



N° d'ordre :

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique Université
D'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed
Faculté des Sciences de la Terre et de l'univers Département de Géologie

Mémoire

Présenté pour l'obtention du grade de Master en Géologie

Option : Hydrogéologie

Thème :

**Pollution par les nitrates
et procédés d'élimination dans les eaux souterraines
(Cas de la plaine des Hassi, région d'Oran)**

Présenté par :

Amad Vilma Rita

Zalane Constância Paulo

Soutenu le :devant la commission d'examen :

Mr FOUKRECHE M.	Université d'Oran 2	Président
Mme ABLAOUI H.	Université d'Oran 2	Encadreur
Mr BOURSALI T.	Université d'Oran 2	Examineur

Oran, 2020

Remerciements

Tout d'abord nous tenons à remercier Dieu de nous avoir donné la santé, la volonté et la patience pour mener à terme notre formation de Master et de réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer nos profonds remerciements à Madame MEBROUK Naima, qui nous a proposé le thème.

Nous tenons à remercier Madame ABLAOUI Halima d'accepter nous soutenir et pour son aide et sa disponibilité infatigable.

Nous adressons également nos remerciements à Monsieur FOUKRACHE Mohamed, de nous avoir fait l'honneur d'examiner ce travail et d'avoir mis à notre disposition la documentation nécessaire pour sa réalisation.

On tient aussi à remercier l'ensemble des enseignants du département des Sciences de la Terre, en particulier ceux de la filière hydrogéologie qui nous ont été d'une aide précieuse.

Dédicace

Je dédie ce travail à ma mère Eulália Rita, pour son aide insatiable et sa présence tout au long de ma formation.

En dédicace spéciale à mon feu beau-père Jaime Dambo, qui eut participé de manière active à l'avancement de mes études.

A ma marraine Dulce Mula Massunda qui m'a toujours soutenue.

A ma famille en général, mes amis en particulier, à mon binôme, mes professeurs et camarades de classe et tous ceux qui directement ou indirectement m'ont encouragée durant les années d'étude.

Amad Vilma Rita

Je dédie ce mémoire à mes parents (Paulo Amosse Zalane et Ruth Fabiao Zalane) pour s'être investis d'une manière favorable en ce qui concerne mon éducation et à mes frères (Elídio Paulo Zalane et Santos Paulo Zalane) pour m'avoir motivée et inspirée dans mes études.

A ma famille en général, mes amis en particulier, mon binôme, à mes camarades de classe et tous ceux qui m'ont encouragée durant les années d'étude.

Zalane Constância Paulo

Sommaire

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Partie I

Cadre Physique de la région de Hassis

1.1 Situation géographique	2
1.2 Aspects morphologiques	3
1.2.1 Aspects topographique	3
1.2.2 Le réseau hydrographique	4
1.2.3 Cadre climatique	4
1.2.3. L'étude de précipitations	4
a. Précipitations moyennes mensuelles	6
b. Précipitations annuelles	7
1.2.3.2 Etude de la température	8
a. Les températures moyennes et annuelles	9
1.2.4 Climat de la région	11
1.3 Cadre géologique	11
1.3.1 Cadre géologique régional	13
a. Le substratum ante à synchro nappe	13
b. Le remplissage (couvert post nappe)	14
1.3.2 Description litho stratigraphique de la région étudiée	16
1.3.2.1 Les formations ante nappes	16
1.3.2.1.1 Le permotrias	16
1.3.2.1.2 Le jurassique	16
1.3.2.1.3 Crétacé	17
1.3.2.2 Les formations post-nappe	17
1.3.2.2.1 Miocène	17
1.3.2.2.2 Le pliocène	18
1.3.2.2.3 Le plio-pleistocène « Calanbrien »	19
1.3.2.2.4 Le plio-Holocène	19
1.3.3 Le contexte tectonique et structural	20

