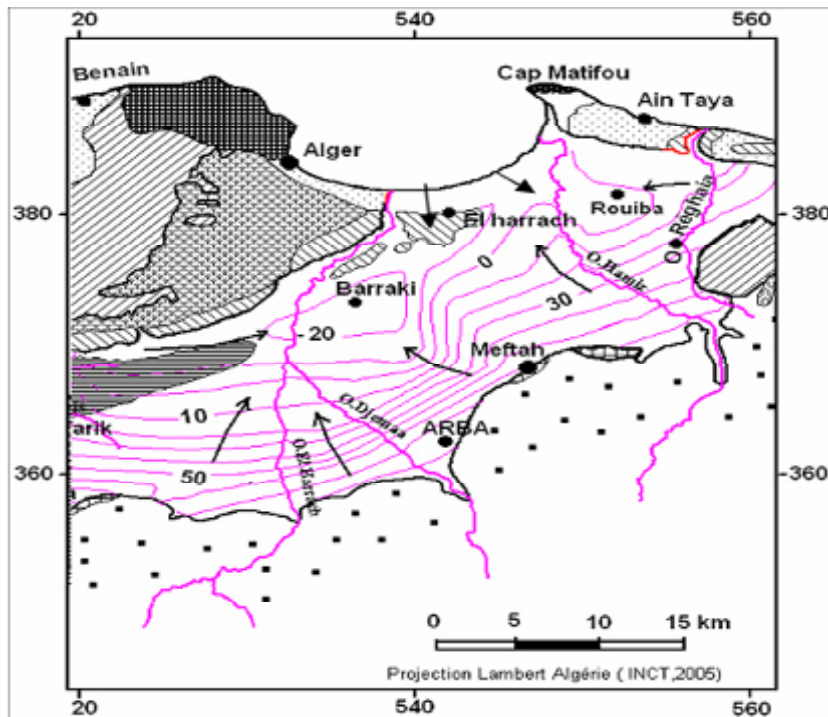


Figure 11 Carte piézométrique de la Mitidja Est (septembre 2004)

Les cartes piézométriques d'Avril et Septembre, 2004, montrent que les eaux de l'aquifère alluvial s'écoulent du Sud vers le Nord. Les gradients hydrauliques diminuent dans les secteurs méridionaux.

Dans la région de Rouiba, El Hamiz et Dar El Baida, les courbes hydro isopièzes sont très espacées, traduisant une zone de très bonne perméabilité confirmée par la lithologie locale et la géométrie de la formation. C'est dans cette région qu'il y a contact des deux aquifères (Astien et la Mitidja).

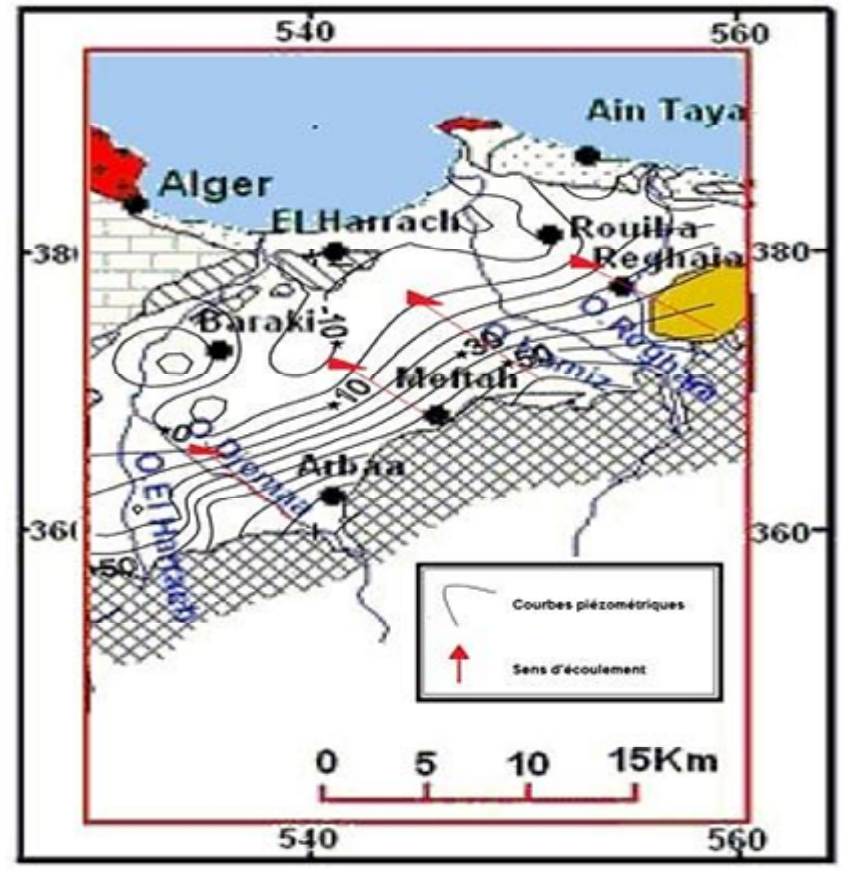


Figure 12 Carte piézométrique de la Mitidja Est (Octobre 2008)

L'analyse de la carte piézométrique de la Mitidja-Est (2008) montre que l'écoulement est dirigé de l'Atlas vers la mer avec des variations du niveau piézométrique allant de 60m au pied de l'Atlas à -10 m au niveau de Oued El Harrach à côté du champ de captage Haouch Fellit.

Les cartes piézométriques montrent que les eaux de l'aquifère alluvial s'écoulent du Sud vers le Nord.

On remarque, dans la partie Sud que des isopièzes sont parallèles à l'Atlas. Ceci suggère une zone de contact hydraulique (zone d'apport). Vers la partie Nord, ces isopièzes s'incurvent pour mettre en évidence la convergence des écoulements vers les principaux exutoires de l'aquifère.

Dans la région de Rouïba, El Hamiz et Dar El Baida, la géométrie des courbes isopièzes confirme les conclusions tirés de la carte piézométrique de 2004 concernant les communications des deux aquifères (Astien et Alluvial).

La comparaison des différentes cartes piézométriques, montre que le niveau piézométrique de la nappe alluviale a accusé une baisse très importante liée à la surexploitation de la nappe au niveau des champs captage et à la sécheresse qu'a connue la région.

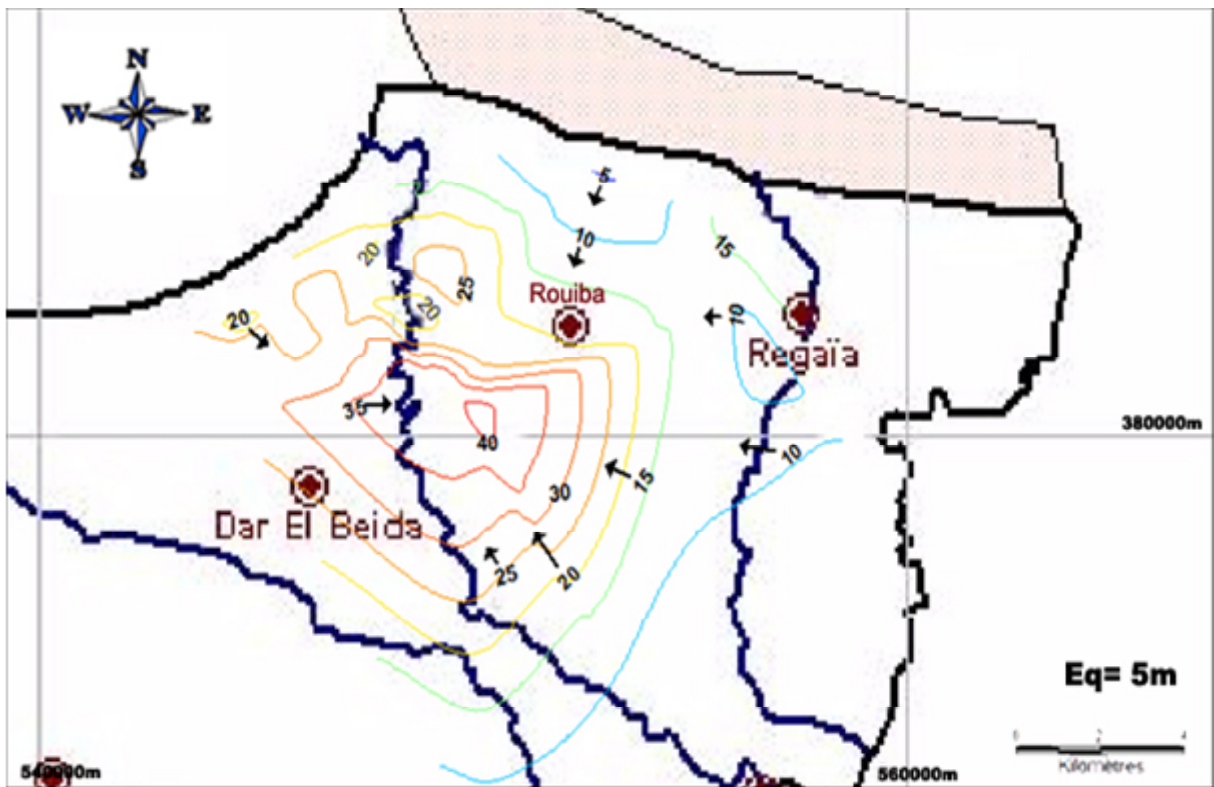


Figure 13 carte piézométrique d'Alger Est (avril 2010)

La carte piézométrique d'Avril 2010 élaborée à l'aide de vertical mapper (mapInfo) sur la base de données piézométriques fournis par l'ANRH de Blida montre que :

La forme incurvée des lignes isopièzes met en évidence la convergence des écoulements vers les principaux exutoires de la zone d'étude (champs de captage de Hamiz & Bouriah), avec un gradient hydraulique de $6,11 \cdot 10^{-3}$ pour la partie sud avec un sens d'écoulement sud-nord et un gradient hydraulique plus élevé $1,76 \cdot 10^{-2}$ dans la partie sud de Rouïba en arrivant vers le champ de captage avec un sens d'écoulement nord-sud.

