

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT D'IRRIGATION ET DRAINAGE

MEMOIRE DE MASTER



Pour l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique



Option: IRRIGATION ET DRAINAGE AGRICOLE

THEME DU PROJET :

**LA CARTOGRAPHIE DES NITRATES
DE LA PLAINE DE MITIDJA**

**PRESENTÉ PAR :
MOKADEM TAHAR**

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
M ^r MEDDI MOHAMED	Professeur	Président
M ^{me} . AZIEZ WAHIBA	M.A.A	Examinatrice
M ^r . YAHIAOUI SAMIR	M.A.A	Examineur
M ^r . BOUZIANE OMAR	M.A.A	Examineur
M ^{me} MEDJDOUB SONIA	M.A.A	Promotrice

Session - 2016-

REMERCIEMENTS & DEDICACES

Avant tout, Je remercie le bon Dieu qui a illuminé mon chemin et qui m'a armés de force et de sagesse, ainsi que de bonne volonté pour achever ce modeste travail et ce cursus universitaire .

Ces quelques lignes ne vont jamais exprimer à la juste valeur ma reconnaissance à l'égard de ma Mme O.AZIEZ ainsi que Mme S.MEDJOUBI, pour leurs aide durant la période de réalisation de ce travail et encore plus leurs confiance et encouragements.

Je tiens aussi a remercier Mme D.Djoudar pour son soutien .

Toute gratitude à nos professeurs et enseignants qui nous ont guidés au cours de la formation d'ingénieur, et nos respects aux membres de jury qui nous feront l'honneur d'apprécier ce travail.

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

A mes parents pour les sacrifices qu'ils ont consentis à mon égard

- *A ma sœur , A mon frère.*
- *A tous mes amis .*
- *A toute ma famille.*
- *A tous ce qui ont participé de prés ou de loin .*

Grands mercis à vous tous.

ملخص

إن الهدف من هذا العمل هو تشكيل خريطة توضح نسب وتركيز النترات في سهل متيجة من خلال الاستفادة من مختلف الدراسات الجيولوجية و الهيدروجيولوجية التي أجريت من طرف الوكالة الوطنية للموارد المائية والمعهد الوطني للأرصاد الجوية خلال السنوات (2011-2015) لهذا السهل. والذي يعيش بدوره أزمة حادة بيئية من حيث تلوث الهواء وتلوث المياه السطحية و الجوفية نتيجة للاستعمال اللاعقلاني للأسمدة الكيميائية في المجال الزراعي وكذا النفايات الصناعية ولاسيما في الجهة الغربية لسهل متيجة حيث تحتوي على نسبة كبيرة من النترات تصل إلى 121.8 ملغ/لتر.

Résumé

Le but de ce travail est d'établir la cartographie des nitrates de la plaine de Mitidja en s'inspirant de diverses études géologiques et hydrogéologiques menées par l'Agence Nationale des ressources en eau et de l'Institut National de météorologie dans les années (2011-2015). La plaine de Mitidja connaît une crise grave en termes de pollution de l'air et la contamination des eaux superficielles et souterraines en raison de l'utilisation irrationnelle d'engrais chimiques dans l'agriculture, ainsi que les déchets industriels, en particulier sur le côté Ouest de la Mitidja qui contient une grande proportion de nitrates jusqu'à 121,8 mg / l.

Abstract

The aim of this work is to establish the mapping nitrates of the plain of Mitija showing the proportions of nitrate concentrations in the plain by making use of various geological and hydro-geological studies conducted by the National Agency of Water Resources and National Meteorology Institute in the years (2011-2015). Plain Mitija is experiencing a serious crisis in terms of air pollution and contamination of surface and groundwater due to the irrational use of chemical fertilizers in agriculture, and industrial waste, in particular the west side of the Mitija that contains a large proportion of nitrates up to 121.8 mg / l.

Liste des figures :

CHAPITRE I : Présentation de la zone d'étude

Figure 1: Carte de situation géographique de la plaine de la Mitidja (ANRH, 2013)	3
Figure 2: Pluviométrie moyenne interannuelle (Période 1979- 2012).	5
Figure 3: Chevelu hydrographique et stations pluviométriques	7
Figure 4: Coupes géo électriques Nord-Sud à travers la plaine de la Mitidja centrale.....	8
Figure 5: Les grands secteurs géographiques de la zone PAC (échelle originale: 1:500.000).....	10
Figure 6: Aptitude des terres agricoles de la zone PAC (échelle originale : 1:500.000) (PAC, 2004)	10

CHAPITRE II : MECANISME DE LA POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES

<u>Figure 1:</u> Principaux processus de la dynamique de l'azote dans les sols cultivés (d'après Nicolardot et al., 1997).	15
<u>Figure 2:</u> Les principales réactions biologiques	16
<u>Figure 3:</u> Sources d'azote d'origine anthropique dans l'eau.	17
<u>Figure 4:</u> Compartiment de l'azote dans le sol.	18
<u>Figure 5:</u> photographies représentant le phénomène d'eutrophisation	24

CHAPITRE III: LES PRINCIPALES ACTIVITE AGRO- INDUSTRIELLES DANS LA MITIDJA

Figure 1: Evolution des consommations en azote (Rapport ANRH ,Service pédologie 2010).	28
Figure 2: Quantité moyenne d'azote consommée par wilaya (t/an) (Rapport ANRH ,Service pédologie 2010).29	
Figure 3: Évaluation des quantités d'azote épandues à l'hectare(2008). (Rapport ANRH ,Service pédologie 2010).	29
Figure 4: Apport en Azote d'origine agricole. (Rapport ANRH ,Service pédologie 2010).	30
Figure 5: Activités industrielles dans la Mitidja (Rapport ANRH, Service pédologie 2010).	32

CHAPITRE IV: CARTOGRAPHIE DES NITRATES

<u>Figure 1:</u> Principe général de la cartographie numérique des sols (modifié d'après McBratney et al. 2003). ...	35
<u>Figure 2 :</u> Structure de la base de données	37
<u>Figure 3:</u> Carte Numérisée de la plaine de Mitidja représentant les puits et forages de sondage.....	38
<u>Figure 4:</u> Shematisation des puits ayant les resultats completes des concentration de nitrates (2011-2015)	39
<u>Figure 5:</u> Représentation du niveau des nitrates sur la plaine par le logiciel Surfer années (2011-2013).....	40
<u>Figure 6 :</u> Représentation du niveau des nitrates sur la plaine par le logiciel Surfer années (2013-2014).....	41
<u>Figure 7:</u> Représentation du niveau des nitrates sur la plaine par le logiciel Surfer année (2015).....	42

Liste des tableaux :

Tableau 1: Résultats du bilan Hydrologique (1971-2010)	4
Tableau 2: Station météorologique de Ahmer El Ain l'ANRH (Blida) 2012.....	5
Tableau 3: Températures de l'année 2012	5
Tableau 4: Humidité de l'année 2012	6
Tableau 5: Vent de l'année 2012	6
Tableau 6: Insolation de l'année 2008	6
Tableau 7: Tableau II.2 : Principaux sous bassins versants de la Mitidja et leurs principaux oueds	7
Tableau 8: Répartition et superficie des classes d'aptitudes culturales (PAC, 2004)	10

Sommaire

CHAPITRE I : Présentation de la zone d'étude

INTRODUCTION GENERALE	1
I-Présentation de la zone d'étude :	2
1-Situation géographique	2
2- Climat de la Mitidja	3
2.1. Pluviométrie	4
2.2. Température :	5
2.3. Humidité :	6
2.4.Vent :	6
2-5- Insolation :	6
3- Hydrographie :	6
4-Aperçu géologique et hydrogéologique.	8
5-Aperçu agro-pédologique :	8
6-Le PAC : (Le Programme d'Aménagement Côtier) :	11
6-1 Son lancement :	11
6-2 La zone du PAC	11
6-3 Objectif principal :	12
7-La vulnérabilité du sol :	12
8- Conclusion :	13

CHAPITRE II : MECANISME DE LA POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES

1-Définition:	14
2-Cycle de l'azote:	14
3-Les sources de nitrate dans les eaux :	16
3.1. Source exogène :	16
3.2 .Sources naturelles :	16
3.3.Les sources anthropiques des nitrates :	17
4-Fuites de nitrate et pollution nitrique des nappes souterraines :	18
4.1. Rôle du climat :	19
4.2. Gestion de l'irrigation :	19
4.3. Gestion de la fertilisation azotée :	20
4.4. Gestion des rotations et des types de cultures :	20
4.5.La durée et la période d'interculture :	21
4.6. Caractéristiques et qualité du sol :	21
5-Impact des fuites des nitrates sur la santé humaine et l'environnement :	23

5.1.Effet sur la santé :	23
a. Maladie bleus des bébés	23
b. Cancer des intestins et de l'estomac :	23
5.2. Effets sur l'environnement :	23
a. Eutrophisation :	23
b. Marées vertes :	24
6-Conclusion :	25

CHAPITRE III: LES PRINCIPALES ACTIVITE AGRO- INDUSTRIELLES DANS LA MITIDJA

1. Principales activité agro-industrielles dans la Mitidja :	26
2. Les activités agricoles dans la Mitidja :	26
2.1. Les superficies agricoles :	27
2.2. Consommation d'engrais chimiques dans la Mitidja :	27
2.3. Les principales activités agricoles :	30
4. Les activités industrielles dans la Mitidja :	30
4.5. Les principales activités industrielles dans la Mitidja :	31

CHAPITRE IV: CARTOGRAPHIE DES NITRATES

1. INTRODUCTION.....	33
2- La Cartographie :	33
3-Methodes de cartographie :	34
3-1-Cartographie automatique :	34
3-2-Cartographie numérique:	34
4-Application de la cartographie des nitrates :	35
4-1-Inventaire des données :	35
4-2-Analyse des données :	36
4-3- CREATION DE LA BASE DE DONNEES :	36
4-4- NUMERISATION DES DONNEES :	37
4-4-1 le logiciel MapInfo :	37
4-4-2 Le logiciel Surfer :	39
4-5-Resultats et interpretations :	43
4-6- Recommandations :	44
5. CONCLUSION :	45

Introduction générale

Le début du 21^{ème} siècle s'annonce sous le signe d'une aggravation des pénuries d'eau ; le monde en général et l'Algérie en particulier sont en train de subir ces dernières années des changements climatiques défavorables (précipitations faibles, évaporations intenses, ...etc.) .

L'impact négatif de ces conditions sur l'ensemble des activités socio-économiques révèle que la politique de l'eau doit être considérée comme un élément essentiel dans la stratégie du développement.

La recherche des ressources en eau est toujours plus importante pour les besoins humains, elle conduit de plus en plus à l'implantation de captages. Les eaux théoriquement protégées proviennent des nappes souterraines, ces ressources, lorsque elles sont potables seront « idéales » pour la consommation, mais malheureusement elles sont de plus en plus soumises aux contaminations chimiques (Nitrates, détergents, pesticides, métaux, ...etc.) et parfois microbiennes provoquées par le développement des industries, de l'agriculture et de la population.

C'est dans ce cadre qu'on a proposé ce sujet ou on fait en premier lieu une synthèse hydrogéologique pour nappe de la Mitidja, qui sert à une récapitulation de nombreux travaux précédents avec une mise à jour des données sous certains supports informatiques « Logiciels » tels que : Map info , ArcView, Surfer , XLstat , Aquachem , Diagramme,etc.

Et puis l'axe principal du mémoire qui converge vers une affinité environnementale ayant principalement : la réalisation d'une cartographie de la pollution par les nitrates des eaux souterraines pour l'un des grands systèmes aquifères de l'Algérie du Nord (Nappe alluviale de la Mitidja) sous un SIG avec différentes cartes thématiques qui sont interrogeables (modifiables) dans le temps.

2- Climat de la Mitidja

La plaine de la Mitidja se situe au Nord de l'Atlas Blidéen (1620 m, pic de Chréa), qui la protège de l'influence saharienne.

Elle se trouve par sa position géographique soumise à l'influence du régime climatique méditerranéen.

La plaine de la Mitidja est soumise à un climat régional subhumide littoral caractérisant l'ensemble des plaines côtières. Au fur et à mesure que l'on s'éloigne du littoral, le climat devient de plus en plus continental et l'on enregistre une baisse sensible des températures. Les valeurs des précipitations de la région varient de 284 mm à 951 mm, concentrées sur une période pluvieuse d'octobre en février.

La zone d'étude reçoit une lame d'eau d'environ 616,1 mm par ans, dont 84,7 % s'évapore, 2,63% s'infiltre et 12.67% s'écoule. Les mois d'octobre à mars constituent la période la plus pluvieuse, tandis que, les précipitations sont presque nulles pendant les trois mois d'été. La température moyenne annuelle varie de 16,1 à 18 °C. Notons que la variation est en fonction de l'éloignement par rapport à la mer, elle est plus douce au littoral qu'à l'intérieur

Tableau 1: Résultats du bilan Hydrologique (1971-2010)

Termes du Bilan Les Parties	P (mm)	ETR		R		I	
		mm	%	mm	%	mm	%
Partie Est	641.3	536.23	83.61	90.08	14.05	15	2.34
Partie Ouest	590.9	507	85.80	66.7	11.29	17.2	2.91

2.1. Pluviométrie

Les précipitations moyennes interannuelles dans la plaine de la Mitidja sont irrégulièrement réparties.

L'évolution interannuelle des pluies enregistrées sur **33 années** d'observations, entre 1979 jusqu'à 2012, a mis en évidence une phase de stabilité des précipitations qui avoisine les 524,6 mm, avec une tendance à la hausse depuis l'année 2009, avec un épisode pluvieux exceptionnel durant le mois de février 2012.

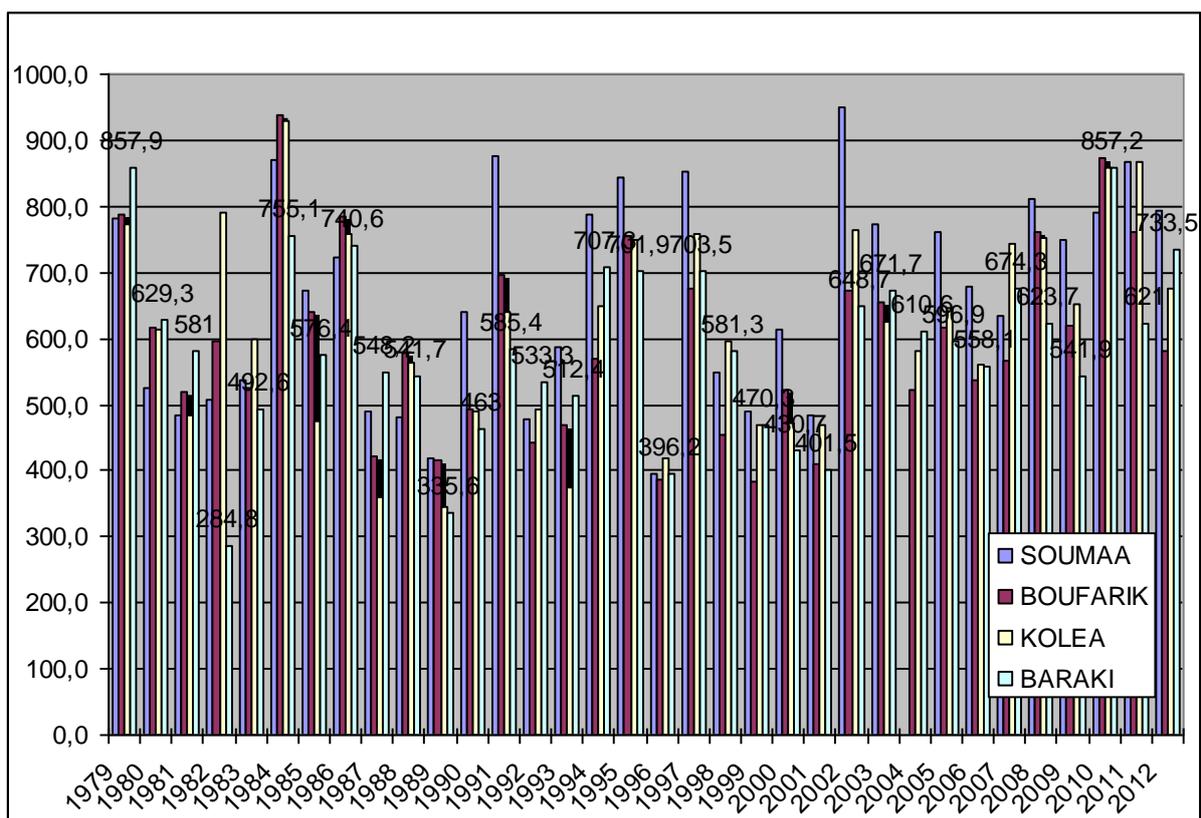


Figure 2: Pluviométrie moyenne interannuelle (Période 1979- 2012).