1.4	Cadre hydrogéologique	23
1.4.1	Identification des principaux aquifères de la région	23
1.4.1.1	Aquifère du plio-quarternaire	24
1.4.1.1.2	Aquifère calcaires dolomiques du Lias	24
1.4.2	Etude piézométrique	25
1.4.3	Paramètres hydrodynamiques	28
1.4.3.1	La transmissivité	28
1.4.3.2	La perméabilité	28
1.5	La présentation de la zone industrielle de Hassi Ameur	29
1.5.1	Localisation de zone industrielle	29
1.5.2	Historique de la zone industrielle	29
1.5.3	L'évolution des activités industrielles	30
1.5.4	L'occupation du sol et son évolution	31
1.5.4.1	Les cultures et la végétation.....	31
1.5.4.2	Les grandes infrastructures et l'habitat dans la zone	32
	Conclusion	34

Partie II Contamination par les nitrates

	Introduction.....	36
1.	Généralités	37
1.1	Définition de la pollution de l'eau	37
1.2	Origine urbaine pollution	37
1.2.1	Pollution d'origine urbaine	37
1.2.2	Pollution d'origine agricole	38
1.2.3	Pollution d'origine industrielle	38
2.	Les nitrates	39
2.1	Définition	39
2.2	Cycle d'azote	39
2.2.1	La fixation libre et la déposition atmosphérique.....	39
2.2.2	La fixation symbolique	39
2.2.3	La minéralisation	40
2.2.4	La nitrification	40
2.2.5	La dénitrification.....	40

2.2.6	La lixiviation.....	40
2.2.7	La volatisation.....	40
2.2.8	L'organisation.....	40
2.3	Origine de nitrates.....	41
2.3.1	Origine naturelle	41
2.3.2	Origine domestique et industrielle	41
2.3.3	Origine agricole	42
2.4	Nitrates et risques sanitaires	42
2.5	Règlementation	43
2.5.1	Teneur limites	43
2.6	Contamination par les nitrates	44
2.6.1	Facteurs affectant la contamination des eaux souterraines par les nitrates.....	44
2.6.2	Le transfert des nitrates vers la nappe.....	45
2.6.3	La répartition des teneurs en nitrates dans les aquifères	46
2.6.4	Concentration des nitrates dans l'eau potable	47
3.	Étude de la contamination dans notre secteur d'étude	47
3.1	Pollution domestique et urbain	48
3.2	Pollution industrielle.....	48
3.3	Pollution agricole.....	48
4.	Analyse des éléments indicateurs de pollution dans la plaine des Hassi.....	48
5.	Teneurs en nitrates dans la région d'étude.....	49
5.1	Répartition spatiale des teneurs en nitrate	49
6.	Evolution des nitrates en fonction de paramètres physico-chimique.....	52
6.1	Relation entre nitrate – chlorures	52
6.2	Relation entre nitrate – bicarbonate	53
6.3	Relation nitrate – potassium	54
	Conclusion	55

Parte III procédures d'élimination de nitrates

Introduction.....	56
1.Élimination des nitrates (dénitrification).....	57
2.Procédé physico - chimique	58
2.1L'échange d'ions	58
2.1.1Le cycle de traitement.....	58
2.1.2Conditions générales d'emploi	
2.2L'osmose inverse	60
2.2.1Avantage et les inconvénients.....	61
2.3Électrodialyse.....	62
3. Les procédés biologiques de dénitrification	63
3.1Condition d'emploi	63
3.2Les caractéristiques principales de ces procédures	63
3.3Mise en œuvre le procédé nitrazur ND	64
Conclusion	66
Conclusion générale.....	67
Reference Bibliographique	
Annexe	

Liste de Figures :