La baisse des niveaux statiques au niveau du piézomètre « PZ1 Hamiz » entre avril 2006 et avril 2010 a été de **2,75m**. (Annexe 3)

On distingue une forte tendance de rabattement vers les zones de captage d'où leurs influence sur le sens des écoulements de la nappe.

3.5.1 Variations du niveau piézométrique (1970-2008):

L'étude de la variation du niveau piézométrique réalisée par Sogreah en 2008 pour la période 1970-2008 a abouti à la réalisation de la figure suivante :

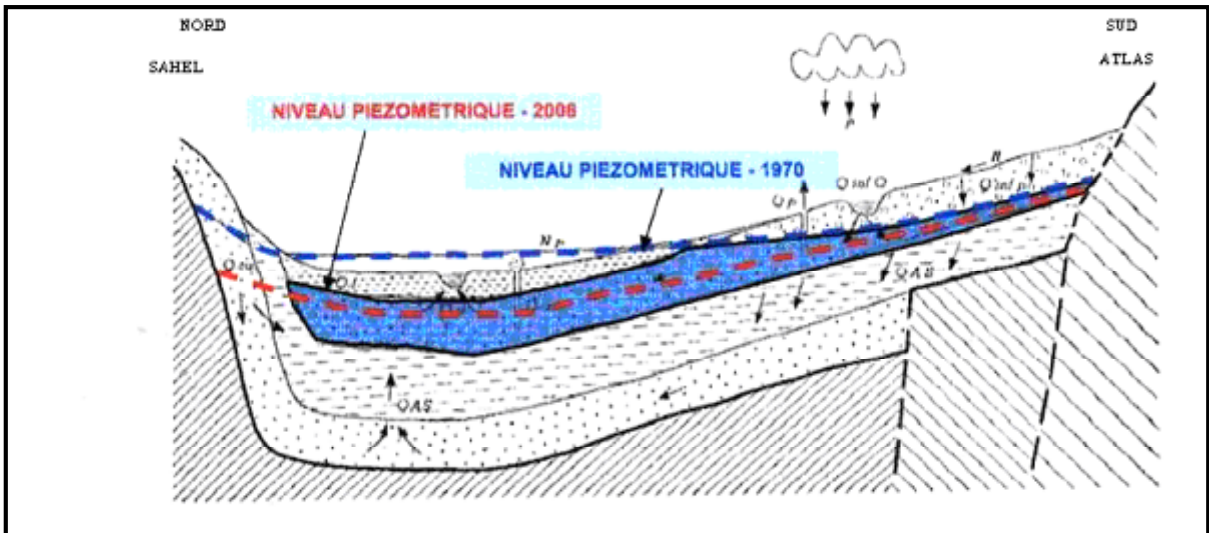


Figure 14 Variation du niveau piézométrique entre 1970-2008 (source : ressources en eaux souterraines de la Mitidja, analyse diagnostic hydrogéologique R2 HYDROGEO VF, Mai 2009)

Cette étude a mis en évidence un abaissement considérable du niveau piézométrique de la nappe.

Variation des teneurs en nitrates

Chapitre III : Variation des teneurs en nitrates

3.1 Introduction

La détermination des nitrates est délicate par existence de constituant interférant. Pour chaque type d'échantillon, le choix de la méthode est déterminé par la concentration à doser et les interférences probables. Ces mesures ont été réalisées grâce à des méthodes de dosage comme la chromatographie ionique, applicable aux teneurs supérieures à 1mg/l, la réduction au cadmium de 0.01 à 1mg/l en azote et la méthode par flux continu. Cette dernière méthode est celle préconisée par le laboratoire central de la SEAAL (Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger), et de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) pour la détermination analytique des nitrates dans l'eau.

Les prélèvements des échantillons se font dans des flacons en verre ou en polyéthylène. Le dosage est effectué dans les meilleurs délais (les prélèvements sont conservés à +4°C).

3.2 Variation des nitrates dans le temps

Les variations des teneurs en nitrates dans la région d'Alger-Est a pu être suivie et relevée par les services de l'ANRH au niveau de cinq(5) piézomètres sur une période allant de 1985 à 2006.

L'absence de données plus récentes au niveau des piézomètres représentés ci-dessous est dû à l'abandon et la condamnation de ces derniers suite à leur état de dégradation.

Les concentrations sont représentées sous forme d'histogramme pour chaque piézomètre.

Les graphiques représentent les teneurs en nitrates au niveau de cinq (05) piézomètres sur une période de temps allant jusqu'à 20 ans avec en moyenne deux (02) mesures par ans, l'une en période de hautes eaux à la fin de l'hiver et l'autre en période de basses eaux à la fin de l'été.

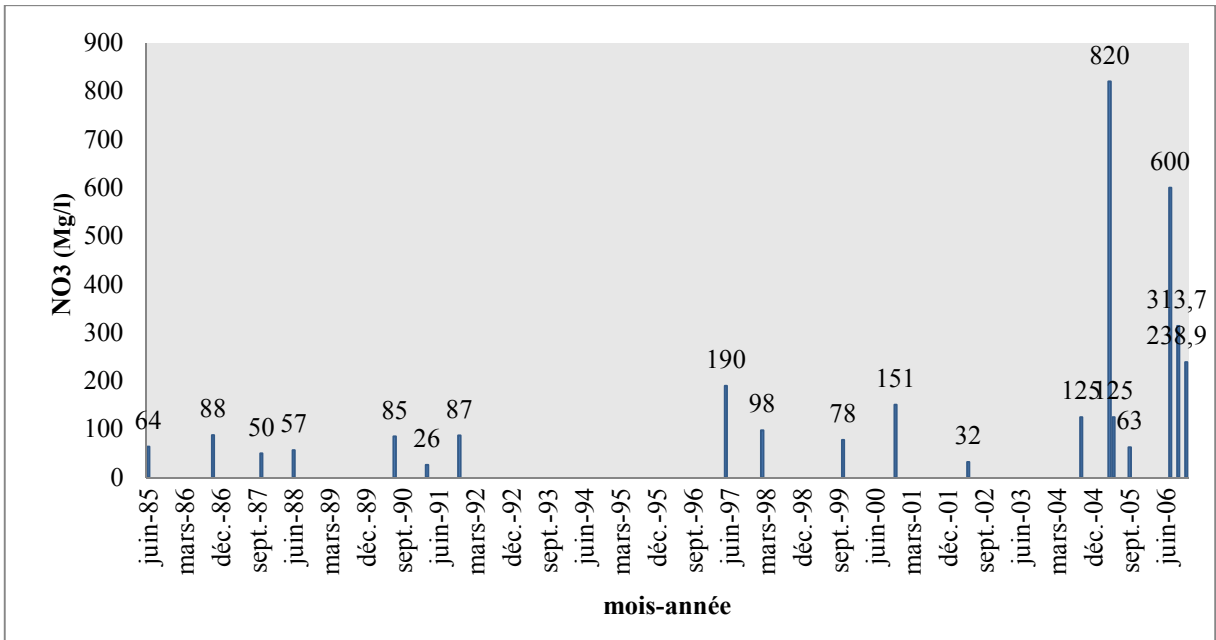


Figure 15 Evolution de la concentration des nitrates P5 / 21 Sud Ain Taya (source : ANRH)

Au niveau du piézomètre **P5 situé au sud de AIN Taya** on remarque des concentrations en nitrates entre 1985 et 1992 allons de 50 mg/l en décembre 1988 à 88mg/l en octobre 1986 avec un minimum de 26 mg/l en mars 1991, après une période sans données, les mesures ont repris en 1997 avec une valeur max de 190mg/l en mai 1997 qui descend à 32mg/l en mai 2002.

Les teneurs en nitrates enregistrées entre 1985 et 2004 correspondent à une pollution de type diffuse et chronique ce qui conforte la thèse d'une pollution d'origine agricole due à l'épandage d'engrais sur des surfaces agricoles saison après saison.

Des records de concentrations ont été atteints à partir de septembre 2004 avec un maximum mesuré de 820mg/l en avril 2005, 600mg/l 313,7 mg/l et 238,9mg/l respectivement pour les mois de juillet septembre et novembre de l'année 2006. Ces teneurs élevées peuvent résulter d'une pollution accidentelle et ponctuelle tel que les rejets d'élevage (voir tableaux 09 et 10) diluée cependant par des apports d'eau.

Au niveau de la commune d'Ain taya on trouve **506,81ha irriguée**, les principales cultures pratiquées sont des cultures maraîchères gourmandes en eaux ainsi que des fertilisants.