La pluie indiquée par la station d'Ahmer El Ain en 2012 est présentée dans le tableau 1.

Tableau 2: Station météorologique de Ahmer El Ain l'ANRH (Blida) 2012

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Pluies (mm)	34.2	15.0	49.6	20.8	60.7	9.2	11.0	0.0	16.5	131.4	180.6	111.4	640.4

2.2. Température :

Les températures jouent un grand rôle dans la détermination de la période de l'irrigation tout à fait comme les précipitations, les paramètres climatiques de l'année 2012 de la station d'Ahmer El Ain sont présentés dans les tableaux suivants :

Tableau 3: Températures de l'année 2012

T°C	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Max	14.8	12.6	19.2	21.0	19.8	28.3	31	29.2	33.0	28.2	19.0	14.5
Min	8.5	7.5	7.7	13.0	14.0	18.0	25.5	24	15	15	11	7.3
Moy	12.1	13.1	13.8	16.2	17.6	23.0	27.9	26.6	23.0	21.1	14.5	11.4

2.3. Humidité :

Tableau 4: Humidité de l'année 2012

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Hum %	14.8	12.6	19.2	21.0	19.8	28.3	31	29.2	33.0	28.2	19.0	14.5

Les valeurs max de l'humidité sont atteintes au mois de septembre tandis que la valeur min est au mois de Décembre

Source : ANRH 2012

2.4.Vent :

Tableau 5:Vent de l'année 2012

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
vent (m/s)	1.5	2.0	3.4	3.0	3.1	3.2	2.8	2.7	3.30	2.3	2.9	2.6

Source : ANRH 2012

La vitesse du vent dans la Mitidja ouest atteint a ses max au mois de Mars avec 3.4 m/s .

2-5- Insolation :

Tableau 6:Insolation de l'année 2008

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Inso	6.8	6.6	6.8	8.9	6.1	10.2	11.3	9.7	8.0	6.6	5.9	2.6

Source : ANRH 2012

L'insolation la plus forte durant toute l'année est celle du mois juillet et du mois de juin.

3- Hydrographie :

La plaine de la Mitidja est traversée par six importants oueds qui assurent le drainage des bassins versants montagneux de la chaîne de l'Atlas. Nous rencontrons d'Est en Ouest les oueds: Hamiz, Djemaa, El Harrach, Chiffa, Bouroumi, Djer. En aval de la plaine de la Mitidja, l'oued Bouroumi et l'oued Chiffa confluent pour former l'oued Mazafran. L'oued Harrach rencontre l'oued Djemaa dans les environs de Baba Ali. A l'Est de l'oued Hamiz, s'écoule l'oued Reghaia qui est considéré comme secondaire. Les oueds mentionnés ci-dessus sont en grande partie en liaison hydraulique avec la nappe de la Mitidja puisque leurs eaux peuvent s'infiltrer ou inversement drainer la nappe.

La plaine est partagée en quatre bassins fluviaux : celui de l'oued Nador, de l'oued Mazafran, de l'oued Harrach et du Hamiz. Alors que la plaine s'allonge dans une direction d'Est - Ouest, ces derniers la traversent perpendiculairement selon des directions méridiennes. Ces oueds côtiers présentent un certain nombre de caractéristiques communes :

- Ils prennent tous naissance dans l'Atlas et sont tous de dimensions restreintes
- Tous présentent un profil longitudinal divisé en deux parties très distinctes.
- Leurs pente est très forte en montagne.
- Dans un passé récent elles ont été constamment maintenues par le jeu tectonique.
- Ce sont des oueds aux vallées étroites, profondes, encaissées (Rabehaoui et Belaidi, ANRH, 2005).

Tableau 7:Tableau II.2 : Principaux sous bassins versants de la Mitidja et leurs principaux oueds

Bassins Versants (BV)	Principaux Oueds
Nador (BV Occidental)	Nador, Bourkika, Meurad, Bouhardoun, Bouyéersen
Mazafran (premier sous BV central)	Djer, Bou Roumi, Chiffa
El Harrach (deuxième sous BV central)	Djemaa, Semar
Hamiz et Réghaia (Bassin oriental)	Hamiz, Réghaia



Figure 3: Chevelu hydrographique et stations pluviométriques

4-Aperçu géologique et hydrogéologique.

La Mitidja renferme deux niveaux aquifères :

- La formation de l'Astien
- Les alluvions du soltano-tensifien qui reposent sur les marnes du plaisancien formant la limite étanche de presque tout le bassin.

Ces deux aquifères sont séparés par la formation semi perméable du villafranchien appelée marne d'El Harrach.

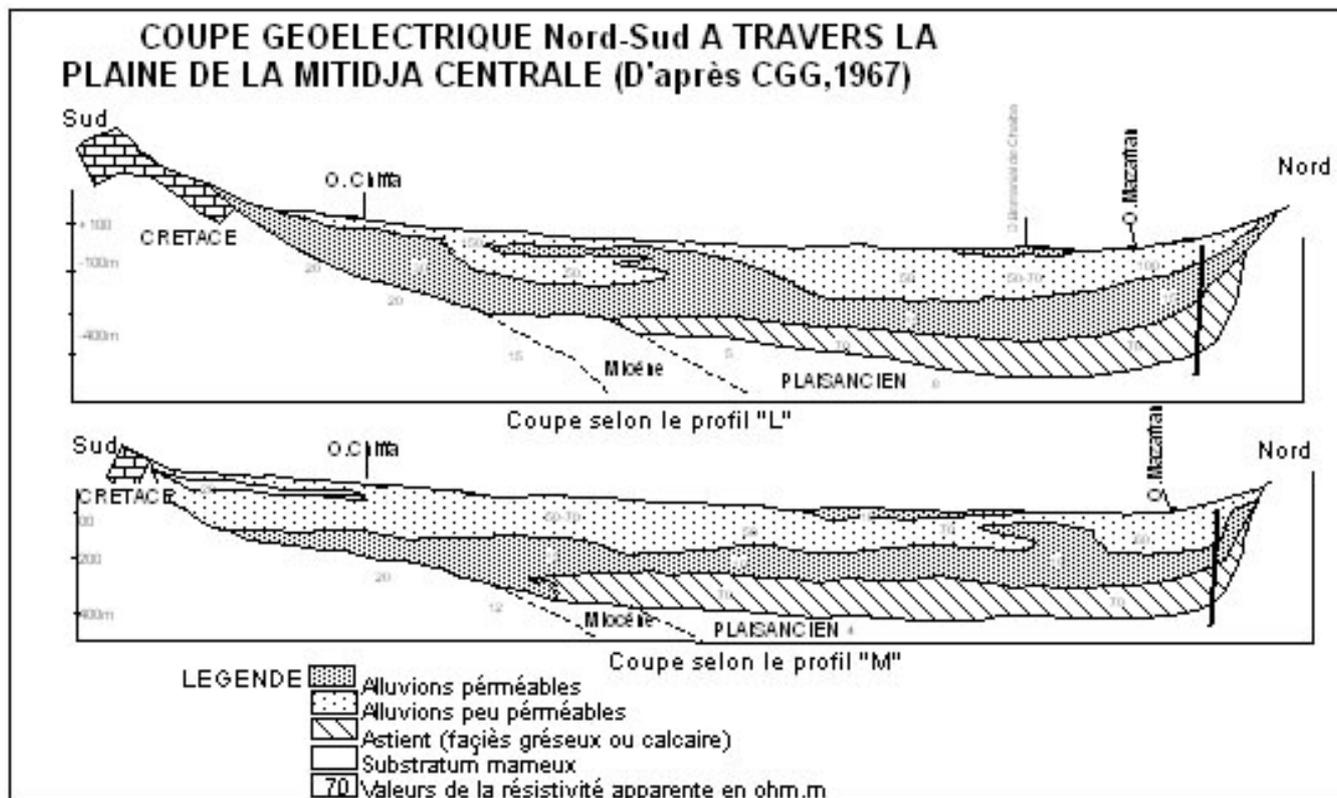


Figure 4: Coupes géo électriques Nord-Sud à travers la plaine de la Mitidja centrale

5-Aperçu agro-pédologique :

Par ses caractéristiques naturelles, la plaine alluviale de la Mitidja dispose d'un potentiel naturel appréciable. L'une de ses principales caractéristiques est sa vocation agricole qui s'explique par l'existence d'un espace d'une haute valeur agronomique. Elle fait partie des grands ensembles agricoles de la zone PAC (Figure 5).

Elle est favorable aux différentes cultures : agrumes, arbres fruitiers, maraîchages en terrains irrigués ; vignes, tabac, etc.....

Quant aux caractéristiques du sol, l'étude agro-pédologique de la Mitidja (Ecrément, 1971), et la cartographie pédologique à l'échelle du 1/20.000 de la Mitidja réalisée par Raissi, O en 2004 ont permis de mettre en évidence, cinq (5) classes de sols : sols peu évolués, sols calcimagnésiques, vertisols, sols à sesquioxyde de fer et les sols hydromorphes. Ces derniers se sont développés sur des superficies importantes.

Aussi selon (Dridi et Zemmouri , 2012), les sols de la plaine de la Mitidja se caractérisent par des teneurs élevées en argile (49,3 % de moyenne), alors que les limons fins sont présents avec des taux appréciables (29,4 % en moyenne). À l'inverse, les taux des limons grossiers et des sables sont bas.

Ces sols sont peu calcaires, globalement neutres mais avec cependant quelques échantillons basiques (un maximum de 9,3), conséquence de la prédominance du cation Ca^{++} dans le complexe adsorbant (35,39 cmoles \cdot kg $^{-1}$ de terre de moyenne).

Selon le PAC 2004, ce sont les critères, liés à la pédologie (profondeur des sols, texture, etc.) et à la capacité de drainage des sols (risques d'hydromorphie), qui permettent de distinguer les classes d'aptitude des terres. La Mitidja est constituée d'alluvions quaternaires récentes avec quelques poches de grès, sables, marnes, pliocènes et quelques formations éruptives. Les sols peu évolués d'apport alluvial, présentant une fertilité minérale élevée, sont les plus fréquents.

Dans la présente recherche nous nous sommes aussi intéressé à une autre classification ; l'aptitude des terres agricoles ; qui est une donnée de base aussi bien pour la planification agricole que pour l'orientation de l'urbanisation. A cet effet, dans le cadre de l'étude (PAC, 2004), les terres agricoles ont été classées selon leur aptitude culturale en six (06) classes (A1, ... et A6) (Figure 6).

Les critères retenus sont la topographie, la géomorphologie, la pédologie et la possibilité de bonification par l'irrigation. Ces classes sont reportées dans le Tableau 8.

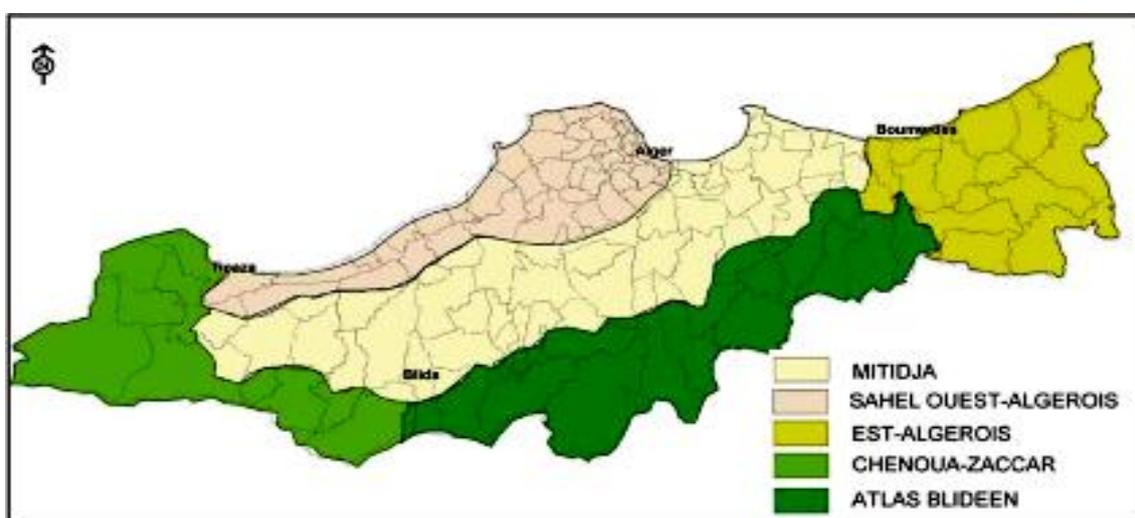


Figure 5: Les grands secteurs géographiques de la zone PAC (échelle originale: 1:500.000)

Tableau 8: Répartition et superficie des classes d'aptitudes culturales (PAC, 2004)

Secteur agricole	Superficie (ha)	Pente%	Classe d'aptitude	%
Mitidja, Est-Algérois, Plaine littorale du Sahel	83.400	0 - 3	A1	22,33
Mitidja	62.350	3 - 12,5	A2	16,69
Sahel, Est-Algérois	33.760	12,5 - 25	A3	9,03
Sahel, Est-Algérois	20.450	> 25	A4	5,47
Est-Algérois, Chenoua-Zaccar, Atlas blidéen	30.138		A5	8,06
Est-Algérois, Chenoua-Zaccar, Atlas blidéen	143.388		A6	38,39
Total	373.486			100,00

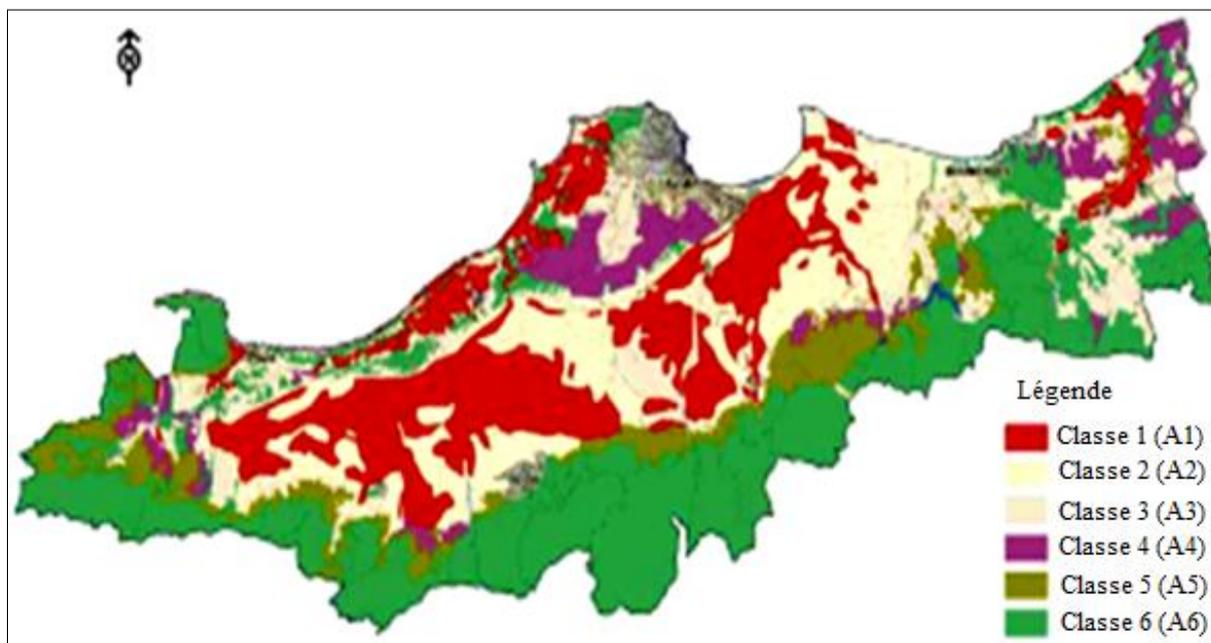


Figure 6: Aptitude des terres agricoles de la zone PAC (échelle originale : 1:500.000) (PAC, 2004)

6-Le PAC : (Le Programme d'Aménagement Côtier) :

Le Programme d'Aménagement Côtier est un instrument de planification stratégique et d'intervention du littoral, il a été institué par la Convention portant sur la protection du littoral et du milieu marin, dont la finalité est de promouvoir la GIZC (La Gestion Intégrée des Zones Côtières) pour le développement des zones côtières méditerranéennes.