Figure	Titre	Page
01	Localisation géographique du plateau	2
02	Localisation de la zone d'étude (Google Earth, Fev .2013 In Boubkheri, 2013)	3
04	Carte pluviométrique (1913-1963) (Chaumont M . et Paquin C . , 1971)	5
04	Précipitations moyennes mensuelles à la station d'Es Senia (1990-2008)	6
05	Précipitation moyennes annuelles (1990-2008)	7
06	Températures moyennes mensuelles à la station d'Es Senia	9
07	Log Géologique Synthétique de là la région d'Oran (in Hassani M.I,1987)	12
08	Carte géologique de l'Oranie Nord – Occidental (Thomas ,1985)	15
09	Coupe géologique illustrât les formations post – nappes et ante – nappe autour de Djebel Khar (B .Fenet, 1975)	16
10	Log géologique du forage de l'ex – Oravio (x : 212.100, y : 273.225)	18
11	Coupe géologique des falaises d'Oran (G .Thomas, 1985)	19
12	Schéma structural de l'Oranie (B. Fenet, 1975)	20
15	Schéma illustrant la structure de la région d'étude (in .Haddar,1986)	21
14	Écorche géologique de la région de Gydel (Y . Gourinard,1957)	22
15	Log hydrogéologique de la région (L.Haddar ,1986)	25
16	Carte piézométrique du secteur d'étude (Fév., 2012) (in Boubkeri M., 2013)	27
17	Vue aérienne de la zone industrielle de Hassi Ameer (in Boubkheri M., 2012)	28
18	Plan parcellaire actuel de la zone industrielle de Hassi Ameer (Direction de l'Environnement, 2009)	31
19	Schéma résumât les différentes causes de la pollution	37

20	Pollution agricole	38
21	Pollution industrielle	39
22	Le cycle de l'azote (D'après le COMIFER, 2013)	41
23	Cartes des teneurs en nitrates (mg /l) (in Boubkheri M., 2013)	50
24	Variations de teneurs en nitrates dans les points d'eau	51
25	Évolution des NO ₃ en fonction de Chlorures	52
26	Évolution des NO ₃ en fonction de bicarbonates	53
27	Évolution des NO ₃ en fonction de potassium	54
28	Schéma du traitement pour la dénitrification des eaux souterraine	57
29	Schéma du traitement pour la dénitrification des eaux souterraines	60
30	Schéma des échanges du procédé d'osmose inverse	61
31	Le principe d'électrodialyse	62
32	Ligne de traitement de la procédure de dénitrification	64

Liste de Tableaux

Table	Titre	Page
Table n°01	Coordonnées de la station Climatique d'Es Senia	04
Tableau n° 2	Précipitations moyennes mensuelles 1990-2008	06
Tableau n° 3	Variabilité des précipitations annuelles à la station d'Es Senia (1990-2008)	07
Tableau n° 4	Température moyenne mensuelle à la station d'Es Senia (1990-2008)	08
Tableau n° 5	Classification des climats proposée par de De Martonne	10
Tableau n° 6	Classification des climats proposée par de De Martonne	26
Tableau n° 7	Résultats de mesures des perméabilités de niveau aquifère du plateau Oran Bir –El Djir (AGEP /Sogreah, 1984)	28
Tableau n° 8	Normes relatives aux composées azotes (selon l'O.M.S)	44
Tableau n° 9	Influence des activités humains et impact sur la sante des différents niveaux des nitrates dans l'eau (Madison et Brunette, 1985)	47
Tableau n° 10	Teneur en nitrates des points d'eau	50

Introduction Générale

Introduction Générale

L'eau souterraine est une ressource importante et joue un rôle primordial dans l'économie et la vie de tout être vivant. Elle représente au total environ 30% des réserves d'eau douce disponible dans la planète.

Les eaux souterraines se trouvent presque partout et leur qualité est généralement très bonne. Le fait que les eaux souterraines soient stockées dans des couches situées sous la surface, et parfois à des profondeurs très élevées, permet de les protéger contre toute contamination et préserver sa qualité. Mais, les activités humaines influent souvent sur la qualité de ces eaux.

Il est donc essentiel de préserver la quantité et la qualité des réserves en eau et de trouver le moyen de gérer cette ressource pour en assurer la durabilité.