Variation des teneurs en nitrates

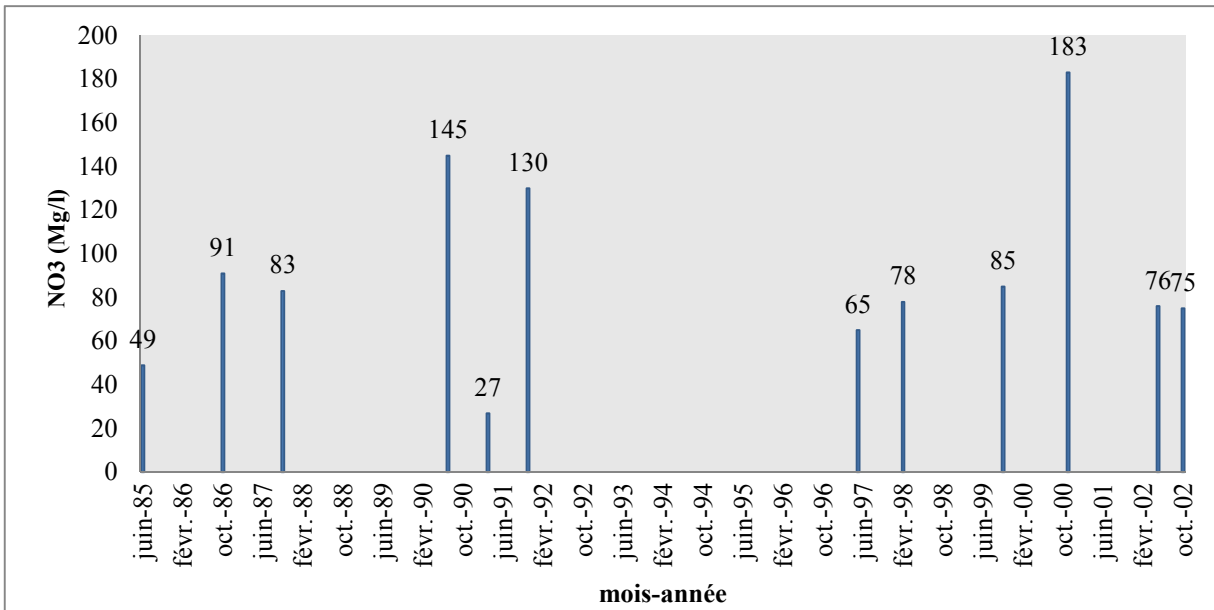


Figure 16 Evolution de la concentration des nitrates P200 / 21 Reghaia (source : ANRH)

Pour le piézomètre P200 situé à Reghaia sont entre 49mg/l et 85mg/l avec des pics a 145mg/l et 130mg/l en juillet 1990 et novembre 1991 et aussi une valeur maximale de 183mg/l en novembre 2000.

On remarque que les 3 (trois) valeurs les plus élevées correspondent à des niveaux piézométriques de plus de 13m en juillet, 12,7m en novembre 1990 et 14m en novembre 2000, pouvant être expliqué par l'infiltration des eaux excédentaires de l'irrigation chargées en nitrates mais peu diluées dans la nappe à cause des périodes de sécheresses (voir figure20).

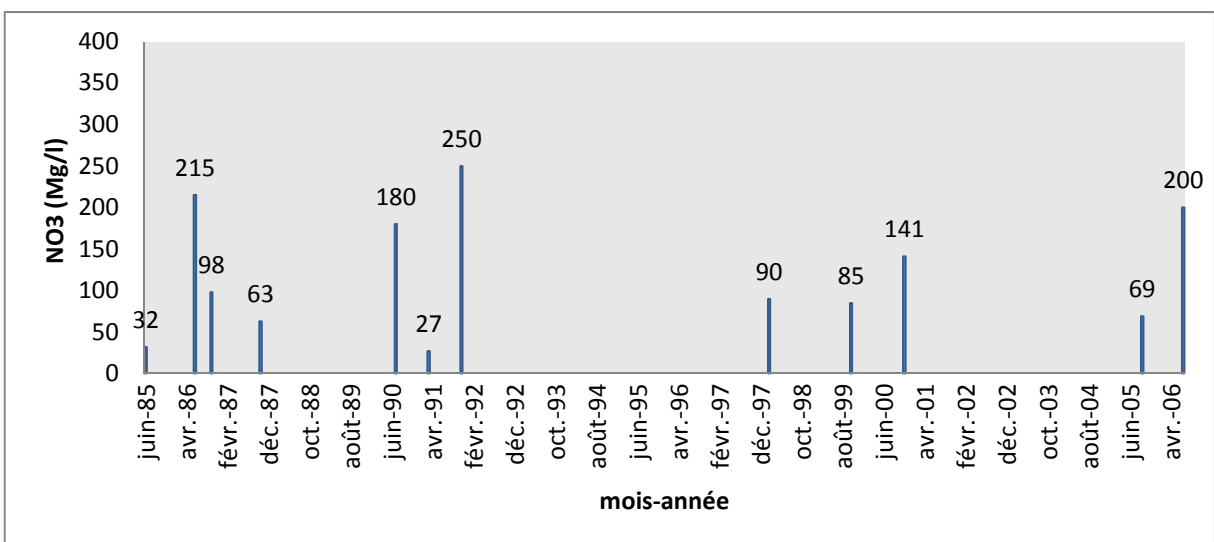


Figure 17 Evolution de la concentration des nitrates P346 / 21 Nord Reghaia (source : ANRH)

Variation des teneurs en nitrates

Au niveau du piézomètre P346 situé au nord de Reghaia les mesures ont montré des teneurs tous supérieures à 50 mg/l sauf pour deux d'entre elles avec un maximum de 250 mg/l en novembre 1991.

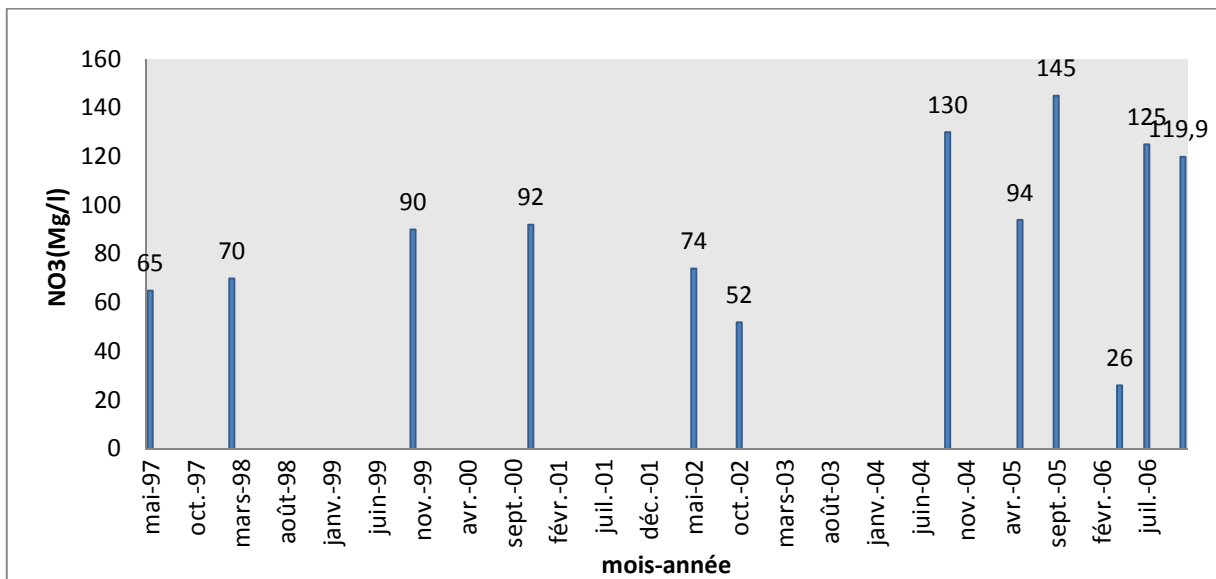


Figure 18 Evolution de la concentration des nitrates P894/21 Nord Reghaia (source : ANRH)

Au piézomètre **P894 situé au nord de Reghaia** on observe une tendance à la hausse de 1997 à 2000 avec 92mg/l en novembre 2000 avec une baisse juste après pour repartir sur des valeurs beaucoup plus élevées de 2004 à 2006 avec pour maximum 145mg/l en septembre 2005.

Au niveau des piézomètres situés au nord de Réghaia (P346 et P894) la plus grande partie des teneurs trouvées sont supérieures à 50mg/l et varient progressivement, ce qui peut indiquer que l'origine de la pollution soit agricole.

La surface agricole totale de la commune de Réghaia est de **1457,96 ha** (50% de la surface de la commune).

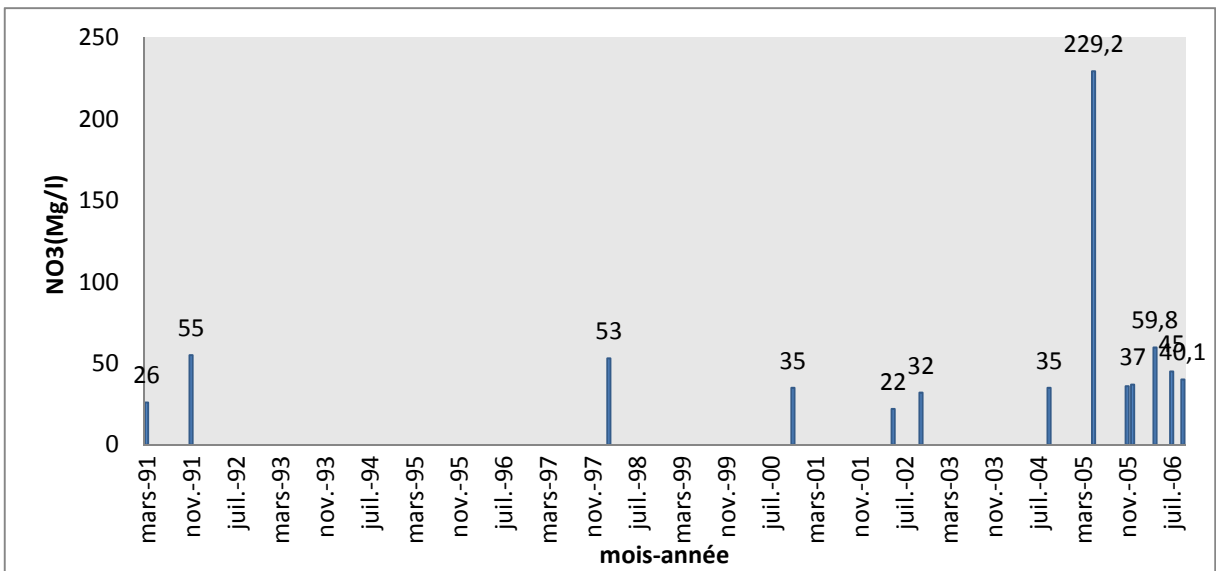


Figure 19 Evolution de la concentration des nitrates P417 / 21 Sud Reghaia (source : ANRH)

Pour le piézomètre **P417** situé au sud de Reghaia, on constate des concentrations en nitrates variant de 22mg/l à 60mg/l sur toute la période de 1991 à 2006 avec un pic exceptionnel de **229,2mg/l en mai 2005**.