Le Plan d'Action pour la Méditerranée (PAM) est l'un des 13 programmes pour les mers régionales du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE). Il a été fondé en 1975 avec, comme base légale, la Convention pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution (Convention de Barcelone) et ses protocoles qui est entrée en vigueur en 1977, et a été révisée en 1995. (**RAPPORT FINAL INTEGRE DU PAC**)

6-1 Son lancement :

Le PAM a lancé dès 1989 un programme de projets PAC à travers plusieurs pays de la Méditerranée. Le premier cycle des PAC s'est déroulé de 1989 à 1993, avec les projets de la baie de Kastela (Croatie), de la baie d'Izmir (Turquie), de l'île de Rhodes (Grèce) et du littoral syrien. Le deuxième cycle a englobé le littoral albanais (1993- 1995), la phase II du projet de Rhodes (1994-1996), le projet de Sfax en Tunisie (1995-1998), le projet de Fouka en Egypte (1995-1999) et le projet en Israël (1998-2000).

Les activités préliminaires concernant la zone côtière algéroise ont démarré en 1995 avec la participation du CAR/PB. Une première mission du PB/PAM s'est rendue en Algérie en juin 1996. Elle a donné lieu à un premier examen de la nécessité d'un projet pilote pour le développement de la zone côtière algéroise. Un Accord officiel d'élaboration du PAC a été signé le 7 octobre 2001, à Alger, entre le Gouvernement algérien, représenté par le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et le PNUE, représenté par le Plan d'Action pour la Méditerranée.

6-2 La zone du PAC

Elle s'étend de Cap Djinet à l'Est à la pointe du Chenoua à l'Ouest, sur une distance de 212 km de linéaire côtier.

- UNE PARTIE TERRESTRE côtière composée de 3 ensembles naturels : la plaine de la Mitidja,

les collines du sahel, et les plateaux côtiers.

elle est délimitée au sud par la ligne des piémonts.

- UNE PARTIE MARINE composée du plateau, continental qui s'estompe juste au delà de l'isobathe de 100 m.

6-3 Objectif principal :

Engager un processus de développement durable, dont les éléments fondamentaux sont:

- Le développement social et le bien-être de la population.
- La poursuite du développement des activités économiques dans l'utilisation rationnelle des ressources naturelles de la zone.
- L'arrêt de la dégradation des écosystèmes naturels.
- La prévention de processus à impacts négatifs sur l'environnement.

7-La vulnérabilité du sol :

D'après l'étude sur la vulnérabilité du sol de bassin versant de Sidi Rached (Saida. Sbagoud, 2013):

- 1) une classe de vulnérabilité faible occupant 65.6% de la zone, cette classe traduit une vulnérabilité faible à la pollution qui peut être expliqué par la faible perméabilité et le faible recharge de la nappe.
- 2) une classe de vulnérabilité à la contamination est moyenne occupant 31.6% de la zone
- 3) une classe de vulnérabilité élevée est confinée dans le nord du bassin, cette classe représentée 2.5% de la zone d'étudiée, ce degré de vulnérabilité peut s'expliquer par la faible épaisseur de la zone vadose (0 à 6m) associée à la faible pente de terrain. Ces conditions favorisent l'infiltration de tout contaminant présent à la surface de sol.

8- Conclusion :

Rappelons que la connaissance des facteurs du milieu (topographie, géologie, climatologie, hydrologie, biogéographie, etc.) et particulièrement l'activité agricole (travail du sol, fertilisation, irrigation), le climat (pluviosité/sécheresse) est une exigence incontournable dans la compréhension et l'interprétation de la dynamique des nitrates. En effet ces paramètres ont un impact direct sur l'enrichissement ou l'appauvrissement en nitrates des eaux de sources et de ce fait leur donnent leur innocuité ou leur nocivité.

1-Définition:

Les nitrates sont des sels de l'acide nitrique. Ce sont des composés azotés naturels de formule chimique NO_3^- . Ils sont très solubles dans l'eau et ne sont pas retenus par le sol et migrent aisément vers les eaux superficielles et souterraines lorsque les niveaux d'eaux excèdent les besoins de la végétation. Les nitrates sont essentiels à la croissance des végétaux, mais peuvent devenir néfastes pour la santé humaine. Ils entrent dans la composition des engrais chimiques et naturels (fumiers). Ils résultent du cycle de l'azote.

2-Cycle de l'azote:

L'azote est un élément abondant dans la nature. À l'état gazeux (N_2), constitue environ 78% de l'atmosphère terrestre. Toutes les formes d'azote sont susceptibles d'être, suite à différentes transformations chimiques et biologiques, à l'origine des nitrates. Ces formes d'azote, qu'elles soient dans l'air, le sol ou l'eau, sont gérées par un cycle : le cycle biogéochimique de l'azote.

L'azote circule selon un cycle biogéochimique au cours duquel il passe sous des formes organiques et minérales. Le principal réservoir d'azote est l'atmosphère qui effectue des échanges avec le sol, les hydro-systèmes et la biosphère.

Dans le sol l'azote est présent sous plusieurs formes : l'azote organique qui constitue la principale forme de stockage dans un sol agricole, l'azote minéral qui en dehors de périodes d'apport d'engrais ne représente généralement que quelques dizaines de kilogramme par hectare, et l'azote gazeux .

Il s'agit de processus biologiques et dans une moindre mesure de processus physico-chimiques qui agissent parfois de façons concurrentes.

Les principales étapes du cycle de l'azote sont la fixation, l'assimilation, l'ammonification, la nitrification et la dénitrification (figure 1).

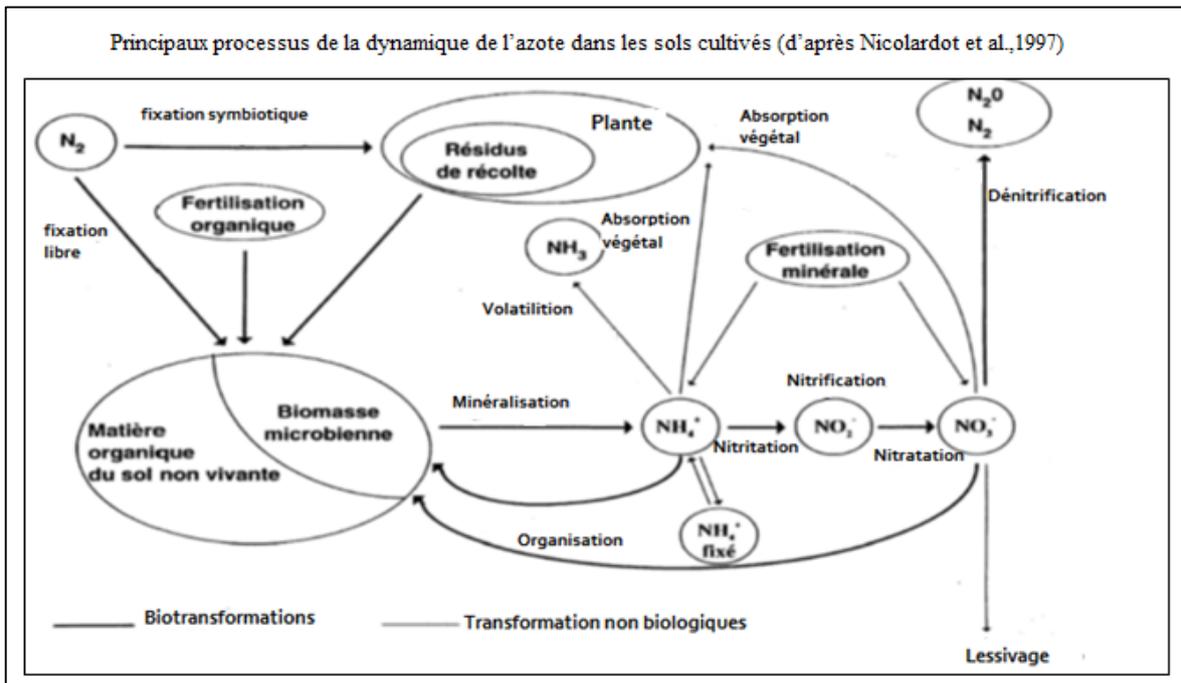


Figure 7: Principaux processus de la dynamique de l'azote dans les sols cultivés (d'après Nicolardot et al., 1997).

Dans les sols bien oxygénés, mais aussi en milieu aquatique oxygéné, des bactéries transforment l'ammoniac en nitrite NO_2^- , puis en nitrate NO_3^- , au cours du processus de nitrification. On peut décomposer cette transformation en nitratation. L'ion nitrate a ensuite trois devenir possibles : il peut soit être absorbé par les plantes, soit être transformé en N_2O ou N_2 par dénitrification, soit être lixivié vers les eaux souterraines.

En milieu anoxique, (sol ou milieu aquatique non oxygéné) des bactéries dites dénitrifiantes transforment les nitrates en gaz diazote, c'est la dénitrification. La dénitrification hétérotrophe (Figure 2) est un processus biologique qui participe au cycle de l'azote.

Même si certains eucaryotes comme les champignons et les foraminifères sont capables de dénitrifier, ce processus est principalement assuré par les bactéries. Ce processus hétérotrophe, véritable « respiration des nitrates », est une alternative à la respiration aérobie. En présence de faibles concentrations d'oxygène ou en son absence, les nitrates jouent le rôle d'accepteur final d'électron. Il existe également la dénitrification autotrophe, sur carbone minéral, qui a besoin d'un donneur d'électrons comme les sulfures.

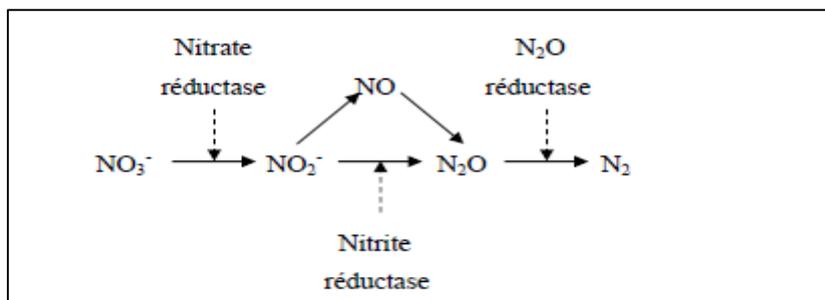


Figure 8: Les principales réactions biologiques

Les processus de minéralisation et d'immobilisation sont les centres de contrôle des flux d'azote dans les sols agricoles, et la minéralisation est reconnue comme un processus important car, l'azote, sous sa forme minérale, est essentiel pour la croissance et le développement de la plante .

3-Les sources de nitrate dans les eaux :

3.1. Source exogène :

Ce n'est pas l'eau qui apporte seule les nitrates mais aussi les légumes. Il a été estimé dans plusieurs études que les légumes apportent 70 à 80 % du nitrate ingéré. Le reste correspond pour environ 10 % à l'eau et 10 % aux autres aliments. Tous les aliments n'apportent pas la même quantité des nitrates selon les saisons et les teneurs en nitrate utilisés comme engrais .

3.2 .Sources naturelles :

En l'absence de toute fertilisation azotée, les nitrates présents dans les sols proviennent de la fixation de l'azote atmosphérique par certaines plantes qui le transforment en matière organique azotée dans leurs racines. Après le cycle saisonnier la matière organique azotée est décomposée et transformée en nitrates.

Une autre source naturelle est due à l'urine des animaux contenant de l'ammoniac et de l'urée (contient de l'azote), qui peuvent être rapidement oxydés en nitrates.

Il en va de même pour les déjections humaines, qui contiennent aussi l'ammoniac et l'urée et si elles sont concentrées elles peuvent engendrer un excès de nitrates.

3.3.Les sources anthropiques des nitrates :

Le changement de l'occupation du sol (retournement d'une prairie par exemple) entraîne une libération de nitrate, mais la principale source d'origine humaine provient des apports d'engrais azotés (d'origine animale ou chimique). Même si une bonne partie de l'azote apportée est consommée directement par les cultures, une partie notable peut être lessivée par l'eau de pluie. Les ions nitrate, très solubles dans l'eau, sont mobiles dans les écosystèmes.

Le ruissellement, l'érosion et les pluies tendent à ramener les nitrates non captés par la biomasse terrestre vers les rivières, les lacs, les nappes phréatiques et les océans (Figure 3). Ce phénomène, absolument naturel, a été fortement amplifié par l'utilisation d'engrais de synthèse et l'évolution des techniques de travail du sol depuis le milieu du XXème siècle.