Notre projet de mémoire porte justement sur une forme de contamination de cette eau dans la zone industrielle de Hassi Ameer à l'Est de la ville d'Oran.

La Plaine des Hassi recèle un ensemble aquifère multicouche, de nature libre, dont les eaux souterraines sont fortement susceptibles d'être affectées par les activités industrielles et agricoles, surtout en surface. L'objectif de ce travail est justement d'aborder la problématique de la pollution par les nitrates dans les eaux de la nappe libre de cette zone

Le plan de ce mémoire est structuré en trois parties :

-La première, la présentation générale de la zone d'étude, en abordant les caractéristiques morphologiques, climatiques, géologiques, hydrogéologiques, de cette zone et la présentation de la zone industrielle ;

-La deuxième partie, comprend des considérations générales sur la pollution des eaux souterraines par les nitrates, comment la pollution pénètre jusqu'aux nappes, comment elle se propage, quelles sont les diverses origines de la pollution, et on finit par l'étude de la contamination par les nitrates dans notre région.

-La troisième partie, a été consacrée aux procédés d'élimination des nitrates, à travers deux méthodes : procédés biologiques et procédés physico-chimiques.

Partie I :

Cadre Physique de la région de Hassis

1.1 Situation Géographique

Notre zone d'étude, occupe la partie occidentale du Plateau des Hassi. Elle se trouve dans la région des piémonts d'Arzew, qui est constituée par la dépression des Hassis et le lac Tèlamine (Figure n° 1). Sa superficie s'étend sur une surface de 400km², et est orienté WSW-ENE selon la direction tellienne. Elle est limitée globalement :

- Au Nord, par les Djebel Khar et les Monts d'Arzew ;
- À l'Est, par la dépression de Telamine ;
- Au Sud, par les vallonnements du Djebel Debbi (reliefs s'étendant d'El Kerma à Boufatis) ;
- À l'Ouest, les bordures du plateau sont imprécises, traduisant une certaine continuité de fait avec le plateau d'Oran Bir-El Djir.



Figure n° 01 : Localisation géographique du Plateau des Hassi (Google Earth, Oct. 2020)

Le secteur d'étude concerne de fait la zone industrielle de Hassi Ameur et ses alentours :

zones agricole et urbaine qui occupent la partie Nord-Ouest de la Plaine de Sidi Ali. Le secteur est situé à environ 15km à l'Est de la ville d'Oran.

Il longe la route nationale RN 11 Oran/Arzew. Il est limité :

- Au Nord-Est, par l'agglomération de Hassi Ben Okba ;
- Au Nord et au Nord-Ouest, par les collines de Hassi Ben Okba ;
- Au Sud-Est par l'agglomération de Hassi Aneur ;
- A l'Ouest et au Sud-Ouest, par les agglomérations de Douar Kharrouba et de Hassi Bounif.