Les teneurs mesurées peuvent avoir pour origine la densité socio-économique de la zone, vue que le développement du tissu urbain et industrielle de la commune se situent principalement au centre et au sud-ouest de celle-ci, avec la présence de la zone industrielle (voir figure 27).

3.3 Variation des taux de nitrates et le niveau piézométrique en deux piézomètres

La fluctuation annuel et inter saisonnière du niveau piézométrique aide à rincer les particules de la zone non saturée.

Variation des teneurs en nitrates

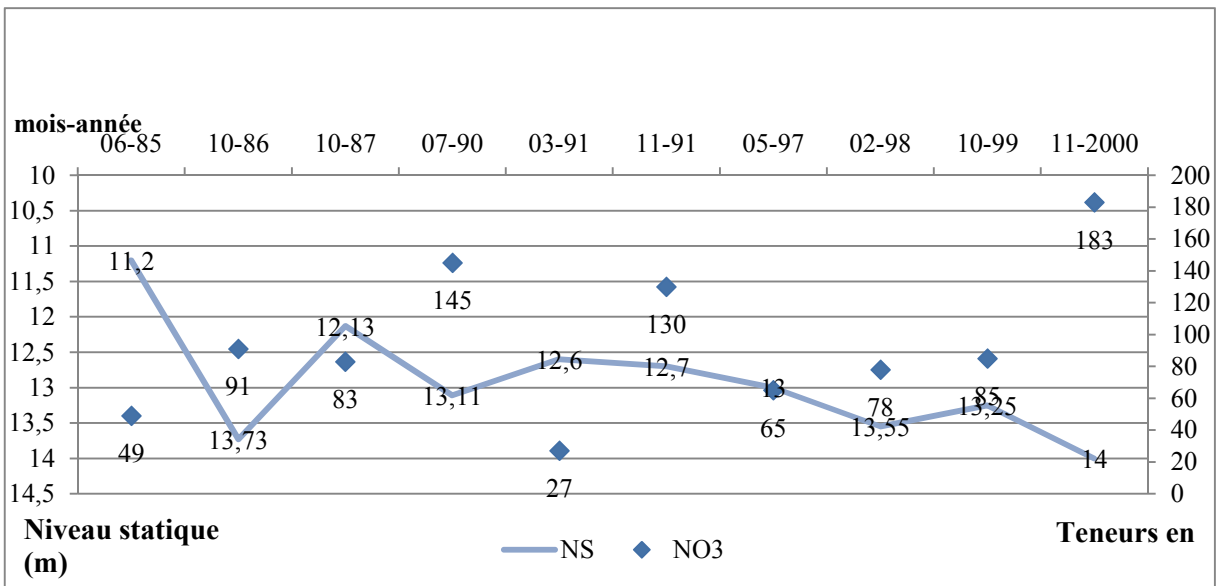


Figure 20 variation des teneurs en NO3 et niveau statique P200/21 Nord Reghaia

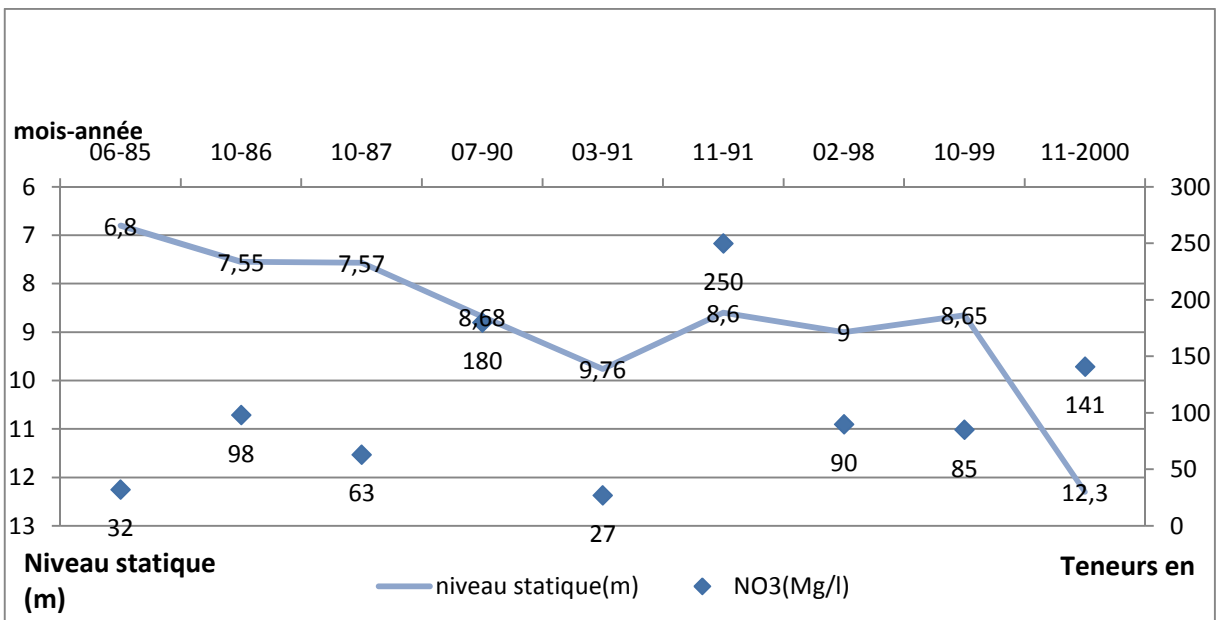


Figure 21 variation des teneurs en NO3 et niveau statique P346/21 Nord Reghaia

La confrontation entre les fluctuations des teneurs en nitrates des eaux souterraines et celles des niveaux piézométriques montre cependant qu'il n'y a pas une réelle corrélation entre les teneurs en nitrates et la piézométrie. Sachant que. La pluviométrie, l'irrigation et la fluctuation piézométrique ainsi que la nature du sol peuvent être des facteurs aggravants pour une contamination au nitrate.

3.4 Variation des nitrates dans l'espace

Les teneurs en nitrates sont hétérogènes à l'échelle de la nappe, elles sont directement liées au contexte hydrogéologique local et à l'occupation du sol.

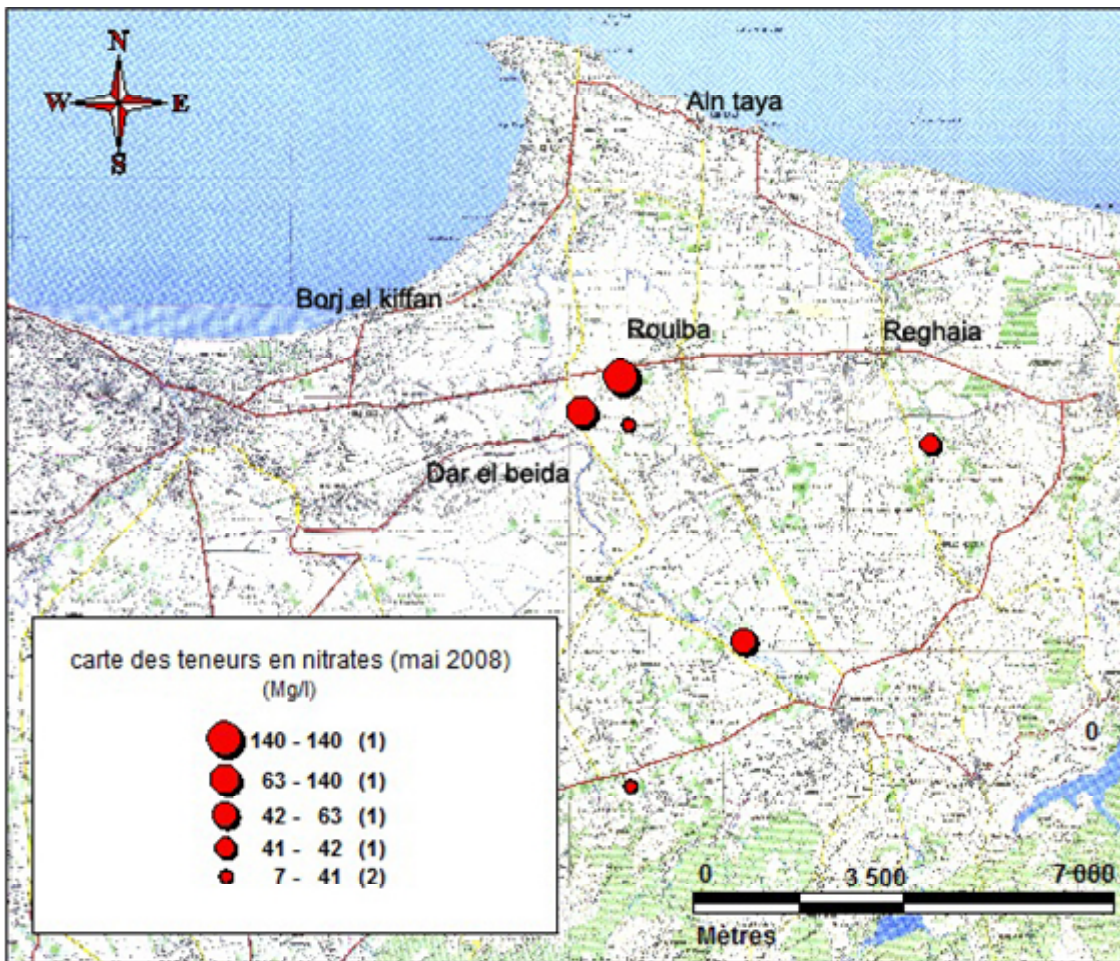


Figure 22 : Carte des teneurs en nitrates (Mai 2008)