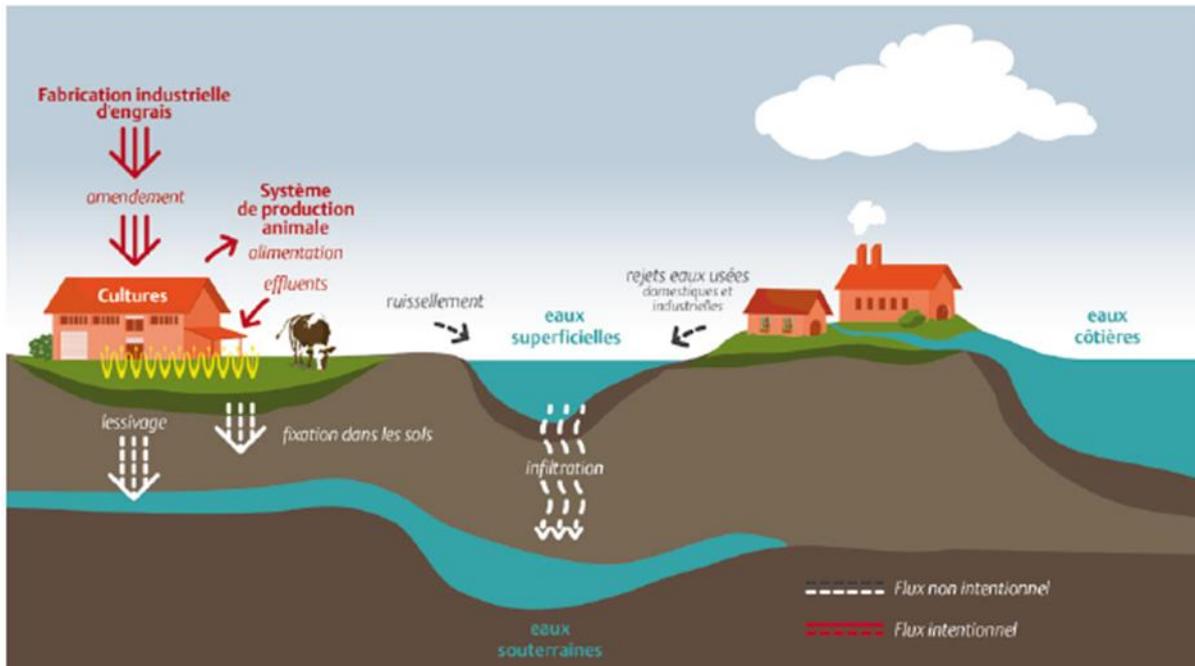


Figure 9: Sources d'azote d'origine anthropique dans l'eau.

Toutes les sources d'azote sont des sources potentielles de nitrate. Dans l'eau, ces substances peuvent provenir de la décomposition de matières végétales ou animales, d'engrais utilisés en agriculture, du fumier, d'eaux usées domestiques et industrielles, des précipitations ou de formations géologiques renfermant des composés azotés solubles. La concentration en nitrates dans les eaux souterraines et les eaux de surface peut atteindre des niveaux élevés à cause du lessivage des terres cultivées ou de la contamination par des déchets d'origine humaine ou animale.

4-Fuites de nitrate et pollution nitrique des nappes souterraines :

Les fuites de nitrate vers les eaux souterraines, que l'on peut également nommer lixiviation, se produisent en période d'excès hydrique lorsque la réserve en eau du sol est remplie.

La lixiviation, plus communément appelée lessivage par abus de langage (le terme concerne plus spécifiquement le transfert de particules), consiste en la migration des solutés, dont le nitrate, avec les eaux de drainage, hors de portée des racines. Le terme "drainage" sous-entend ici les eaux d'infiltration verticale ou de percolation, à la différence du terme "drainage artificiel", qui lui fera référence aux écoulements d'eau en excès dans le sol par tuyaux poreux enterrés. La lixiviation est la résultante de pratiques culturales et de processus qui interagissent dans le temps et dans l'espace, à savoir : la fertilisation, la minéralisation, le transfert (vertical et/ou horizontal), et l'absorption de nitrate .

La part des pertes d'azote par lixiviation de nitrate (exporté par les eaux de drainage sous la forme d'azote nitrique) représente une part parfois importante de l'azote minéral du sol, mais une très faible part de l'azote total présent dans le sol. L'azote minéral ne correspond qu'à une faible fraction de cet azote total. Plus de 95% de l'azote total du sol est ainsi sous forme organique. Les quantités d'azote minéral du sol varient

entre quelques unités et quelques centaines de kg/ha, alors qu'un sol présentant un taux de matière organique faible contient 3 à 4,5 tonnes d'azote total à l'hectare.

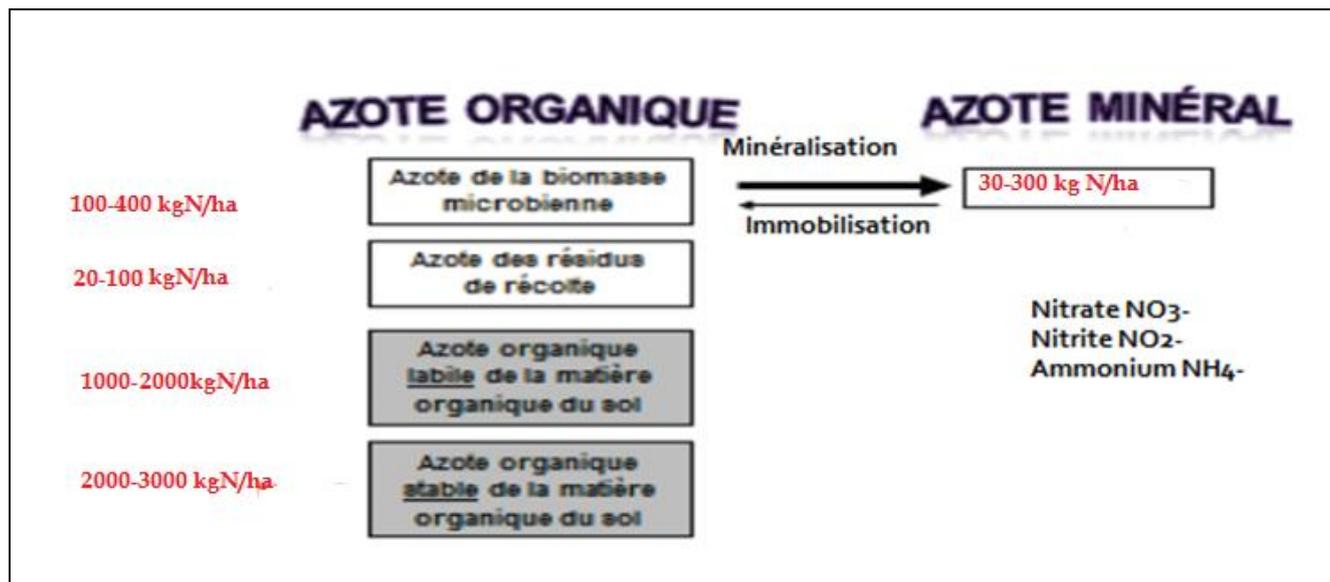


Figure 10: Compartiment de l'azote dans le sol.

4.1. Rôle du climat :

La détermination du climat s'effectue généralement à l'aide de moyennes établies à partir de mesures statistiques, annuelles et mensuelles, sur des données atmosphériques locales de séries trentenaires ou plus : température, précipitations, ensoleillement, humidité, vitesse du vent. Ces paramètres vont influencer directement les cycles de l'eau, biologiques, du carbone et de l'azote, décrits précédemment. En influençant la croissance des végétaux, et donc l'absorption racinaire, le climat va influencer le cycle de l'azote. Il va également, notamment via les précipitations, influencer de façon significative la percolation de l'eau dans le sol et donc le transport des nitrates dans le sol.

L'impact des variables climatiques étant évident et relativement bien connu, plusieurs études ont cherché à montrer les effets des changements climatiques sur les fuites de nitrate. Ainsi, de Jong et al. (2008), ont montré récemment que les modifications de climat prévues dans les prochaines décennies au Canada risquaient d'augmenter les fuites de nitrate de 5 à 30 %. En Europe les changements climatiques pourraient se traduire par une augmentation des précipitations l'hiver et une diminution l'été.

4.2. Gestion de l'irrigation :

Dans les systèmes agricoles, l'irrigation a pour but de satisfaire les besoins en eau des plantes afin d'éviter tout ou partie de stress hydrique qui serait néfaste à la croissance de la plante ou à sa qualité technologique ou gustative. En cas d'apport excessif d'eau d'irrigation, une partie de cette eau peut percoler dans le sol et ainsi quitter la zone racinaire. Cette quantité d'eau perdue pour la plante va constituer du drainage sous racinaire par percolation. Comme de nombreuses études l'ont déjà montré, la maîtrise des fuites de nitrate sous la zone racinaire passe donc en partie par une gestion adéquate de l'irrigation .

Cette gestion pertinente de l'irrigation passe par la maîtrise des doses apportées, mais aussi par le contrôle des fréquences d'irrigation ainsi que par le choix du type d'irrigation qui va influencer la répartition spatiale de la dose d'eau apportée.

Fang et al (2006) ont montré que dans le cadre d'une rotation maïs/blé le maintien d'une humidité à 85% de la capacité au champ au lieu de 75% durant toute la rotation engendrait un drainage significativement plus important à 100 cm de profondeur. De nombreuses études ont montré que les cultures maraichères faisaient partie des cultures à risques vis-à-vis des fuites de nitrate (par exemple Guimera et al. 1995 ; Ramos, 1996). En effet, les apports d'engrais azoté y sont généralement importants et sont souvent associés à une irrigation excessive .

Thompson et al. (2007) ont montré que la sur-irrigation avait lieu principalement pendant les 6 premières semaines de la culture. Cette sur-irrigation en début de culture entraîne une situation favorable au drainage durant tout le reste de la culture .

La fréquence des apports d'irrigation joue également un rôle majeur. Wang et al. (2006) ont montré dans le cadre d'une culture de pommes de terre qu'il vaut mieux de nombreux apports d'irrigation avec de faibles doses que des apports d'eau peu fréquents mais intenses. Cela permet d'atteindre les objectifs de quantité et de qualité de la récolte sans augmenter les risques de lixiviation de nitrate.

4.3. Gestion de la fertilisation azotée :

Une gestion adaptée de la fertilisation azotée doit permettre :

- 1) de satisfaire les besoins de la plante, en évitant d'affecter le rendement en terme de quantité ou de qualité ;
- 2) d'éviter toute perte d'azote minéral et gazeux vers l'environnement avoisinant ;
- 3) de maintenir un sol productif (Shepherd et Chambers, 2007).

La dose optimale d'azote est définie comme la plus petite quantité d'azote permettant d'obtenir le rendement maximal. Lorsque l'on dépasse cette dose optimale, l'azote supplémentaire n'est pas utilisé par la plante, car la production est limitée par un autre facteur : la fertilisation est donc excédentaire. La maîtrise de la fertilisation azotée à l'échelle de la parcelle nécessite donc de pouvoir prévoir la dose à apporter pour une fertilisation équilibrée.

4.4. Gestion des rotations et des types de cultures :

Le type de culture ainsi que l'enchaînement des cultures ont également un impact important sur la lixiviation des ions nitrate. Shepherd et Lord (1996) ont montré que les fuites de nitrate étaient plus importantes après une culture de pommes de terre qu'après des céréales ou bien qu'après une culture de betteraves à sucre. Il apparaît alors nécessaire de privilégier des cultures laissant peu d'azote minéral dans le sol à la récolte lorsqu'une période de sol nu assez longue doit suivre la culture ou bien dans les zones vulnérables vis-à-vis des ions nitrate avec par exemple une nappe libre peu profonde.

4.5. La durée et la période d'interculture :

La durée et la période d'interculture permettent d'estimer l'intensité du risque de lixiviation. Néanmoins, cela n'est pas suffisant. En effet, même avec l'implantation d'une culture d'hiver (en novembre / décembre) le risque de lixiviation est important car durant les premiers mois de croissance de la plante la quantité d'azote absorbé par la culture est faible (une dizaine de kg /ha).

Afin de réduire les risques de fuite de nitrate pendant l'interculture, il existe plusieurs moyens d'actions :

- l'implantation d'une culture intermédiaire,
- la gestion des repousses,
- la gestion des résidus de récoltes (enfouis ou exportés),
- le travail du sol (date, type et profondeur d'incorporation des résidus).

La gestion des résidus va également avoir un impact sur les fuites de nitrate pendant l'interculture. C'est le rapport C/N des résidus qui va influencer le bilan d'azote en favorisant une minéralisation ou une organisation nette. Un rapport C/N élevé (> 50) comme celui des pailles de céréales, de colza et les cannes de maïs va engendrer une organisation nette lors de leur décomposition. De même un enfouissement des résidus va favoriser une organisation nette. Cet enfouissement des résidus, notamment des pailles de céréales, permet également une légère diminution des fuites de nitrate en fonction des conditions météorologiques.

4.6. Caractéristiques et qualité du sol :

Les caractéristiques du sol vont influencer les transferts d'eau et de solutés. La profondeur de sol a un impact évident puisque, moins un sol est profond, plus le risque de lixiviation pour une même lame d'eau drainante est important.

Ce sont les propriétés physiques qui sont principalement responsables de l'érosion et de l'infiltration de l'eau (Drees et al. 1994; VandenBygaart et al. 1999). L'aptitude d'un sol à laisser migrer l'eau et la vitesse à laquelle elle se déplacera d'un point à un autre dépend de sa conductivité hydraulique, qui elle dépend des propriétés texturales du sol, de sa structure (continuité des pores, masse volumique apparente et morphologie des pores conducteurs du sol) et de sa teneur en eau .

L'état structural d'un sol est une des propriétés les plus importantes car il influe sur de nombreuses caractéristiques physiques. La structure peut se définir comme étant le mode d'assemblage des particules minérales primaires (sable, limon et argile) et organiques, en particules secondaires plus grosses (agrégats) de formes et de tailles différentes en combinaison avec les espaces lacunaires (pores) entre elles (Laverdière, 1995).

a) La texture : Trois groupes de minéraux primaires forment la texture d'un sol: sable, limon et argile. La texture joue un rôle important sur les caractéristiques chimiques (capacité d'échange cationique, pouvoir tampon) et physiques (drainage, aération, réchauffement, rétention en eau) des

sols. la texture va fortement influencer les concentrations en nitrate dans l'eau de drainage. Les concentrations moyennes en nitrate sont plus élevées dans les sables que dans les calcaires, les marnes, et les limons

(Beeaudoin, 2005). Ces différences s'expliquent pour partie par le taux de renouvellement de la solution du sol (qui correspondant au drainage/capacité de rétention en eau). Ce taux est un indicateur de la fraction lixiviée du reliquat de début de drainage .

b) La porosité :L'ensemble de ces vides forme la macroporosité du sol qui provoque les pertes d'azote par lixiviation de nitrate vers les eaux souterraines.

c) La matière organique dans le cycle azote :En général, la matière organique retrouvée dans les sols agricoles provient soit des résidus de culture soit des épandages de déjections animales. La quantité de matière organique dans le sol apparaît comme étant un élément clef de la qualité des sols (Shepherd et al. 2002). L'apport de matière organique dans le sol par exemple sous forme de fumier a des effets importants sur les cycles des nutriments et sur les pertes d'azote .

d) Humidité et température du sol :L'humidité et la température du sol contrôlent les processus au sein du sol à tous les niveaux en influant sur les taux de décomposition de la matière organique, de dénitrification et de nitrification. Certaines études ont montré que les émissions de NO augmentent avec l'accroissement de la température du sol. Cependant, le rapport entre la température et les flux de NO est entaché d'une incertitude considérable avec de nombreuses exceptions dans les systèmes tempérés et tropicaux où aucune relation claire n'a été trouvée entre la température et les flux de NO. Pendant la dénitrification, le rapport N_2O/N_2 augmente généralement quand les températures décroissent .

e) Le pH du sol :Le pH du sol a un effet marqué sur les produits de la dénitrification.

Les taux de dénitrification sont plus faibles dans des conditions acides que dans des sols légèrement alcalins, mais la fraction de N_2O peut être plus grande dans un sol à pH bas.

5-Impact des fuites des nitrates sur la santé humaine et l'environnement :

La présence d'ions nitrates dans les eaux engendre deux principaux impact :

5.1.Effet sur la santé :

a. Maladie bleus des bébés

Sous l'action des nitrites, l'hémoglobine se transforme en méthémoglobine qui bloque le transport de l'oxygène. Il s'agit d'une oxydation de l'hémoglobine en méthémoglobine. Il existe une enzyme qui régénère l'hémoglobine empêchant l'accumulation de méthémoglobine inactive, elle est appelée méthémoglobine-réductase ou NADH-cytochrome b5 réductase.