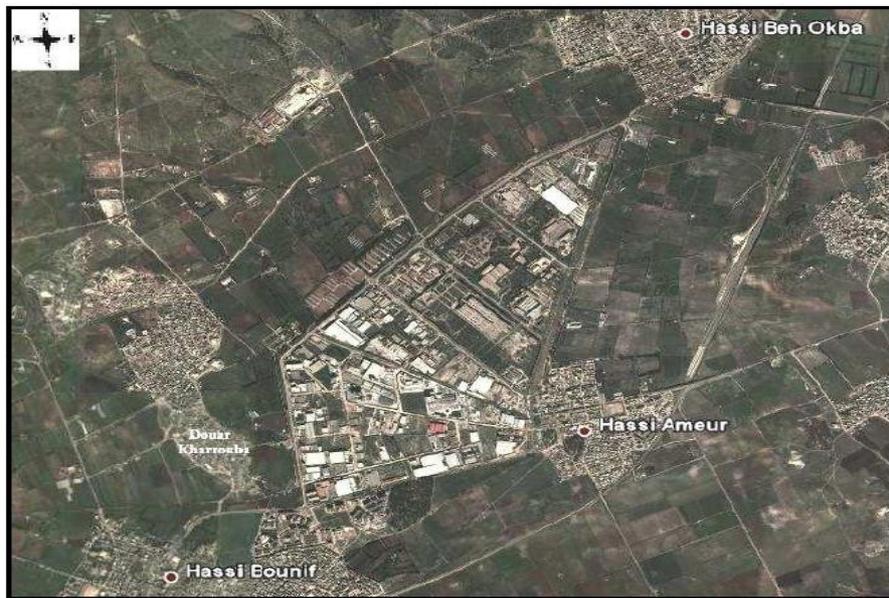


Figure n° 02 : Localisation de la zone d'étude (Google Earth, Fév 2013, in Boubkeri, 2013)

1.2 Aspects géomorphologiques

1.2.1 Aspect topographique

La plaine des Hassis comprend une série de cuvettes topographiques (endoréiques) bien marquées dans le paysage des Hassis. Les reliefs qui dominent la plaine de Hassi sont :

- Au Nord-Ouest, les collines de Hassi Ben Okba qui se prolongent vers le piémont méridional du Djebel Khar dont le point culminant atteint 611m ;
- A l'Est, la colline de Koudiat Er Reha, assez large mais basse, son altitude maximale est en dessous de 150 mètres, elle s'étend du NW vers le SE entre Hassi Ben Okba et Hassian Ettoual, et sépare la plaine des Hassis du lac Telamine ;

- A l'Ouest et au Sud, une série de petites collines aux altitudes ne dépassant pas 325 mètres (colline de Hassi Bounif et colline entre El Braya et Hassian Ettoual).

1.2.2 Le réseau hydrographique

Le réseau hydrographique de la zone des Hassis est restreint. Les reliefs de la partie Nord/Nord-Ouest de la plaine ont permis le développement d'un chevelu hydrographique très réduit, moins dense et organisé d'une façon faible : trois ou quatre chaâbets importantes (Chaabet El Houari, Chaabet El Ma, etc.) descendent des reliefs de la forêt de Hassi Ben Okba vers la plaine. Le ruissellement est en général diffus et superficiel, à la faveur d'un fort amortissement de pente. L'écoulement est intermittent, sporadique, animé par des crues brutales, lors de la saison pluvieuse. (In Boubkeri M., 2013).

1.2.3 Cadre Climatique

L'étude des conditions climatiques d'une région joue un rôle déterminant dans le comportement hydrogéologique des cours d'eaux et la distribution des apports par les précipitations en écoulement superficiel et souterraine.

Les données climatiques utilisées sont celles de la station météorologique d'Es-Sènia, s'étalant sur une période de 18ans (1990-2008). Cette station est choisie par rapport à sa proximité du secteur d'étude.

Tableau n°01 : Coordonnées de la station climatique d'Es-Sènia

Station	Altitude (m)	Longitude	Latitude
Es-Sènia	90	00°36'W	35°38° N

1.2.3.1 Etude des précipitations

Les précipitations représentent l'élément le plus important du climat tant pour les êtres vivants que pour les milieux. Le régime en Algérie a été étudié par de nombreux auteurs :P. Seltezer (1913-1938).

La carte pluviométrique établi par Chaumont et Paquin (Figure n°03) indique que le secteur est moyennement, arrosé avec des précipitations moyennes annuelles comprises

majoritairement entre 300 et 500mm.

La carte montre aussi que la hauteur pluviométrique est contrôlée par l'altitude et l'éloignement à la mer : Boufatis : 358 mm, Es-Sénia : 398 mm, Gdyl : 516 mm.