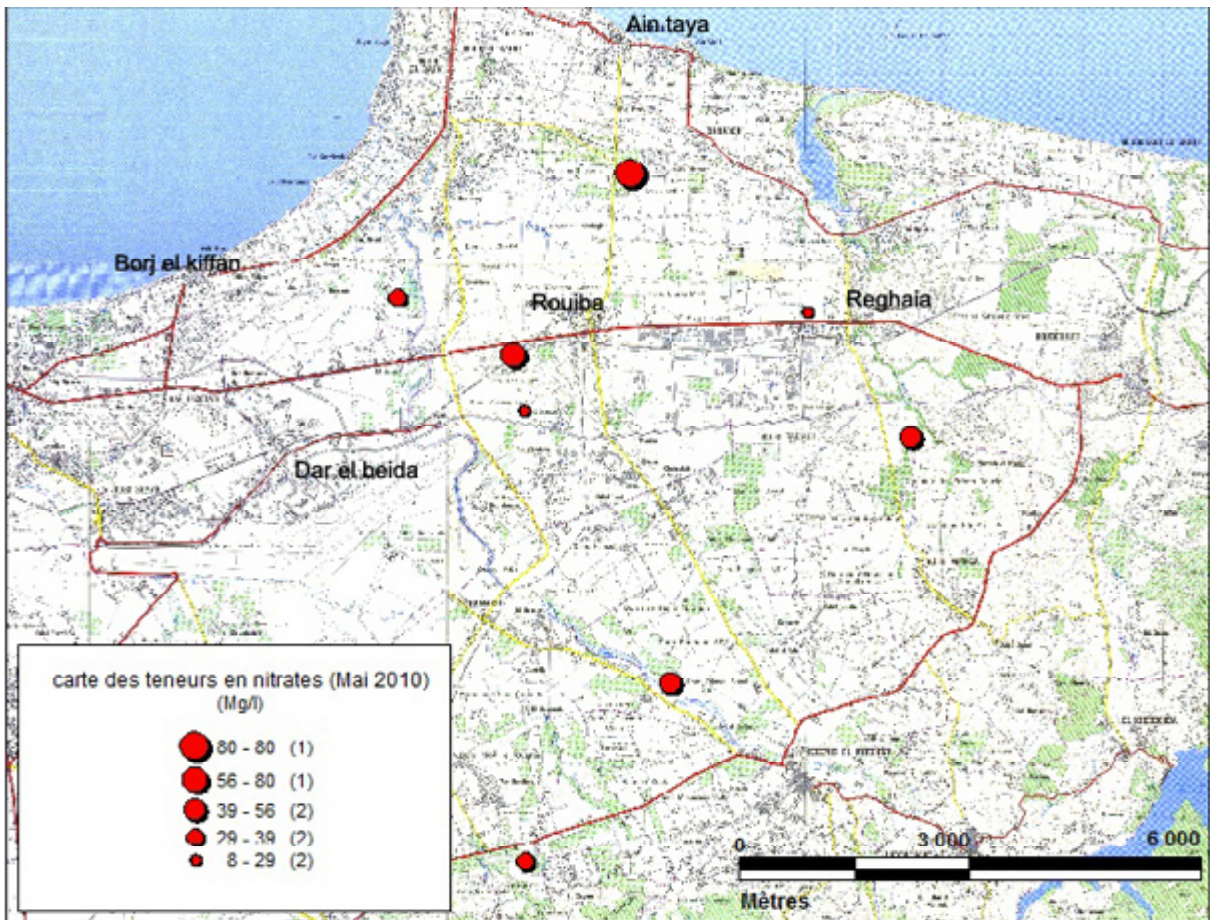


Figure 23 : Carte des teneurs en nitrates (Mai 2010)

Les cartes de **Mai 2008** et **Mai 2010** montre que les teneurs les plus élevées en nitrates sont celle situées le plus au nord vers **Rouïba et Ain taya** avec des concentrations allant jusqu'à 140mg/l en mai 2008 et 80mg/l en mai 2010.

Ces teneurs pourraient correspondre à la présence d'une forte activité industrielle dans la région due à l'implantation de la **zone industrielle Rouiba-Reghaia** mais aussi la présence de **632,62ha** de surfaces agricoles dans la commune de Ain taya dont **83,31 % (506,81ha)** sont irriguées avec comme cultures pratiquées des cultures maraîchères (pommes de terres-tomates- haricots verts- poivrons- carottes- navets- choux fleurs- fèves vertes- petits pois-salades- épinards- aubergines- courgettes- oignons).

La partie sud de la zone d'étude est caractérisée par des teneurs en nitrates relativement faibles compris entre **8à40mg/l en mai 2010** et **7à63mg/l en mai 2008**.

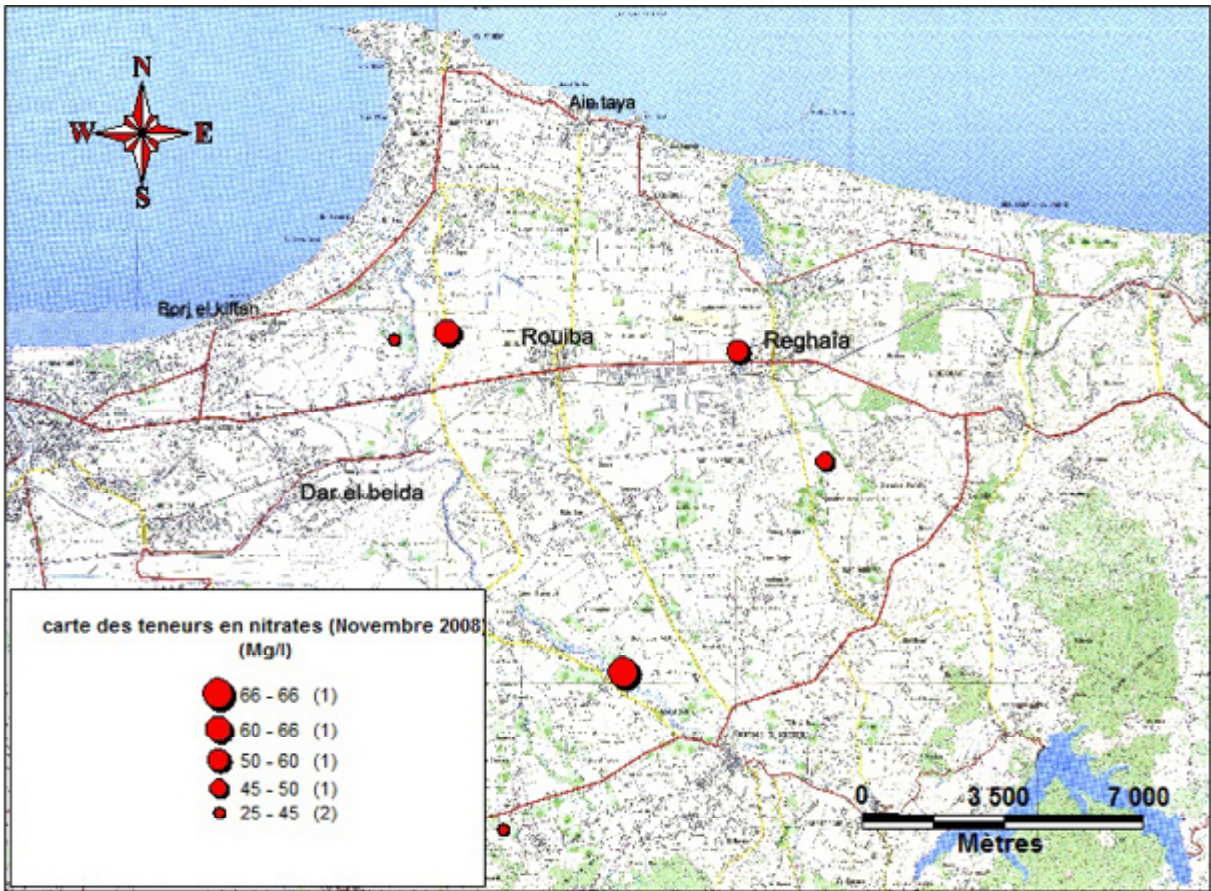


Figure 24: Carte des teneurs en nitrates (novembre 2008)

Sur la carte des teneurs en nitrates de **novembre 2008** les concentrations en nitrates sont relativement faibles, avec un **maximum de 66mg/l**, comparer aux valeurs observer en periode de hautes eaux (compagne d’avril-mai).

Les précipitations jouent un rôle dans le lessivage des sols agricoles ce qui influe sur les teneurs en nitrates dans l’aquifère. Par ailleurs, l’autre facteur qui entre en jeu est l’irrigation qui est majoritairement gravitaire dans la région avec des eaux qui arrive à la nappe fortement concentré en azote (Voir tableau 6).

Les cartes montrent des teneurs en nitrates inférieures près des zones urbaines que dans des zones agricoles, indiquant ainsi que l’urbanisation et l’industrie ont un l’impact moins fort que celui de l’agriculture sur les teneurs en nitrates dans la nappe.

**Sources de la pollution
des nappes de la Mitidja
Est**

4.1.1 Les superficies agricoles

Malgré la présence de zone industrielle, la région d'Alger Est reste une zone à vocation agricole. Les périmètres irrigués y sont repartis en deux secteurs :

Grande hydraulique

Le périmètre du Hamiz s'étend sur les trois wilayates de Boumerdes, Alger et Blida. Il couvre une superficie géographique de 18000 hectares et est alimenté:

- gravitairement par le barrage du Hamiz,
- par pompage à partir du Marais de Réghaia et de la nappe de Bouréah.