Chez le nourrisson, cette enzyme est inactive ce qui renforce sa sensibilité. Les tissus et les muqueuses se colorent alors en bleu, ce qui donne son nom à la « maladie bleue ». Les symptômes de cette maladie apparaissent lorsque le taux de méthémoglobine atteint 10 %.

b. Cancer des intestins et de l'estomac :

Dans l'estomac, les nitrites s'associent aux amines présentes dans la viande et le poisson pour donner des nitrosamines. Ces substances peuvent, à long terme, provoquer le cancer de l'estomac ou des intestins.

Ces conséquences justifient la fixation de normes strictes.

D'autres effets des nitrates sur l'homme sont :

- L'augmentation du risque de mort fatale
- L'augmentation du risque de mal formation congénitale
- L'augmentation du volume de la glande thyroïde
- L'apparition plus précoce de l'hypertension artérielle

5.2. Effets sur l'environnement :

a. Eutrophisation :

L'eutrophisation est décrite comme la dégradation particulière de la qualité des eaux calmes tels que les lacs, ce processus naturel est très lent : il peut s'étaler sur des siècles ou des millénaires, et parfois sur de plus longues périodes encore.

La pollution des eaux par les nitrates peut avoir plusieurs conséquences. En effet, elle provoque un phénomène de dystrophisation (eutrophisation accéléré).

La dystrophisation est un phénomène qui résulte du rejet de matières organiques fermentescibles dans les eaux ou de leur enrichissement par les minéraux nutritifs - nitrates et phosphates - provenant de l'agriculture et des effluents domestiques rejetés [Jacques Capbancq et al, 2002].

Les principales phases de la dystrophisation des eaux d'un lac :

- Les rejets d'effluents domestiques et/ou d'eaux riches en engrais car ayant lessivé les terres de cultures vont augmenter la teneur du lac en nitrates (et phosphates).
- L'apport de matières organiques fermentescibles contenues dans ces effluents va provoquer une consommation de l'oxygène dissous tandis que les algues prolifèrent par suite de l'enrichissement des eaux en sels minéraux nutritifs.

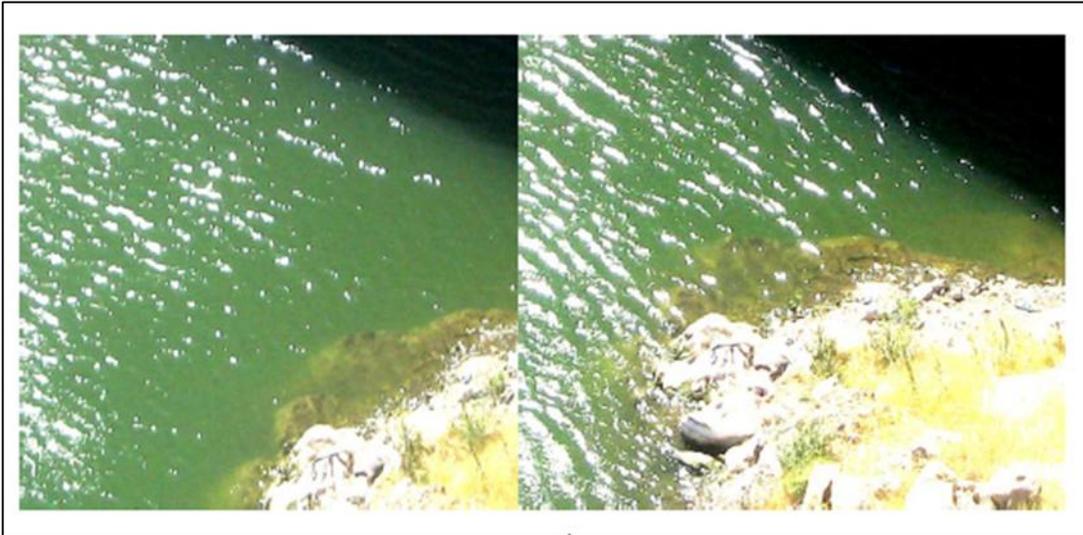


Figure 11: photographies représentant le phénomène d'eutrophisation

b. Marées vertes :

C'est un type particulier d'eutrophisation marine côtière provoqué par un enrichissement excessif des eaux en nutriments. Il s'agit de la prolifération massive d'algues vertes, généralement du genre *Ulve*, au printemps et en été. Ces algues s'accumulent ainsi sur l'estran en quantité très importantes.

6-Conclusion :

La revue bibliographique sur les nitrates et leur impact sur les eaux en général et sur les eaux de source en particulier nous a permis de comprendre que ces derniers sont nécessaires à la vie, mais au-delà d'une certaine teneur (50 mg/l), tout excès présente un risque pour la santé humaine, animale et l'environnement. Et que la cause principale de ces excès dans les différents écosystèmes (air, eau, sol) est l'œuvre des activités humaines particulièrement l'activité agricole.

1. Principales activités agro-industrielles dans la Mitidja :

La Mitidja a connu un développement agro-industriel très important durant la dernière décennie 2003/2012.

2. Les activités agricoles dans la Mitidja :

La plaine de la Mitidja (figure 1) est une plaine littorale étroite et longue d'une centaine de kilomètres, située au centre de l'Algérie du Nord. Elle bénéficie d'un climat méditerranéen favorable à l'activité agricole. La plaine de la Mitidja doit sa richesse à plusieurs avantages :

- des sols riches avec une bonne aptitude à l'irrigation ;
- un climat favorable (284 mm à 951 mm de précipitations par an) ;
- une longue expérience de l'agriculture irriguée (arboriculture et maraîchage) ;
- une proximité du marché potentiel que représentent la capitale et les autres villes avoisinantes ;
- une infrastructure routière bien développée ;
- une grande capacité de stockage et de conditionnement des produits agricoles à côté d'une forte densité d'implantation de l'industrie agro-alimentaire.

Longtemps caractérisée par une agriculture traditionnelle vivrière, la Mitidja a connu une faible occupation des sols (les marécages occupaient de vastes étendus), ainsi qu'un élevage extensif. Elle a très tôt attiré les convoitises de la colonisation, et a été assainie et mise en valeur. A partir de 1880, la plaine s'est transformée rapidement en de vastes exploitations viticoles suite à la crise phylloxérique qui détruisit le vignoble français.

De 1920 jusqu'au début de la deuxième guerre mondiale, les conditions favorables ont permis le développement de l'agriculture irriguée et de la grande hydraulique. Un premier barrage d'irrigation, le barrage du Hamiz, fut construit en 1937 pour l'irrigation de 18 000 ha situés sur la partie Est de la plaine. La petite hydraulique était déjà pratiquée dans la Mitidja, des puits et des forages ont été déjà creusés et la plantation des agrumes a commencé durant cette période.

Au moment de l'indépendance (1962), l'agriculture de la plaine s'est reconvertie. Les vignes ont été remplacées par l'arboriculture fruitière et l'élevage laitier. A partir des années 1980, la Mitidja a connu plusieurs projets d'aménagement hydro-agricoles, notamment la mise en eau de deux grands périmètres irrigués sur la partie Ouest de la plaine pour ainsi réserver l'eau de la nappe de la Mitidja principalement à l'AEP.

Aujourd'hui, la Mitidja représente le centre de la production des fruits et légumes pour toute la région d'Alger, l'infrastructure routière y est bien développée et facilite l'acheminement de la production agricole sur les cinq marchés de gros que compte la région.

2.1. Les superficies agricoles :

La surface agricole totale « SAT » de la plaine de la Mitidja représente l'ensemble des superficies agricoles utiles des terres improductives (parcours, bâtiments); elle est de l'ordre de 164000 hectares.

La surface agricole utile « SAU » représente la superficie 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 pédologie 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 maraîchère) ; il concerne 60000 hectares de superficie.
- Ou en sec : système de culture sans apport d'eau, l'irrigation étant exclusivement tributaire de la pluviométrie.

2.2. Consommation d'engrais chimiques dans la Mitidja :

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

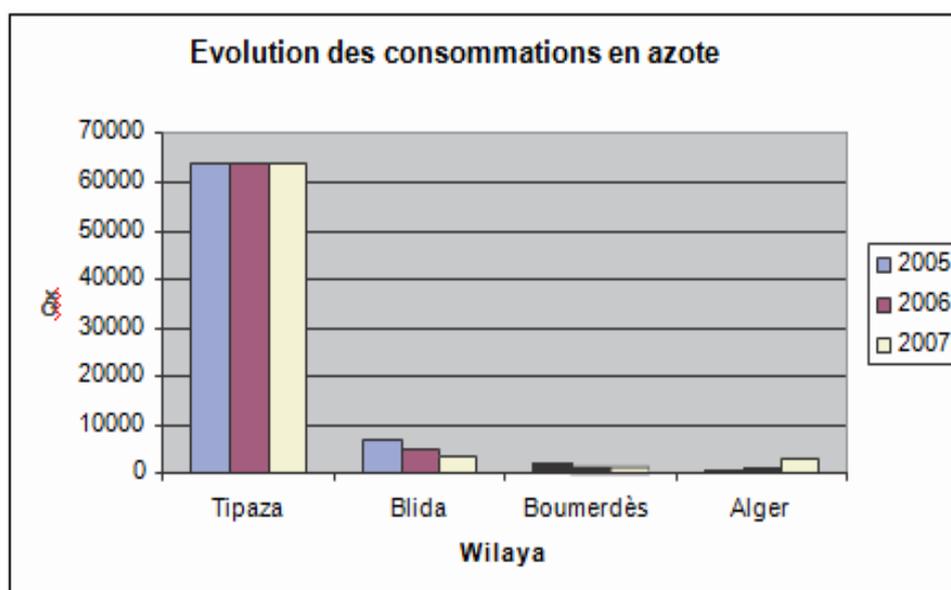


Figure 12: Evolution des consommations en azote (Rapport ANRH, Service pédologie 2010).

On ne constate pas d'évolution significative des quantités d'azote consommées d'une année à l'autre.

Néanmoins, on note une diminution de la consommation en engrais pour Blida et Boumerdès et au contraire, une augmentation de la consommation pour Alger.

Les quantités d'engrais utilisées par commune de la Mitidja n'étant pas établies, on ne pourra donc comparer que les consommations en engrais par wilaya.

La wilaya de Tipaza consomme 10 à 50 fois d'engrais que Blida, Boumerdès, et Alger (Figure 1)

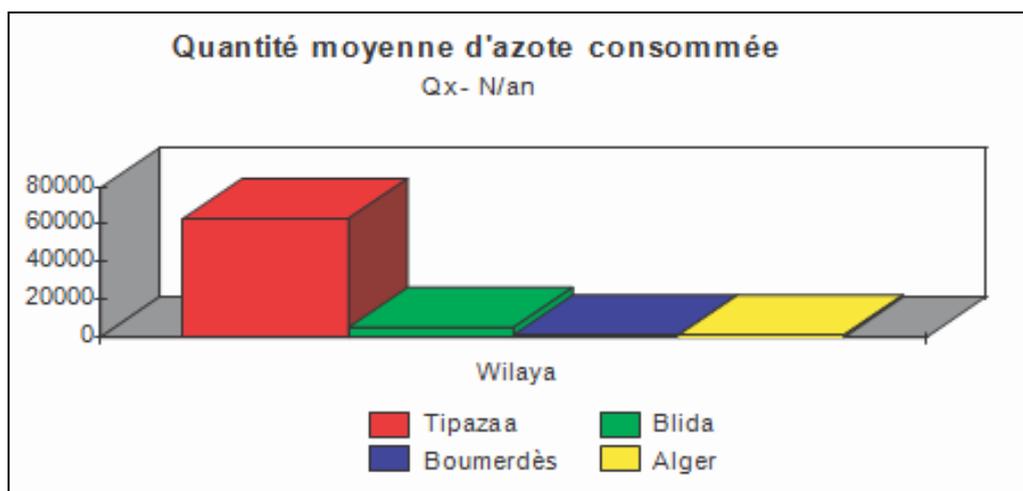


Figure 13: Quantité moyenne d'azote consommée par wilaya (t/an) (Rapport ANRH ,Service pédologie 2010).

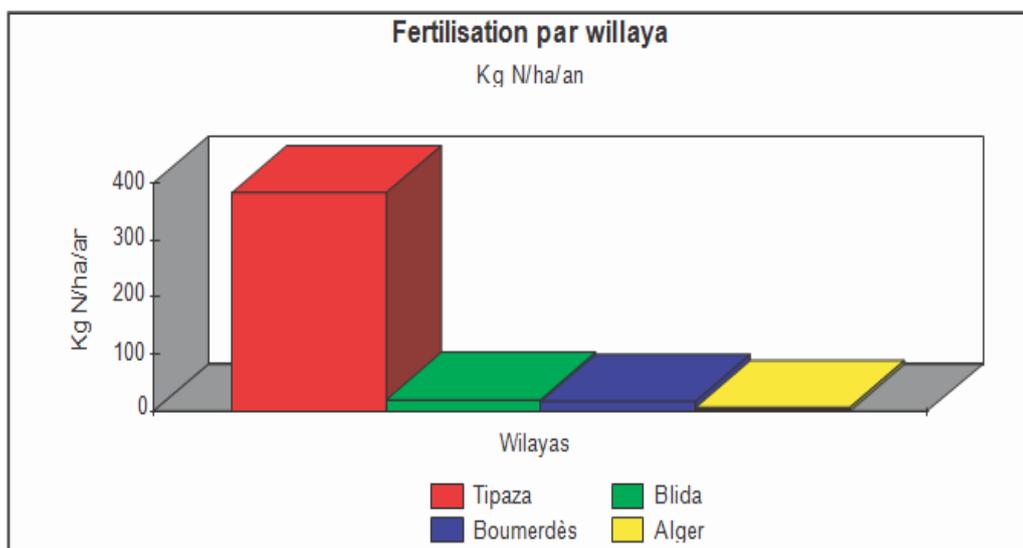


Figure 14: Évaluation des quantités d'azote épandues à l'hectare (2008). (Rapport ANRH ,Service pédologie 2010).

Nous remarquons que la wilaya de Tipaza pour une superficie irriguée moins importante, fertilise 20 à 50 fois plus que Blida, Boumerdès et Alger.

Cela s'explique par le fait que la région de Tipaza est le siège d'une agriculture intensive : la maraîchère (pomme de terre) qui nécessite de grandes quantités d'amendements (engrais, eau). Blida est une région plutôt arboricole, elle consomme moins d'engrais agricoles.

Les apports en azote d'origine agricole dans la Mitidja sont de l'ordre de 12331 t/an.

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

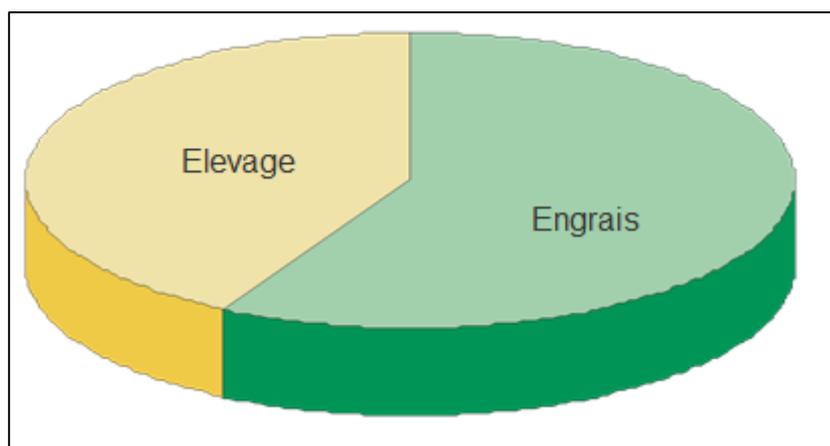


Figure 15: Apport en Azote d'origine agricole. (Rapport ANRH ,Service pédologie 2010).