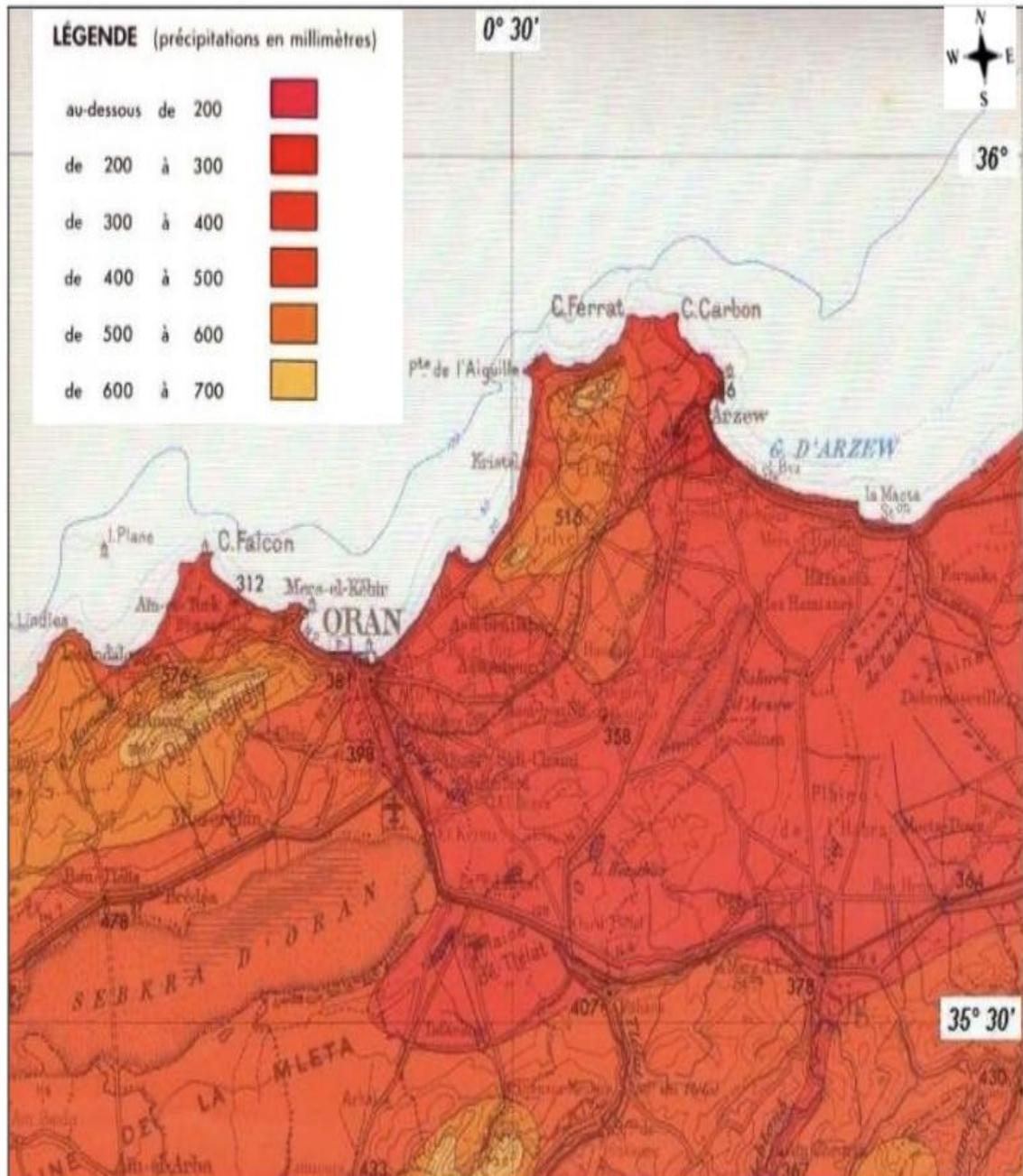


Figure n° 03 : Carte pluviométrique (1913-1963) (Chaumont M. et Paquin C., 1971)

a. Précipitation moyennes mensuelles

Les données des précipitations moyennes mensuelles de la station d'Es-Sénia sur la période 1990-2008 sont présentées sur le tableau n°02.