Petite et moyenne hydraulique

L'arboriculture et le maraîchage représentent l'essentiel des cultures développées sous ce système d'irrigation. Dans la wilaya d'Alger, le maraîchage occupe la plus grande superficie (57,1% des surfaces irriguées).

Wilaya	Irrigué (ha)	Maraîchage	Arboriculture	Autre
Alger	14.106	57,1	39,8	3,1

Tableau 5 types de cultures dans la wilaya d'Alger

Wilaya	Irrigué (ha)	Gravitaire(%)	Aspersion(%)	Goutte à Goutte(%)
Alger	14.106	94,2	3,2	2,6

Tableau 6 types d'irrigation dans la wilaya d'Alger

L'irrigation gravitaire représente le mode d'irrigation le plus utilisé dans la région, c'est aussi celui qui permet l'infiltration d'un plus grand volume d'eau excédentaire.

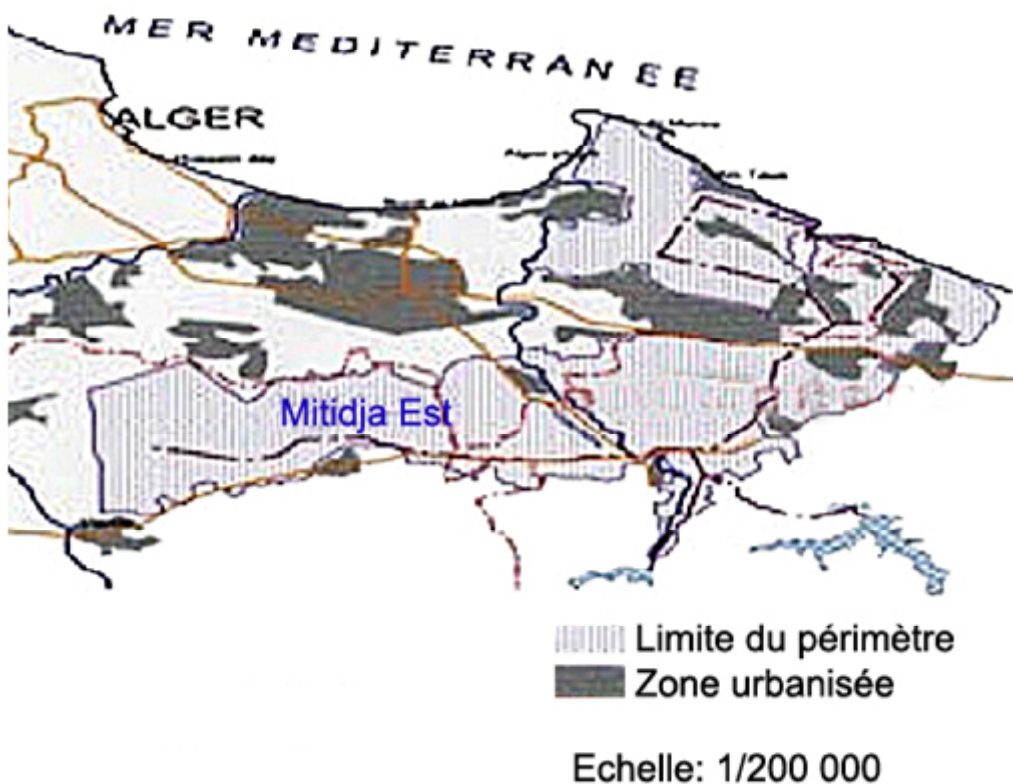


Figure 26 périmètre irrigué du Hamiz

Commune de Bordj El Bahri : La surface agricole totale (SAT) de la commune est de 364.91 ha et la surface agricole utile (SAU) est de **263.64 ha** dont 74.16 en sec et 189.48 ha en irriguée, répartie en 24 exploitations agricoles collectives (EAC) et une exploitation agricole individuelle (EAI).

Commune d'El-marsa: Superficie de la commune : 394 ha dont : **163,5 ha** Secteur agricole

Commune de Ain Taya : La surface agricole totale (SAT) est 632,62 ha et la surface agricole utile (SAU) est de **609,61ha** dont (**83,31 %**) **506,81ha irriguée**, les principales cultures pratiquées sont des cultures maraîchères (pommes de terres- tomates- haricots verts- poivrons- carottes...).

Commune de Heuraoua: Le secteur agricole couvre le territoire compris entre la limite communale et le périmètre urbain, sa superficie est de 729.68 ha, ce qui correspond à 60% de la surface communale. Ce qui rend la commune de Heraoua l'une des communes à vocation agricole où les cultures maraîchères sont les plus dominantes suivit par l'arboriculture, pour

laisser une superficie restreinte partagée entre la culture céréalière, fourragère et la plasti-culture.

Commune de Réghaia : La commune de Réghaia présente aujourd’hui deux principaux types d’occupation :

- Un premier au centre, au Sud et Sud ouest de la commune représentant le tissu urbain.
- Un deuxième se situant de la part et d’autre de ces tissus urbains représentant les terres agricoles.

La zone agricole occupe une grande superficie avec une SAT de l’ordre 1457,96 ha, ce qui correspond à 50 % de la surface totale de la commune.

La culture pratiquée s’oriente essentiellement vers les maraîchages, agrumes, céréales fourrages et la culture sous serres.

Commune de Bordj El Kiffan: Dans la commune, il existe neuf (09) EAI.

La plupart des EAC et EAI pratique les cultures suivantes :

- Arboricultures sur 38.25 ha
- Maraîchage sur 515 ha
- Grandes cultures tel que : Orges, Blé tendre et blé dur sur 100 ha.

Avec un mode d’irrigation traditionnelle « rigole » drainé à partir des forages et puits se trouvant à l’intérieur de la commune.

4.1.2 La Fertilisation:

Les taux d'application de nitrates d'ammonium pratiqués en vue de couvrir les besoin nutritifs des cultures selon Bennies et Atkins, 1983 sont :

Cultures	Quantités
Cultures maraîchères	4quintaux/ha (400unités/ha)
Légumes sec	2quintaux/ha (200unités/ha)
Agrumes	10quintaux/ha (1000unités/ha)
Autres arbres fruités	5quintaux/ha (500unités/ha)
Vignobles	3quintaux/ha (300unités/ha)
Céréales	2quintaux/ha (200unités/ha)
Fourrages	1 quintaux/ha (100unités/ha)

Tableau 7 Quantités d’engrais utilisées dans les différentes cultures

4.1.2.1 Consommation Nationale d'engrais chimiques

Les Engrais agricoles les plus utilisés en Algérie sont par ordre décroissant des quantités consommées:

1. N-P-K (12-18-1)
2. Urée (46%)
3. T-S-P Super phosphate
1. 4.P-K (0-20-25)
4. Ammonitrate (33,5%)
5. Sulfate d'Ammonium (21%)
6. Sulfate de Potassium (50%)
7. Oligoéléments

4.1.2.2 Consommation d'engrais chimiques dans la Mitidja

Les engrais chimiques les plus consommées dans la Mitidja sont :

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

Les quantités d'engrais consommées au niveau de la wilaya d'Alger sur trois(03) années 2005 2006 et 2007.

année	Sulfate d'ammonium 21% (tonnes)	N-P-K 12% (tonnes)	Urée 46% (tonnes)
2005	00	250	00
2006	59,3	480	140
2007	154,1	520	376,4

Tableau 8 engrais consommés au niveau de la wilaya d'Alger [25]

On note une augmentation de la consommation d'engrais pour Alger.

Les quantités d'azote épandues à l'hectare dans la wilaya d'Alger ont été évaluées à **7,74 Kg N/hectare/an.**

4.1.3 Les apports en azote d'origine animale

Parallèlement à la fertilisation par les engrais minéraux ou organiques, il existe un apport direct par les animaux élevés en plein air (bovins, ovins, caprins, volailles).

Communes	Type	Effectifs
Réghaia	Bovin	690 têtes
	Ovin	2048 têtes
	Caprin	230 têtes
	Aviculture	10500 sujets
	Apiculture	0 ruche
Heraoua	Bovin	440 têtes
	Ovin	495 têtes
	Caprin	51 têtes
	Aviculture	26000 sujets
	Apiculture	115 ruches

Tableau 9 effectif d'animaux dans les communes de Reghaia et Heraoua [30]

En plus des surfaces agricoles, les deux communes de Reghaia et Heraoua abritent un important effectif d'animaux d'élevage.

L'étude menée en 2008 par le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural sur les apports en azote d'origine agricole dans la Mitidja détermine 12331 tonnes /an comme charge anthropique. Elle évalue les apports d'azote à partir de l'élevage à **5162,9 tonnes**. Il apparaît que ces charges sont comparables à celles apportées par les engrais chimiques (2/5 pour 3/5).

Origine de l'azote	Azote (tonnes/an)	Pourcentage (%)
Engrais	7168,1	58,13%
Elevage	5162,9	41,87%
Total	12331	100%

Tableau 10 Comparaison des apports en azote dans la Mitidja 2008

Ces observations montrent que la majeure partie des nitrates a une origine agricole représentée par la fertilisation et l'élevage.

Une partie des nitrates issus des effluents agricoles, d'origine synthétique ou animale, atteint la nappe par lessivage, une autre partie se déverse dans les oueds et tout en s'infiltrant, elle affecte des zones de plus en plus méridionales et éventuellement fini par rejoindre le lac de Reghaia.

4.2 Activité industrielle dans Alger Est

La zone industrielle Rouiba-Reghaia est située dans les communes de Rouïba et Réghaia et occupe une superficie de 1000 ha, regroupe plus de **200** unités industrielles appartenant aux secteurs public et privé.