Une partie des nitrates issus des effluents agricoles, d'origine synthétique ou animale, atteint la nappe par lessivage, une autre partie se déverse dans le milieu récepteur en l'occurrence les oueds et cours d'eau.

2.3. Les principales activités agricoles :

Les principales spéculations en irrigué dans la plaine de la Mitidja sont: Arboriculture, Cultures maraîchères, la céréaliculture.

4. Les activités industrielles dans la Mitidja :

La Mitidja a vu se développer depuis des années une industrie essentiellement axée sur les industries chimiques, pharmaceutique, alimentaire et biotechnologiques, dont le but est de décorer ou de conférer des propriétés chimiques, mécaniques ou électriques.

Dans la partie Est : Les zones industrielles d'Oued Smar, El Harrach, Rouiba et Reghaïa s'étendent sur une superficie totale de 1 478 hectares tandis que les zones d'activité dont l'implantation touche la majorité des communes de la capitale, totalisent près de 170 hectares, En matière de types d'activité exercée au niveau de toutes zones de la wilaya d'Alger la prédominance des industries textiles et cuirs, de transformation des métaux et de production agroalimentaire. La première activité englobe ainsi 1 881 entités alors que la seconde 1 607 et la troisième 1 233 unités. Au total, la wilaya d'Alger compte plus de 1 740 entreprises de production et de services, dont 308 publiques totalisant plus de 35 400 emplois et 10 641 privées employant plus de 111 300 travailleurs.

La centre de la Mitidja : a connu l'installation de plusieurs usines recouvre les communes de Meftah ,Bougara , l'Arbaa, la banlieue de Blida , s'étendent sur une superficie totale de 25207,6hectares .À titre d'exemple le tissu industriel de la wilaya de Blida est renforcé par l'activité industrielle privée qui dispose de 542 unités de production employant près de 11 730 travailleurs.

Au niveau de la partie Ouest de la plaine : on constate la prédominance des activités agricoles et des animaux, par rapport aux activités industrielles, à l'exception de les zones industrielles de Koléa et Attatba.

4.5. Les principales activités industrielles dans la Mitidja :

Les principales unités industrielles sont concentrées en grande partie sur les wilayas d'Alger, Blida et Boumerdes.

L'activité industrielle est répartie principalement en :

Agro-alimentaire ; tabac ; chimie plastique, pharmacie ; matériaux de construction ; construction mécanique ; sidérurgie, métallurgie, textiles.

La figure suivante récapitule les activités industrielles implantées sur la zone d'étude par branche d'activité :

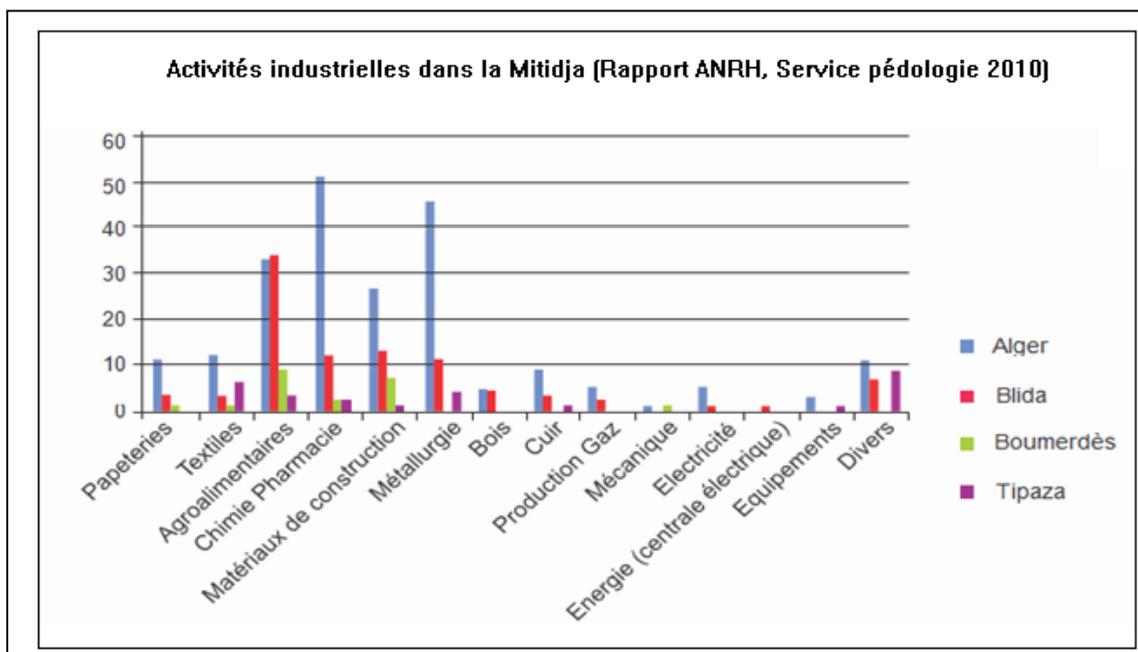


Figure 16: Activités industrielles dans la Mitidja (Rapport ANRH, Service pédologie 2010).

La région d'Alger est le siège d'une activité industrielle prédominante.

Rappelons que l'ensemble de ces industries sont classées polluantes ; elles rejettent de très importantes quantités d'azote dans le milieu récepteur. Cependant les industries du papier, sont celles qui en rejettent le plus.

1. INTRODUCTION

L'altération de l'environnement naturel, notamment le milieu aquifère est devenue progressivement une préoccupation mondiale. En Algérie la principale source de satisfaction de la demande en eau est l'eau souterraine, du fait de son exploitation relativement facile. La croissance démographique et la modernisation de l'agriculture entraînent un grand problème de détérioration de la qualité de cette source souterraine, déjà en quantité limitée. Actuellement, les cours d'eau de la région étudiée reçoivent en permanence les rejets urbains et industriels chargés d'éléments chimiques et organiques, souvent toxiques. Ces substances polluantes peuvent affecter de façon dangereuse la santé publique, si elle continue à être déversées dans la nature sans traitement préalable. Le mécanisme de pollution des eaux souterraines est un processus évolutif dans l'espace et dans le temps, difficilement maîtrisable.

Les systèmes d'information géographique permettent d'effectuer une analyse spatiale dans le but d'avoir des cartes de synthèse afin d'identifier la qualité des eaux souterraines de la plaine de Mitidja sur support numérique.

2- La Cartographie :

La cartographie est l'ensemble des études et des opérations scientifiques et techniques intervenant dans l'établissement des cartes ou plans, à partir des résultats d'observations directes ou de l'exploitation d'une documentation préexistante. Une carte est une représentation géométrique plane, simplifiée et conventionnelle, de tout ou partie de la surface terrestre, dans un rapport de similitude convenable qu'on appelle l'échelle.

Le report de la surface courbe de la Terre sur la surface plane de la carte pose deux problèmes difficiles. Le premier est celui de la détermination exacte de la forme et des dimensions de la Terre. Le second est celui de la meilleure correspondance possible entre les points de l'ellipsoïde terrestre et ceux du plan.

La difficulté des projections vient de ce que l'ellipsoïde n'étant pas une surface développable, il est impossible de la reporter sur un plan sans la déchirer ou l'altérer. D'où la recherche de systèmes permettant de conserver une des propriétés de la surface projetée, sachant que cela se fait au détriment des autres. On distingue ainsi les projections conformes, qui conservent les rapports d'angles entre les directions de l'ellipsoïde et celles du plan, et les projections équivalentes, qui conservent les rapports des surfaces. D'autres, dites aphyllactiques ou quelconques, ne sont ni conformes ni équivalentes. Pour représenter l'ensemble .

Toute la cartographie obéit en fait à quelques principes de base très simples, relevant du simple bon sens.

- Un phénomène se traduit par un signe, en noir ou en couleur et un seul (jamais de redondance qui équivaldrait à doubler la valeur d'un phénomène).
- Les variations de qualité se traduisent par la variation de forme du signe.
- Les variations de quantité (effectifs, valeurs brutes) se traduisent par des variations de la taille du signe.

- Les variations de valeurs relatives (quantités rapportées à une surface ou une unité : densité, taux, PIB par habitant etc...) se traduisent par une variation de couleurs ou de trames.
- Plus une valeur est forte, plus le signe qui lui correspond aura une valeur forte, et vice versa.
- On utilise les couleurs de plus en plus chaudes pour tous les phénomènes "positifs" (en valeur ou en appréciation) et des couleurs de plus en plus froides pour tous les phénomènes "négatifs" (en valeur ou en appréciation).

3-Methodes de cartographie :

3-1-Cartographie automatique :

Elles reposent sur le principe d'interpolation spatiale des éléments du climat, elles s'appliquent typiquement aux mesures ponctuelles de variables climatiques, telles que la pluie ou la température de l'air. Les techniques d'interpolation spatiale des données sont nombreuses. Dans ce qui suit, on détaille les méthodes et techniques les plus utilisées (Bois, 2012) :

3-2-Cartographie numérique:

La cartographie numérique s'est structurée au cours du temps pour fournir une réponse à la demande croissante en données quantitatives et spatialisées sur les sols. Issue de travaux de recherche méthodologique, elle s'affirme aujourd'hui comme une méthodologie opérationnelle d'inventaire pédologique, dont l'objectif, explicitement est de fournir les données climatiques qui manquent actuellement aux activités de modélisation et d'aide à la décision.

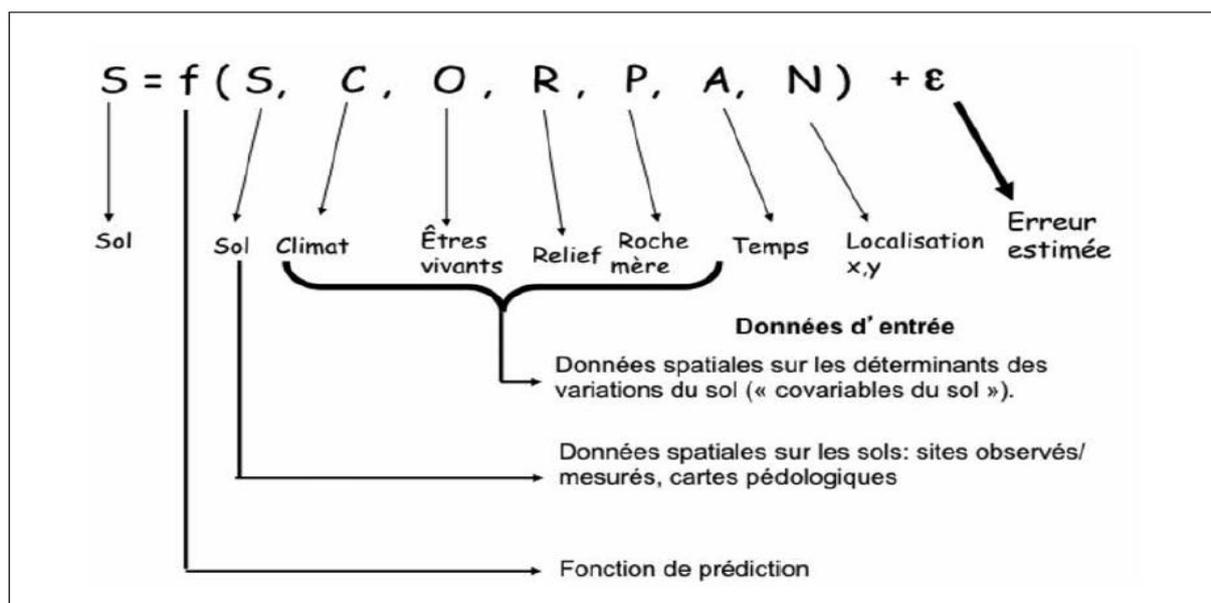


Figure 17: Principe général de la cartographie numérique des sols (modifié d'après McBratney et al. 2003).

4-Application de la cartographie des nitrates :

4-1-Inventaire des données :

L'opération d'inventaire consiste à identifier, décrire, localiser, trier et structurer les données relatives à la plaine de Mitidja pour mener à bien cette tâche, d'importants efforts ont été déployés.

Ceci a permis de recueillir diverses informations et documentations de différents organismes, citons :

- Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
- Direction d'Hydraulique de la Wilaya de Blida
- Office National de la Météorologie.
- Bibliothèque de l'école nationale supérieure de l'hydraulique (ENSH).

Les données recueillies sont :

- Fichiers de forages avec leurs analyses physico- chimiques
- Fichiers de puits avec leurs caractéristiques
- Fichiers de sources avec leurs analyses physico- chimiques
- Données géologiques et hydrogéologiques du site d'étude.
- Carte géologique, carte hydrogéologique, carte pédologique et la carte de situation de la région d'étude.

4-2-Analyse des données :

L'analyse des données consiste à déterminer les caractéristiques des documents à retenir, pour bien appréhender et supporter la représentation de l'état des eaux souterraines de notre zone d'étude, car dans un tel projet, il est difficile de définir à l'avance toutes les utilisations possibles et imaginables qui pourraient être faites par les systèmes d'information géographique.

Parmi les problèmes rencontrés lors de l'analyse des données, on peut citer :

- Absence des analyses physico- chimiques de certains forages,
- Absence des caractéristiques dynamiques de quelques puits,
- Absence de certains paramètres hydro chimiques des puits,
- Absence de date d'établissement des cartes,
- Absence de flèche directionnelle du Nord, légende et échelle dans certaines cartes,
- Manque des points de rejets industriels, agricoles et domestiques dans le secteur étudié, etc.

4-3- CREATION DE LA BASE DE DONNEES :

Les données telles qu'elles sont recueillies durant l'inventaire et l'analyse ne peuvent être intégrées directement à la base de données. Pour leur intégration, on a procédé à :

- La préparation des données (inventaire et analyse),
- La numérisation et la conversion des données,

- L'intégration des données dans la base de données.

Les données associées sont organisées sous forme de tables. Les attributs sont introduits champ par champ selon la nature du critère à intégrer (qualitatif: caractère ou quantitatif: entier, flottant, virgule fixe,...).

ER ACCUEIL INSERTION MISE EN PAGE FORMULES DONNÉES RÉVISION									25	493 450	358 800	61,0	70,0	29,0	22,0	64,0
									26	496 120	352 200	37,0	41,0	30,0	21,0	22,0
									27	493 720	353 500	0,0	70,0	32,0	94,0	62,0
A	B	C	D	E	F	G	H	I	28	493 250	359 700	0,0	21,0	23,0	39,0	41,0
x	y	2011	2012	2013	2014	2015										
1	550 100	360 550	20,0	0,0	22,0	24,0	29,0	29	491 200	355 640	44,0	33,0	0,0	63,0	72,0	
2	550 550	380 450	3,0	40,6	8,0	8,0	28,0	30	488 600	352 230	87,0	59,0	0,0	82,0	78,0	
3	552 750	385 600	55,0	0,2	35,0	35,0	64,0	31	488 600	352 230	24,0	69,0	22,0	34,0	75,0	
4	558 620	379 920	63,0	20,0	0,0	35,0	78,0	32	503 950	352 600	10,0	52,0	27,0	95,0	34,0	
5	547 900	382 900	6,0	18,8	14,0	31,0	33,0	33	512 350	366 250	83,0	0,0	65,0	125,0	1,0	
6	539 200	373 150	47,0	27,6	4,0	59,0	22,0	34	516 400	357 800	8,0	33,0	17,0	76,9	28,0	
7	534 900	367 700	37,0	38,5	19,0	54,0	46,0	35	526 700	361 300	25,0	79,0	37,0	58,9	4,0	
8	556 440	382 630	5,0	121,8	0,0	76,0	106,0	36	488 600	352 230	10,0	18,0	59,0	22,0	73,0	
9	549 200	383 070	66,0	79,9	0,0	78,0	46,0	37	496 120	352 200	42,0	100,0	76,0	49,0	14,0	
10	556 500	384 350	65,0	27,1	0,0	63,0	70,0	38	493 720	353 500	3,0	104,0	17,0	66,0	54,0	
11	557 900	384 670	61,0	31,0	61,0	27,0	95,0	39	493 250	359 700	27,0	23,8	65,0	34,0	48,0	
12	550 650	370 750	86,0	0,0	96,0	80,0	29,0	40	491 200	355 640	28,0	17,3	0,0	40,0	34,0	
13	553 650	374 620	42,0	14,1	37,0	62,0	73,0	41	504 500	349 450	69,0	5,8	58,0	72,0	48,0	
14	512 050	360 200	100,0	11,6	16,0	35,0	27,0	42	503 950	352 600	34,0	62,6	80,0	21,0	29,0	
15	510 050	361 450	40,0	35,6	0,0	31,0	44,0	43	503 750	358 120	10,0	18,8	32,0	0,0	24,0	
16	512 350	366 250	65,0	27,3	36,0	0,0	4,0	44	503 500	356 950	22,0	188,1	54,0	21,0	29,0	
17	516 400	357 800	20,0	52,8	92,0	2,0	45,0	45	512 050	360 200	2,0	41,2	46,0	21,0	27,0	
18	545 950	368 500	6,0	36,2	23,0	19,0	34,0	46	513 100	369 600	2,0	23,7	93,0	5,0	15,0	
19	533 750	361 100	34,0	34,3	51,0	32,0	61,0	47	510 050	361 450	65,0	18,8	58,0	0,0	40,0	
20	534 770	361 500	13,0	0,0	56,0	63,0	77,0									
21	541 270	363 070	24,0	44,0	33,0	67,0	75,0									
22	503 500	356 950	11,0	5,0	80,0	64,0	30,0									
23	504 800	361 500	28,0	0,0	52,0	82,0	32,0									
24	504 400	356 300	86,0	32,0	19,0	66,0	0,0									
25	493 450	358 800	61,0	70,0	29,0	22,0	64,0									
26	496 120	352 200	37,0	41,0	30,0	21,0	22,0									
27	493 720	353 500	0,0	70,0	37,0	94,0	67,0									

Figure 18 :Structure de la base de données

4-4- NUMERISATION DES DONNEES :

La numérisation consiste à remplacer les plans et cartes traditionnels en papier, difficiles à manipuler et dont la mise à jour est complexe par des plans numérisés.

Les logiciels de cartographie utilisées dans notre projet sont : le Mapinfo et Surfer .

4-4-1 le logiciel MapInfo :

MapInfo Professional est un Système d'information géographique (SIG) à l'origine Bureautique créé dans les années 1980 aux États-Unis. C'est un logiciel qui permet de réaliser des cartes en format numérique.

MapInfo est conçu autour d'un moteur d'édition de cartes qui permet la superposition de couches numériques. Il permet de représenter à l'aide d'un système de couches des informations géo-localisées : points, polygones, image raster ... Il incorpore un grand nombre de formats de données, de fonctions cartographiques et de gestion de données... Un système de requêtes cartographiques adapté permet la conception des cartes et bases de données cartographiques. MapInfo est ouvert vers le Web et les globes virtuels ; il permet de publier sur le web des cartes réalisées sur un PC, de faire de la cartographie interactive, d'incorporer des informations des globes virtuels..(Site web Wikipedia)

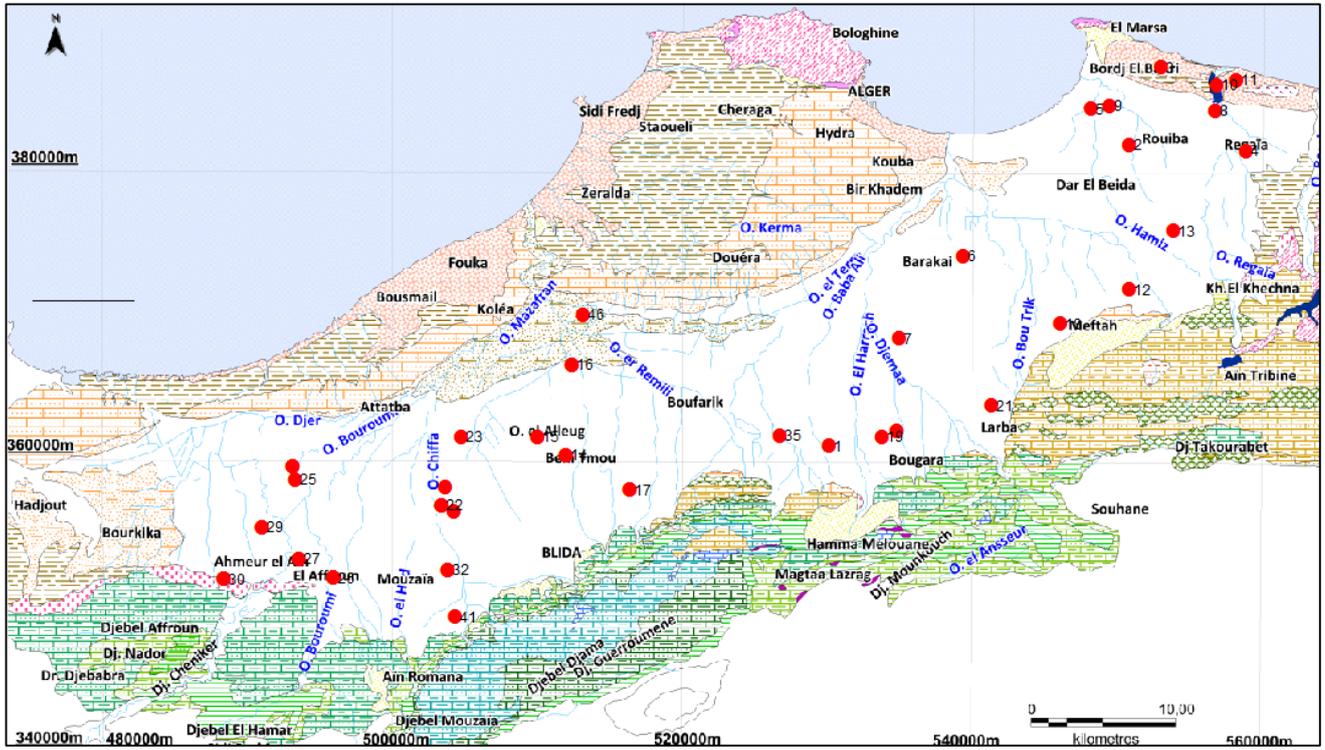


Figure 19: Carte Numérisée de la plaine de Mitidja représentant les puits et forages de sondage

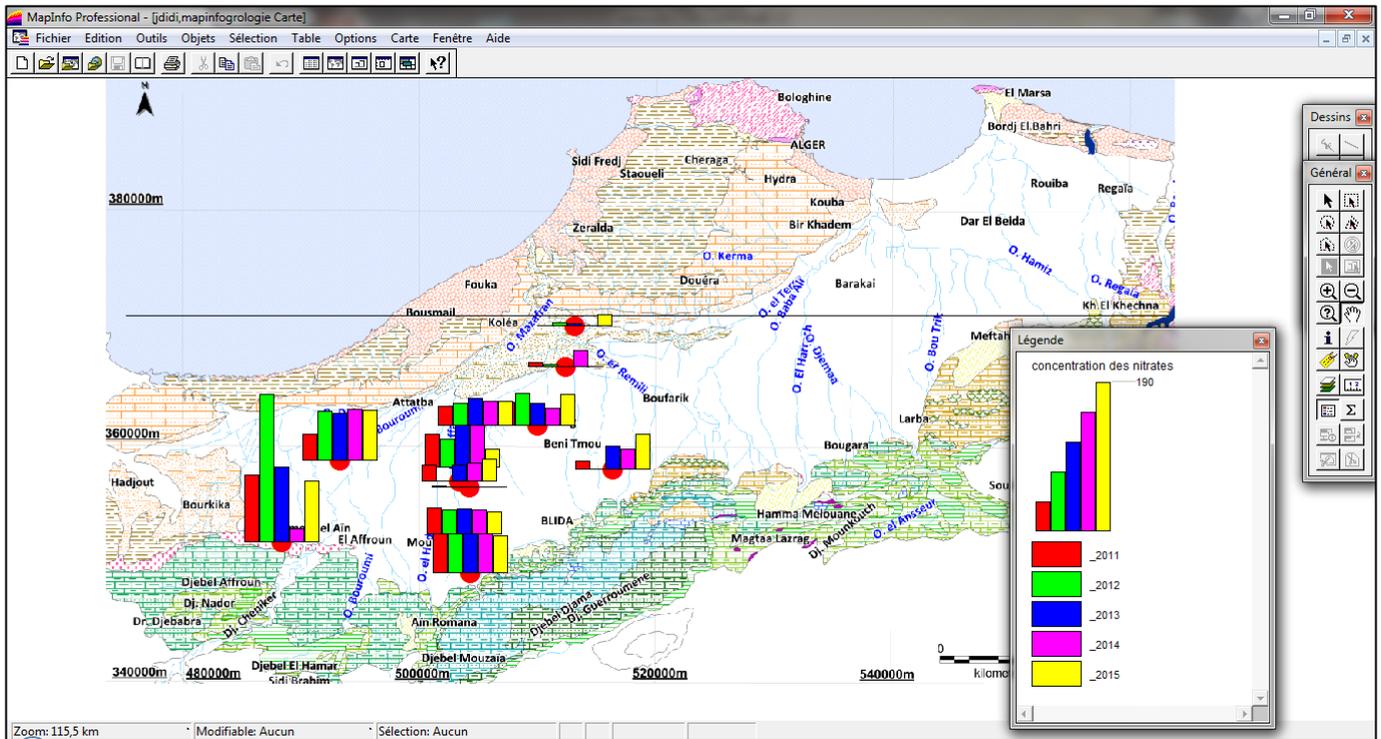


Figure 20: Shematisation des puits ayant les résultats complets des concentration de nitrates (2011-2015)

Cette méthode se révèle la mieux adaptée aux nécessités de notre étude, car elle permet de saisir la géométrie des objets graphiques élémentaires : Point (forage), Ligne (cours d'eau) ou Polygone (bassin versant), etc.

4-4-2 Le logiciel Surfer :

Ce logiciel de cartographie est conçu par Golden Software, nous permet de réaliser des modèles numériques de terrain (MNT) issus des données que vous aurez récoltées sur le terrain.

Le principe de Surfer est le suivant: le logiciel nous permet de créer des grilles qui vont interpoler les données irrégulières de nos points x,y,z afin de les ordonner.

C'est à partir de ces grilles que l'on pourra créer plusieurs types de cartes : base map, contourmap, 3D surface, vector et bien d'autres. (Site web Wikipedia).

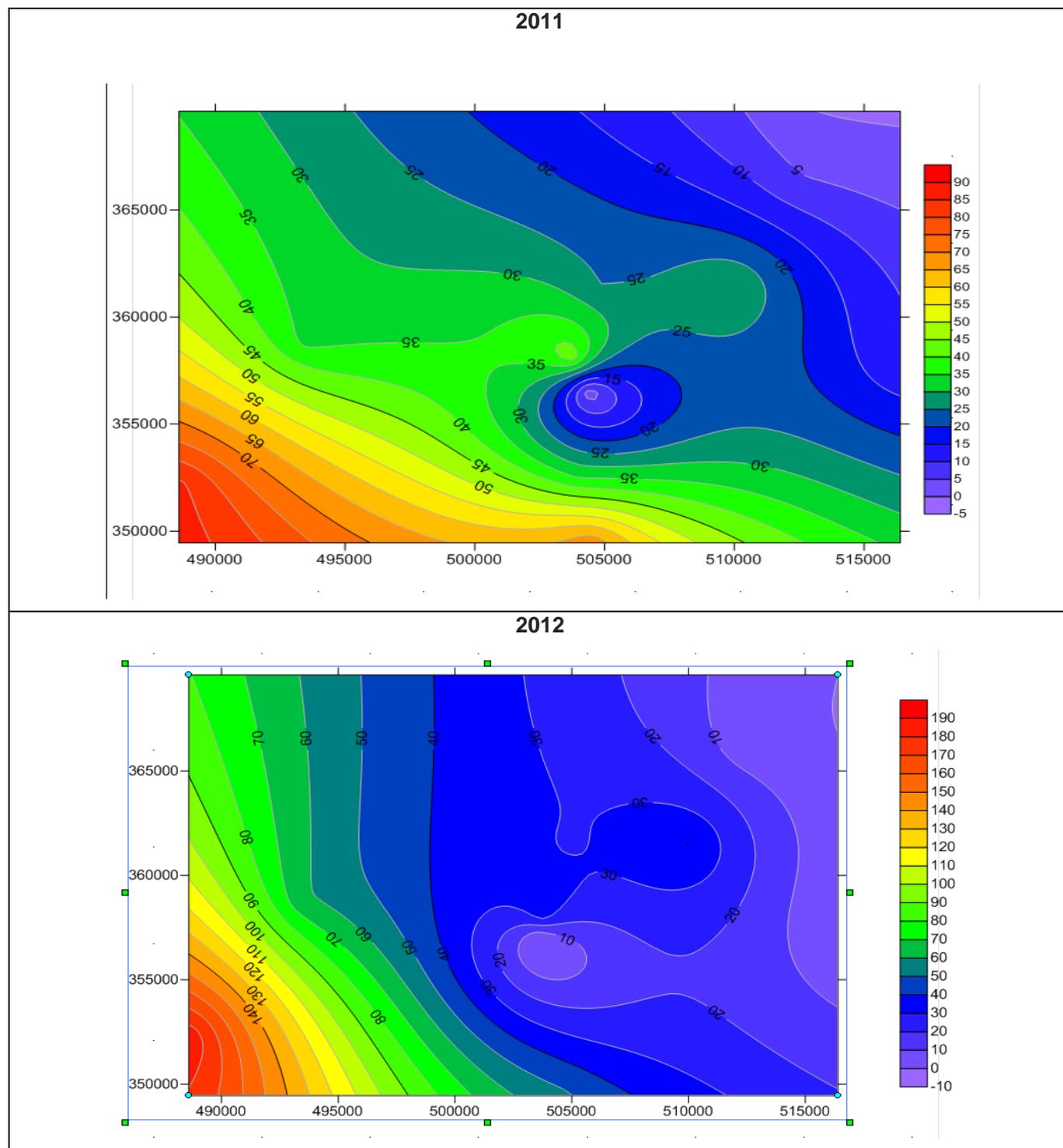


Figure 21: Représentation du niveau des nitrates sur la plaine par le logiciel Surfer années (2011-2013)