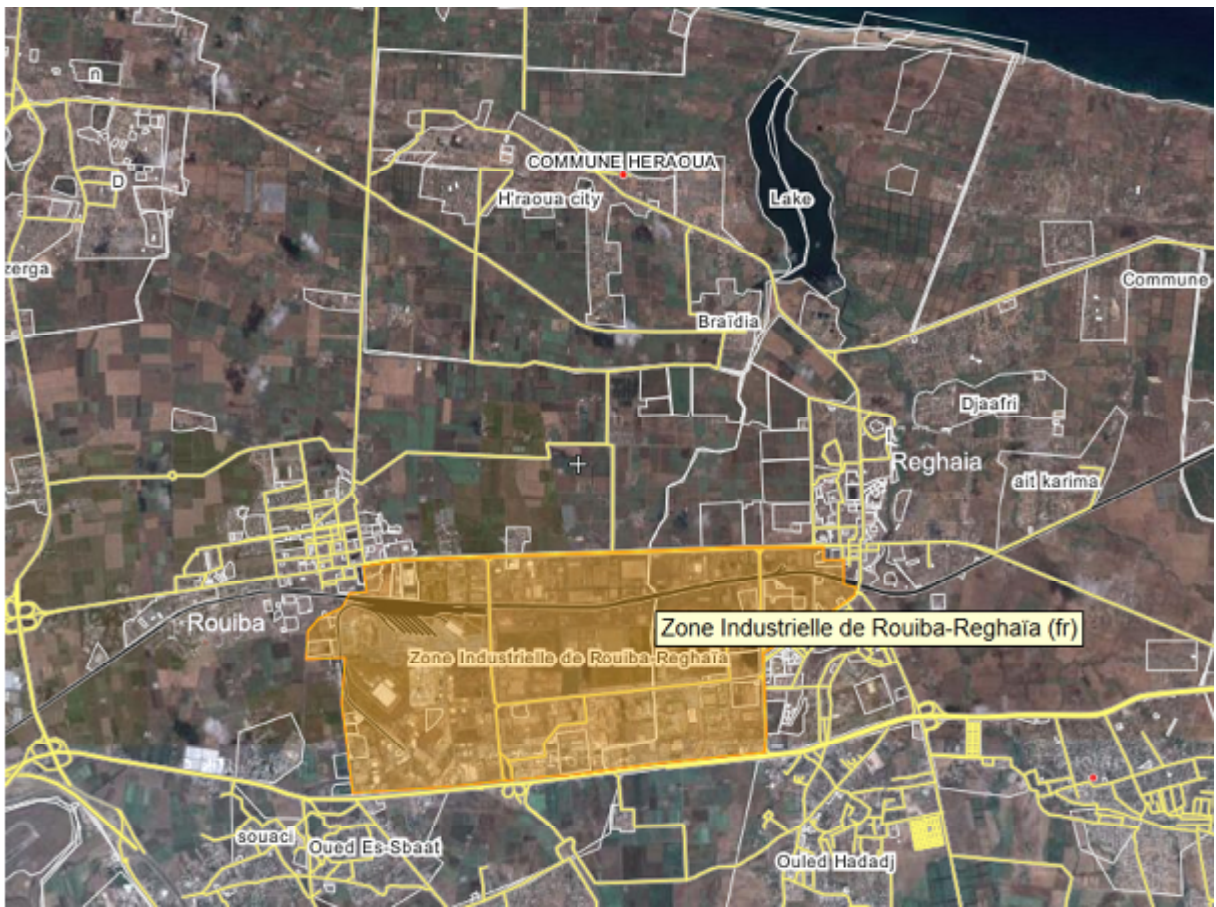


Figure 27 situation géographique de la zone industrielle Rouiba-Reghaia

Les principales branches d'activité implantées, dans cette zone industrielle, sont :
Les industries mécaniques, électriques, métalliques, chimiques, textiles, agro-alimentaires, bâtiment et travaux publics et produits pharmaceutiques.

Les eaux usées industrielles et les eaux pluviales sont évacuées par un réseau d'assainissement, constitué de buses pour les eaux industrielles et d'un caniveau à ciel ouvert pour les eaux pluviales mais certaines unités industrielles y sont branchées.

Les milieux récepteurs des eaux usées et pluviales au niveau de cette zone sont :

- Oueds Bouréah et El Biar,
- Station d'épuration de Réghaia
- Marais de Réghaia.

Commune	Agro-alimentaire	matériaux de construction	Transformation des Métaux	Cuir et textile	Maintenance et réparation	Autres Activités de promotion	Autres Activités de service
Rouïba	38	33	58	37	0	71	0
Heraoua	10	2	9	7	0	21	0
Réghaia	22	11	38	34	0	28	2
Total daïra	70	46	105	78	0	120	2
Total wilaya	1298	318	1607	1913	34	1888	96

Tableau 11 Répartition du nombre d'unités industrielles par activité en 2003 [31]

L'ensemble de ces industries sont classées polluantes ; elles rejettent de très importantes quantités d'azote dans le milieu récepteur.

Les principaux pollueurs de la zone sont :

1. Entreprise nationale des arts graphiques (ENAG), implanté à Reghaia rejette une eau claire, mais qui contient, une quantité de zinc dépassant les normes.
2. La Tannerie plains fleurs de Rouïba déverse 1112 m³ d'eau usée chargée en matières organiques, contient des traces de plomb et cadmium; Ces pollution subissent un prétraitement (dégrillage) qui ne retient pas les matières en suspension.
3. Faïencerie Algérienne implanté à Rouïba, spécialisé dans la production de faïences et de matériaux de construction qui rejette une eau de couleur trouble et qui contient des quantités de plomb dépassant les normes de rejets.
4. BATICIM œuvrant dans la construction de charpentes métalliques, implanté à Reghaia qui rejette une eau claire mais qui est riche en métaux lourds tel que le plomb et le zinc

L'oued Reghaïa fait transiter tous les effluents provenant des zones industrielles de la zone industrielle Rouiba-Reghaia, ceux-ci aboutissent au lac de Reghaia. Les rejets sont effectués au niveau de oued El Hamiz, oued Reghaia et une partie vers la Station d'épuration de Reghaia.

4.3 La pollution urbaine

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

- Des sels minéraux, dont l'azote et le phosphore;
- Des détergents;
- De fortes teneurs en matière organiques;
- Des germes fécaux.

Les eaux usées domestiques provenant des habitations, collectées par le réseau d'assainissement arrivent jusqu'à la station d'épuration où elles subissent un traitement primaire, dont l'objectif est l'élimination de 90% des matières en suspension. La **pollution azotée** n'est pas traitée.

Chaque habitant rejette quotidiennement entre 12 à 15g d'azote total (Azote Kjeldahl) soit une moyenne de 13,5g d'azote par jour soit 4,927Kg d'azote/an soit 21,82 kg de nitrates/an [08].

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 arrivée à la station d'épuration (STEP) où il est rapidement oxydé en nitrates [05].

Ainsi en sortie de station d'épuration, la pollution azotée des eaux usées domestiques, industrielles et effluents agricoles reste inchangée. Ces eaux sont déversées telles quelles dans le milieu récepteur en l'occurrence, les oueds et cours d'eau.

Selon la direction de l'assainissement et de la Protection de l'Environnement (Ministère des ressources en Eau « MRE »), les stations d'épuration existantes dans la Mitidja est le suivant :

communes	Station d'épuration	Capacité:Eq/hab.	Etat	Lieu de rejet
Reghaia, Heuraoua, Rouiba, Ain Taya, Bordj-El-Bahri, El Marsa, et en partie Bordj El Kiffan	Reghaia, mise en service en 1996, la réalisation de la chaîne biologique est achevée en janvier 2008.	400 000	Fonctionnelle	Lac de Reghaia
La majorité des communes d'Alger et ses agglomérations (57communes)	Baraki, mise en service en 1989	900 000	Non fonctionnelle, réhabilitée en février 2008	Oued El Harrach

Tableau 12 Stations d'épuration à Alger Est

Parallèlement au réseau d'assainissement collectif, existe le système d'assainissement individuel ou fosses septiques. Leur nombre est de 9915 pour l'ensemble de la willaya d'Alger (direction de l'assainissement du MRE).

4.3.1 Apports en azote d'origine urbaine:

Les habitants de 7 communes de la willaya d'Alger (289041 habitants) déversent leurs rejets azotés qui sont de l'ordre de **6 306,874 tonnes de nitrates par an**, dans l'oued Reghaia qui aboutit au lac de Reghaia (marais).

Les quatre communes situées dans la plaine et appartenant à la wilaya de la Boumerdès, en l'occurrence : Khemis El Khechna, Hammadi, Ouled moussa et Ouled Hadadj, totalisant une population de 114217 habitants, déversent leurs rejets azotés soit **2 492,21 tonnes de nitrates par an** dans l'oued El Hamiz.

Cours d'eau	Oued Reghaia	Oued Hamiz
Quantités de nitrates drainées (tonnes/an)	6306,87	2492,21

Tableau 13 Quantités de nitrates drainées par les oueds Reghaia et Hamiz

4.3.2 Les Décharges Publiques Et Dépotoirs Sauvages

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 le biais des cours d'eau. 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. Le nombre de dépotoirs recensés dans les communes de la Mitidja situées dans la wilaya d'Alger, est rapporté dans le tableau suivant :

Communes	Nombre de dépotoirs sauvages
Reghaia	19
Bab Ezzouar	18
Bordj El Kiffan	14
Heuraoua	8
Dar El Beida	6
Total	65

Tableau 14 inventaire des dépotoirs sauvages [17]

La pollution de la nappe est essentiellement due à l'agriculture et l'utilisation de fertilisants, mais aussi aux rejets urbains et industriels.