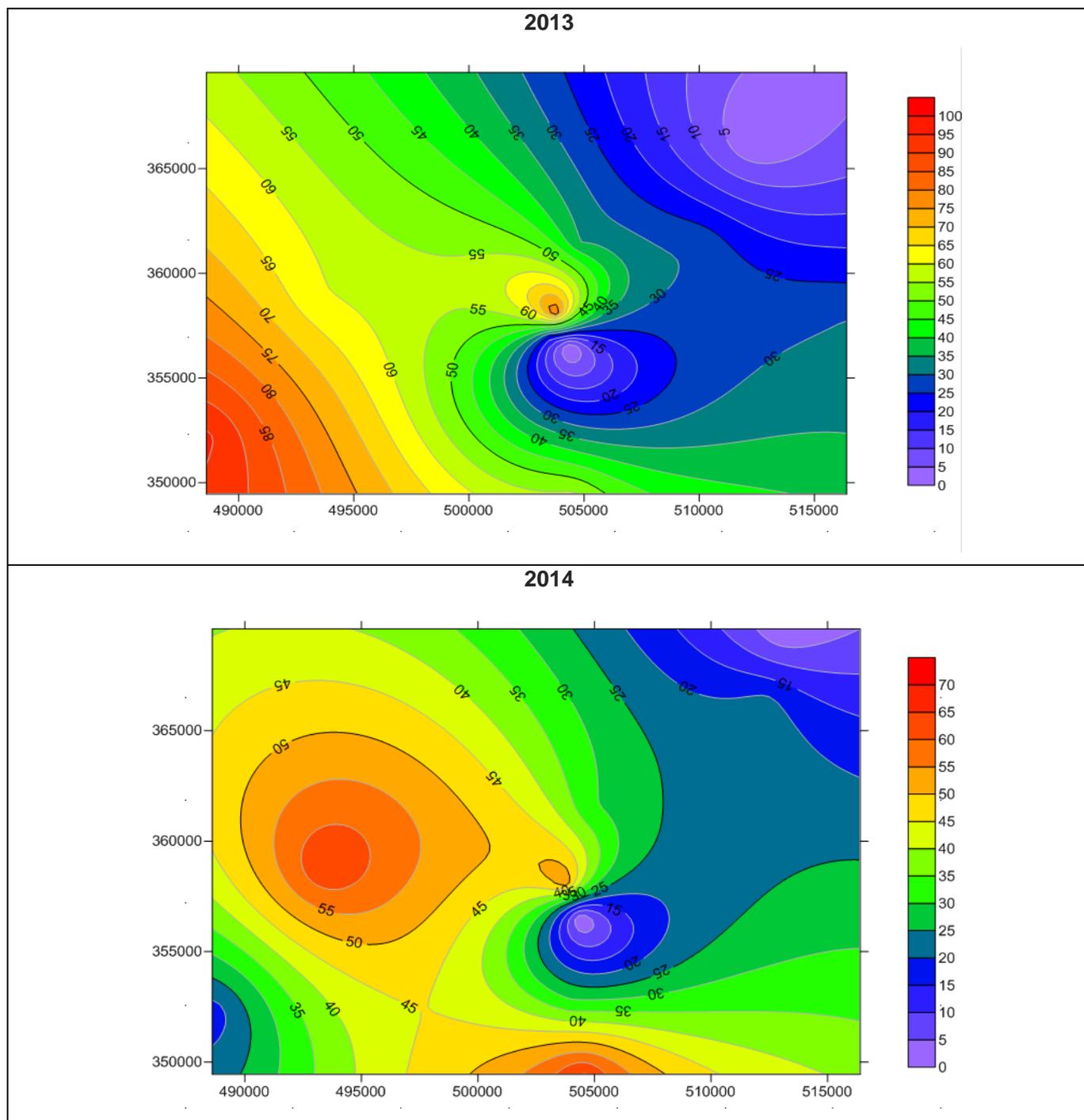


Figure 22 :Représentation du niveau des nitrates sur la plaine par le logiciel Surfer années (2013-2014)

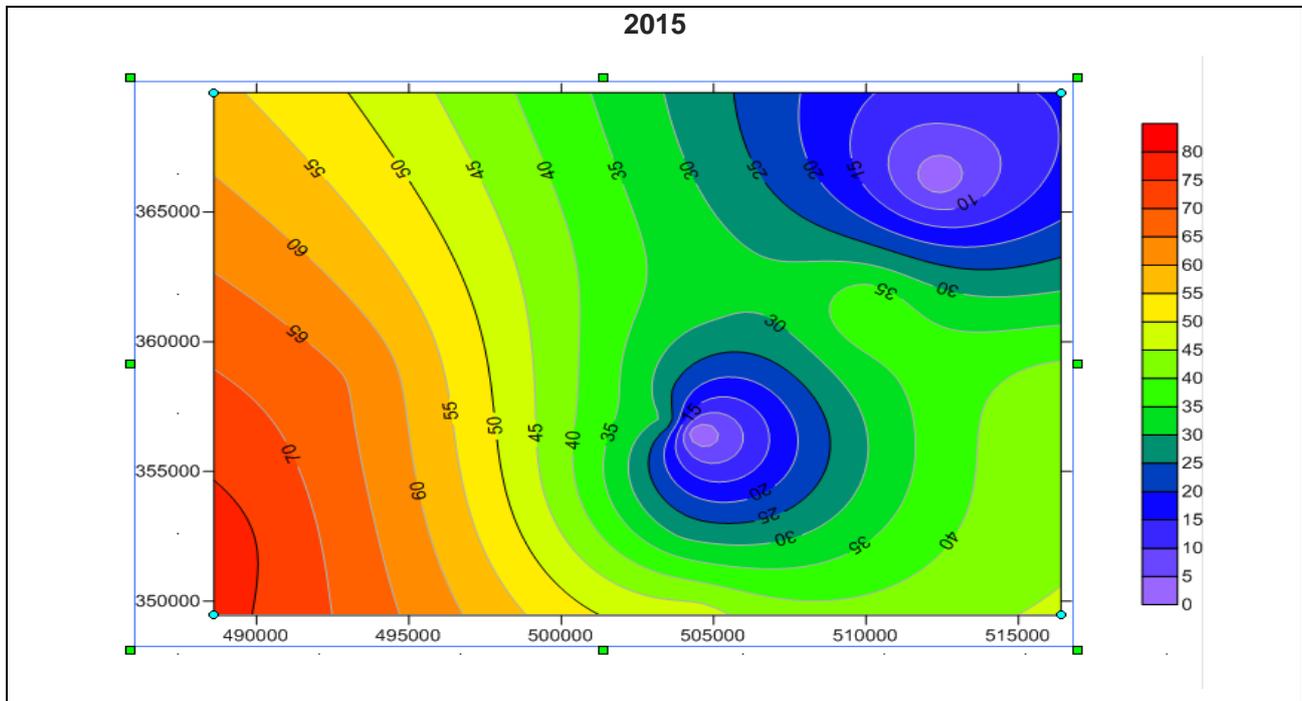


Figure 23:Représentation du niveau des nitrates sur la plaine par le logiciel Surfer année (2015)

Toutes les entités spatiales et leurs données descriptives peuvent être entachées d'erreurs ou d'imprécision. L'opération consiste à établir le lien entre les données spatiales et descriptives afin de vérifier les erreurs suivantes :

- Les entités spatiales sont parfois mal positionné ou ont des formes erronées,
- Un polygone non fermé,
- Noeuds dupliqués,
- Etc.

La constitution de notre base de données nous permet de formuler un nombre infini de requêtes répondant à diverses interrogations. A titre d'illustration, on présente l'affichage des forages dont les nitrates dépassent les normes de potabilité :

4-5-Resultats et interpretations :

Afin d'identifier les sources de cette pollution par les nitrates, en sachant que ceux-ci représentent un indicateur de pollution d'origine anthropique (Mme Djoudar ,2014.), nous avons mené une enquête se rapportant aux différentes activités socio-économiques exercées dans la Mitidja.

Il appât au cours de notre étude que la présence de nitrates dans les eaux souterraines de la Mitidja a essentiellement trois origines :

1) Une origine agricole : la Mitidja est une région à vocation agricole, où le taux de fertilisation a atteint dans sa région ouest près de 400 kg d'azote/hectare (Hadjoudj, 2008).

2) Une origine urbaine : les rejets urbains drainés par le réseau d'assainissement public ne sont pas épurés en totalité et sont donc déversés dans les oueds parcourant la plaine, les nappes aquifères de la Mitidja étant alluviales, une partie des eaux polluées alimente les nappes sous-jacentes.

3) Une origine industrielle : la région est de la Mitidja connaît une très forte activité industrielle, dont les effluents sont déversés directement dans les oueds sans traitement préalable.

Il en ressort essentiellement que la région est est la plus affectée par cette pollution où les concentrations en nitrates atteignent en moyenne 120 mg/L (**Hadjoudj, 2008**), conséquence de la très forte pression socio-économique exercée sur cette partie de la Mitidja par les activités industrielles, agricoles et urbaines.

Néanmoins, des mesures correctives ont été mises en œuvre par les pouvoirs publics, et ce afin de réduire l'impact de toutes ces sources de pollution sur la qualité des eaux souterraines de la Mitidja.

4-6- Recommandations :

Dans le souci de préserver la qualité des eaux souterraines de la nappe du quaternaire, nous proposons ce qui suit :

Pour la pollution d'origine agricole :

*Procéder à des analyses du sol à la fin de l'hiver, pour apprécier les reliquats d'azote minéral. Ceci aidera l'agriculteur à connaître la quantité d'azote nécessaire aux cultures

Apport en azote = besoin de la culture en azote - azote contenu dans le sol

* Soustraire les nitrates du sol par :

- l'utilisation des cultures les plus exigeantes en azote (exemple : céréaliculture)
- l'aménagement des rotations des cultures (cultures à cycle long qui utilisent l'azote minéralisé en été et en automne).

* Mettre en place des usines de compost et sensibiliser les agriculteurs pour une utilisation du compost en alternance avec les engrais azotés.

* Les effluents d'élevage ne doivent en aucun cas s'écouler librement sur le sol. Ils doivent être épandus sur des surfaces assez importantes pour ne pas permettre leur infiltration en un point donné sur de grandes profondeurs, ainsi on préservera la nappe de cet apport.

* Eviter les excès d'eau d'irrigation qui lessivent l'azote en :

- -améliorant l'ajustement des doses et fréquences d'irrigation
- -généralisant d'autres techniques, par exemple l'irrigation goutte à goutte si les conditions le permettent.

Pour la pollution d'origine industrielle et domestique :

Traiter les eaux issues de ces rejets avant de les injecter au milieu naturel .

5. CONCLUSION :

La composition et la qualité des eaux souterraines sont à l'origine liées à la nature géologique de la région. Malheureusement celle-ci est dénaturée par les activités agricoles et industrielles dans la ville. Les eaux usées domestiques et industrielles souvent déversées directement dans les oueds, participent fortement au changement de la qualité des eaux souterraines d'une agglomération.

Dans notre cas bien précis, le S.I.G nous a permis d'établir des cartes numérisées de la qualité des eaux souterraines de la plaine de Metidja. Ces cartes mises à jour régulièrement, vont permettre d'avoir les informations liées à la dégradation de la qualité de ces eaux en temps réel. Par conséquent, en cas d'aléa qui affecte la qualité de l'eau à un endroit bien déterminé, les techniciens peuvent consulter directement les cartes numérisées, remonter à l'origine du problème, simuler les différents scénarios et proposer la ou les solutions les plus appropriées aux décideurs de la ville pour prendre les dispositions nécessaires.

L'installation du S.I.G est laborieuse et nécessite beaucoup de temps pour l'acquisition et la création de bases de données. Par contre une fois installé il a l'avantage de diminuer le temps de traitement d'une information de façon considérable.

Dans le cas de notre étude la grande densité de données nous a conduit à établir une multitude de requêtes. Ces dernières consistent à trier, grouper et afficher les analyses en une base de données selon différents critères.

Les cartes obtenues pourront servir à :

- Déterminer les forages destinés à l'alimentation en eau potable,
- Etre utilisées pour l'aménagement du territoire,
- Choisir des zones propices à l'enfouissement des déchets,

CONCLUSION GENERALE

L'objectif de cette étude était d'établir une cartographie des nitrates de la plaine de Mitidja en utilisant les résultats des analyses établies par l'ANRH de Blida et d'aborder l'impact des activités agro-industrielles sur la nappe phréatique de Mitidja.

Nous nous sommes consacrés dans plusieurs phases, à une recherche bibliographique pour présenter la zone d'étude et identifier le phénomène, ses origines et ses causes et lister les principaux facteurs qui régissent ces interactions.

Les différents suivis piézométriques et analyses chimiques sur la plaine de la Mitidja, zone d'étude, permettent d'émettre l'hypothèse d'une contamination des eaux souterraines dans cette zone due essentiellement à l'activité agricole et industrielle qui caractérise la région.

Les systèmes d'information géographique permettent de créer, de manipuler et d'analyser, des bases de données temporelles et physiques liées à la géographie et à l'activité de la zone à étudier, pour gérer et exploiter plusieurs problèmes de la ville algérienne.

L'interpolation et la cartographie ont été faites par le logiciel Map info et Surfer. Ce qui nous a guidés à sortir par les recommandations suivantes :

- La vulgarisation agricole par les services concernés devient impérative. Elle doit porter sur les techniques d'amendement, les techniques de labour et 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'élevage doivent être traités avant leur rejet dans le milieu naturel, ou à défaut épandus sur grandes superficies afin d'éviter des pollutions ponctuelles.
- 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.

Les systèmes d'information géographique permettent de créer, de manipuler et d'analyser, des bases de données temporelles et physiques liées à la géographie et à l'activité de la zone à étudier, pour gérer et exploiter plusieurs problèmes de la ville algérienne.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdelbaki Amina, (2007)** Mise en place d'un Système d'Information Géographique pour l'élaboration d'un plan d'aménagement de protection -Cas du sous bassin versant de oued Bouguedfine (B/V Zahraz-CHLEF, PFE, INA, Alger .
- ANRH (2015)** bulletin des analyse physico-chimique des années (2011-2015) de la plaine de Mitidja .
- ALOUANE Hind (2010)** :Evaluation des teneurs en nitrates dans les sols et dans les eaux captées et émergentes en zones à vocation agricole Impact des nitrates sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine ; Université Mentouri Constantine.
- Badis Sif Eddine (2015)** :Cartographie de la salinité des sols par l'approche geostatistique pour des perimetres de grandes etendues .
- **Belaidi Mouloud .Sadat Mohamed & Kahboube Brahim** ANRH Blida note sur l'evolution de la piezometrie de la nappe de la mitidja .
- Boudjerada Idriss(2015)** : Estimation et cartographie de l'evapotranspiration potentielle.
- CHENAIFIA Djilali** Effets de l'extraction des granulats sur la nappe Alluviale d'Oued El Harrach (Mitidja amont)-Wilaya de Blida Université blida .
- C. Abdelbaki * et F. Boukli Hacène** Etude du phénomène de dégradation des eaux souterraines du groupement urbain de Tlemcen .Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen 2007
- D.Djoudar (2014)** approche methodologique de la vulnerabilite de la ressource en eau souterraine en milieu fortement urbanise : exemple en algerie des plaines littorales (mitidja) .
- FATIMA DJAMILA (2014)** Influence des activités agricoles et industrielles sur la qualité des eaux souterraines et l'environnement dans la Mitidja UNIVERSITE BLIDA I
- Hadjoudj, (2008).** Thèse de doctorat, Université d'Alger.
- INM (2015)** Données climatique et hyraulogique de la plaine de Mitidja .
- MEDDI mohamed; BOUFEKANE Abdelmadjid; MEDDI Hind; SAIDI Hayet; CHEBAH Mohamed; MOUMTAZ Rezack** Recharge artificielle de la nappe de la Mitidja

-O. Hadjoudj, R. Bensemmane, Z. Saoud, M. Reggabi Pollution des eaux souterraines de la mitidja par les nitrates : État des lieux et mesures correctives.

-RAPPORT FINAL INTEGRE du Programme d'Aménagement Côtier (PAC) "Zone côtière algéroise"
2006.