Nous constatons que la pression socio-économique dans la région « d'Alger Est » de la Mitidja concourt à des degrés différents à la pollution de la nappe par les nitrates.

Conclusion

L'objectif du présent travail consistait d'abord à évaluer la pollution des eaux souterraines de la région d'Alger Est par les nitrates, puis d'identifier ses différentes origines.

L'hypothèse de l'impact négatif des industries, de l'agriculture et de l'assainissement urbain tel qu'ils sont gérées a été vérifiée à partir des données disponibles et des analyses spatiales effectuées.

La vulnérabilité de milieu naturel dans le secteur (nappe et zone humide) subissent la pollution par les nitrates ce qui risque de les déqualifier pour leur fonction si la gouvernance des activités agricole, la prise en charge de l'assainissement et l'application des lois relatives aux rejets industrielles ne sont pas observés.

Recommandations :

La vulgarisation agricole par les services concernés devient impérative. Elle doit porter sur les techniques d'amendement, les techniques de laboure et sur l'irrigation.

Les apports de fertilisants 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'élevages doivent être traités avant leurs rejets dans le milieu naturel, ou à défaut épandus sur de grandes superficies afin d'éviter des pollutions ponctuelles.

La mise en place d'une Culture Intermédiaire «Piège à Nitrate» qui couvre le sol en automne pour limiter le lessivage des nitrates vers la nappe, causé par les pluies d'automne et d'hiver sur les sols nus.

L'Obligation doit être imposée aux industries pour l'application de la réglementation en matière d'épuration de leurs effluents liquides avant leur rejet dans le milieu naturel.

La multiplication des stations d'épuration ou de décantation, et la réhabilitation totale des stations existantes en respectant les chaînes de traitement secondaire et tertiaire qui sont indispensables afin d'assurer la dénitrification des eaux traitées.

Les décharges sauvages doivent être éradiquées et remplacées par des centres d'enfouissement technique.

Bibliographie

01. IFEN: Institut Français de l'Environnement, 2004. L'état des eaux souterraines en France : aspects qualitatifs et quantitatifs.
02. FURRY V., 1997. Les eaux souterraines en Picardie. Mém. DESS Environnement, Université de Picardie.
03. BEAUCHAMP J., 2006. L'eau souterraine : éléments d'hydrogéologie. Université de Picardie Jules Vernes.
04. MOUFTI K., 1996. Pollution des eaux souterraines par les nitrates liée à l'agriculture dans le Vexin français. Thèse doctorale. Université de Lille1.
05. THIOLLET P., 1990. Les nitrates en questions. Argumentaire SNIE.
06. OIEAU « Office internationale de l'eau » 1992. Elimination des nitrates des eaux potables. Etude de synthèse.
07. MARTIN G., 1979. Le problème de l'azote dans les eaux. Editions Tech&Doc.
08. DEGREMONT, 2005. Mémento technique de l'eau, 10ème édition Lavoisier, Technique et documentation, Paris.
09. Techniques, Sciences et Méthodes, 2005. Protection des captages d'eau de distribution Publique N° 4.
10. Organisation de Coopération et de Développement Economique, 1986. Pollution des eaux par les engrais et les pesticides.
11. GROSCLAUDE G., 1999. L'eau : usages et polluants; INRA édition 210p.
12. MATE, 2005. Programme d'Aménagement côtier (PAC) « zone côtière Algéroise », Gestion intégrée des ressources en eau et assainissement liquide– tendances et alternatives.
13. Benziada, M. 1994 : Etude hydrogéologique et hydrologique de la plaine de la Mitidja Est: Application d'un modèle mathématique « ASM » au bassin côtier algérois .Algérie. Thèse doctorat en science de la terre. USTHB.

14. BINNIE & PARTNERS. 1983 : Schéma d'aménagement des ressources en eau de la région d'Alger et du Sébaou.
15. AIT-OUALI, Abdel-Kader, 2007. Synthèse hydrogéologiques et vulnérabilité à la pollution du system aquifères quaternaire de la Mitidja.
16. BOUDJADJA A., MESSAHEL M., PAUC H. Ressources hydriques en Algérie du Nord. Revue des sciences de l'eau Paris. 2003; P.285-304.
17. DEA « Direction de l'Environnement d'Alger », 2008. Inventaire des industries polluantes dans la région d'Alger.
18. MADR «Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural », 2008. Effectifs bovins, ovins, caprins et avicoles dans les wilayas d'Alger.
19. Hammouche, H.2004, Etude hydrogéologique, modélisation des écoulements et transport de polluant de la nappe de la Mitidja Est, Master spécialisé en génie de l'eau-Polytechnique de LILLE.
20. Mimouni Omar, 2010, Les eaux de la région d'Alger (risque de la pollution et d'inondation). Thèse de doctorat, USTHB.
21. Ariout, M. 1992 : Distribution des Nitrates dans la nappe de la Mitidja et programmes d'engrais. Mémoire d'ingénieur, INA.
22. BELAIDI. M. « note sur l'évolution de la profondeur de la nappe de la Mitidja années (2005-2010) », agence nationale des ressources hydrauliques , Janvier 2011.
23. Guillaud, J-F et Bouriel, L. « Relation concentration-débit et évolution temporelle du nitrate dans 25 rivières de la région Bretagne (France) », Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 20, n° 2, 2007, p. 213-226. (<http://id.erudit.org/iderudit/015814ar>)
24. Messahel, M, Benhafid,S et Ouled Hocine M.C, « efficience des systemes d'irrigation en algerie », Irrigation Systems Performance, Options méditerranéennes, Series B, n°52,p.62.
25. DSASI, 2008 « Direction des statistiques agricoles et des systèmes d'information ». Statistiques des approvisionnements du secteur agricole : campagnes 2004/2005, 2005/2006 et 2006/2007.
26. OCDE « Organisation de Coopération et de Développement Economique » 1986. Pollution des eaux par les engrais et les pesticides.

27. APPL « L'Agence urbaine chargée de la **P**rotection et de la **P**romotion du **L**ittoral Algérois ».

28. MRE « Ministère des Ressources en Eaux »

29. ANRH « Agence Nationale des Ressources Hydrique »

30. RGA « Recensement général de l'agriculture »

31. DPAT « direction de la planification et de l'aménagement du territoire. »

Événements géologiques du bassin de la Mitidja

Ere	Sous Systeme/Epoque/ Etage	Niveaux approximatifs de la mer par rapport NGA	Evénements géologiques
Tertiaire	Miocène supérieur	Baisse importante du niveau marin	<p>Isolement de la Mitidja en tant qu'unité structurale à la fin de la phase principale de l'orogénèse Alpin ; apparition de roches volcaniques en bordure du bassin.</p> <p>Dépôt de couches épaisses de marnes en mer profonde sur la surface d'érosion antérieure du Miocène.</p> <p>Dépôts de grès et de calcaires en mer peu profonde avec un léger plissement continental des sédiments</p>
	Pliocène plaisancien	Elévation du niveau marin	
	Astien	Baisse du niveau marin	
Quaternaire	Villafranchien	+200 m	<p>-Développement du bassin isolé de la mer par l'anticlinal du Sahel, dépôt d'épaisses couches d'argiles et de limons</p> <p>Période d'érosion intense et continue, Mise à nu de l'anticlinal du Sahel, creusement de cluses dans ce dernier, l'oued El Harrach devient un affluent de l'oued Mazafran. - Rajeunissement de l'Atlas entraînant une sédimentation rapide et le remblaiement du bassin par des colluvions et alluvions caillouteuse d'origine continentale. -Remblaiement du bassin par des graviers fluviaux et avancement des cônes de déjection dans le piémont de l'Atlas. - Drainage médiocre, remblaiement des cluses par des fins sédiments, formation des marécage et dépôts de limons et d'argile dans les lacs peu profonds. - Dépôts de dunes sableuses et de sédiments marins autour de la baie d'Alger, creusement des oueds et formation des lits actuels.</p>
	Amirien et Saltinien	Baisse du niveau marin -50 m	
	Tensiftien	+30 à 35 m	
	Soltanien	+10 à 015 m	
	Rharbien	+ 5 m	
	Récant/Actuel	0 m	

Les niveaux de la nappe de la Mitidja Est

mesuré entre 2006 et 2010

N°BIRH	N° Catalogue	N	X	Y	Z (m)	les niveaux statiques							
						avr-06	sept-06	mai-07	oct-07	avr-08	oct-08	avr-10	oct-10
W021-5	E008-4583	puits	552,750	385,600	25,470	2,60	3,10	2,08	3,95	2,31	3,90	4,95	5,60
W021-193	E008-4587	puits	555,700	382,600	17,653	10,00	7,10	10,08	10,03	10,60	10,20	10,80	10,95
W021-417	E008-4590	puits	558,620	379,920	37,030	10,25	11,00	10,42	10,50	10,30	10,80	10,43	10,70
W021-891	E008-4594	forage	550,350	381,650	18,030	25,80	25,70	25,59	28,82	25,09	25,14	24,40	
W021-892	E007-9595	puits	556,500	384,350	10,040	16,60	17,20	16,48	18,00	17,14	18,23	18,30	19,06
W021-4212 /PZ 1 HZ	E008-4211	piezomètre	550,550	380,450	25,705	37,50	41,50		41,65	40,76	41,16	40,25	41,15
W021-4211 /PZ 2 HZ	E008-4212	piezomètre	549,300	380,750	27,347	38,75	40,43		42,30	39,76	42,61	39,15	39,83
W042-450	E007-4598	puits	550,650	370,750	78,480	4,25	5,30	3,78	4,95	4,70	5,48	5,80	4,06
W042-688	E007-4600	puits	553,650	374,620	48,880	7,35	8,90	6,95	8,50	8,12	9,42	8,50	9,26

Source : ANRH blida