Tableau n°02 : Précipitations moyennes mensuelles 1990-2008, (données O.N.M)

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
P (mm)	38	45	30	25	16	2.5	0.5	2.9	18	33	62	50	325

Le graphe des précipitations moyennes mensuelles (figure n°04), montre qu'il y a deux périodes :

- l'une aride, du mois de Mai à Septembre ;
- l'autre pluviale, d'Octobre à Avril.

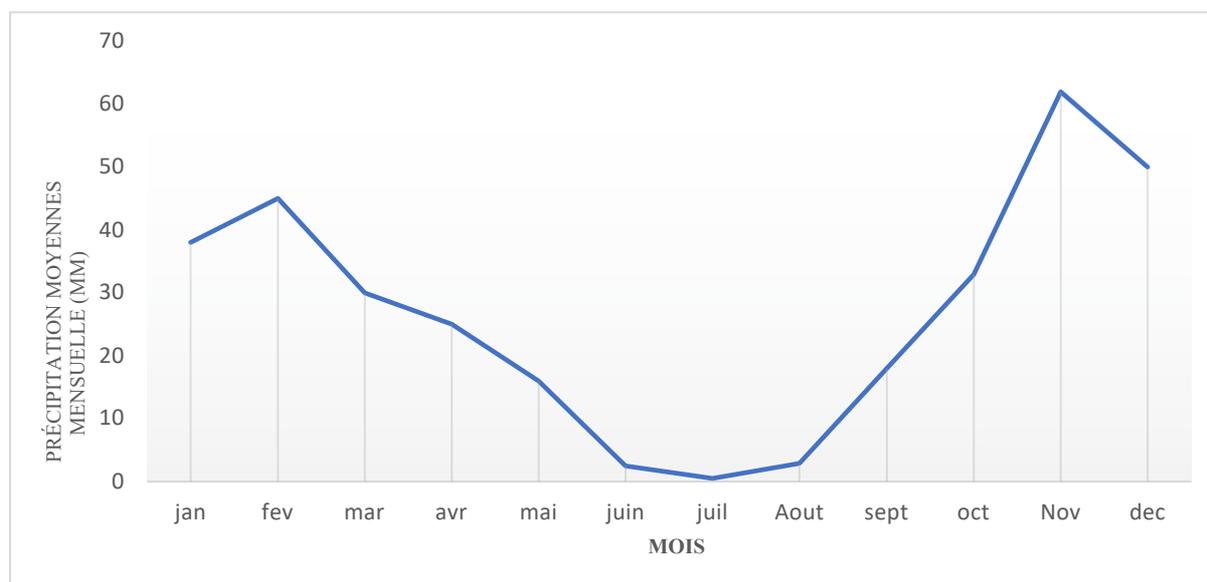


Figure n°04 : Précipitations moyennes mensuelles à la station d'Es-Sénia (1990-2008)

La quantité maximale de précipitations est d'environ près de 62 mm au mois de Novembre.

Le minimum est enregistré au mois de Juillet avec 0,5 mm.

b. Précipitations annuelles

Pendant la période 1990-2008, des précipitations moyennes annuelles sont très marquée, avec un module pluviométrique moyen de l'ordre de 325 mm.

Tableau n°03 : Variabilité des précipitations annuelles a la station d'Es-Senia (1990-2008)

Années	P (mm)
1990	405
1991	234
1992	441
1993	313
1994	318
1995	313
1996	193
1997	205
1998	280
1999	294
2000	375
2001	415
2002	318
2003	313
2004	285
2005	337
2006	320
2007	362
2008	459
Moy. Année	325

D'après le graphe obtenu (Fig.5), nous constatons une variabilité interannuelle marquée durant la période 1990-2008, avec un maximum enregistré en 2008 (459 mm) et un minimum de 193 mm en 1996.

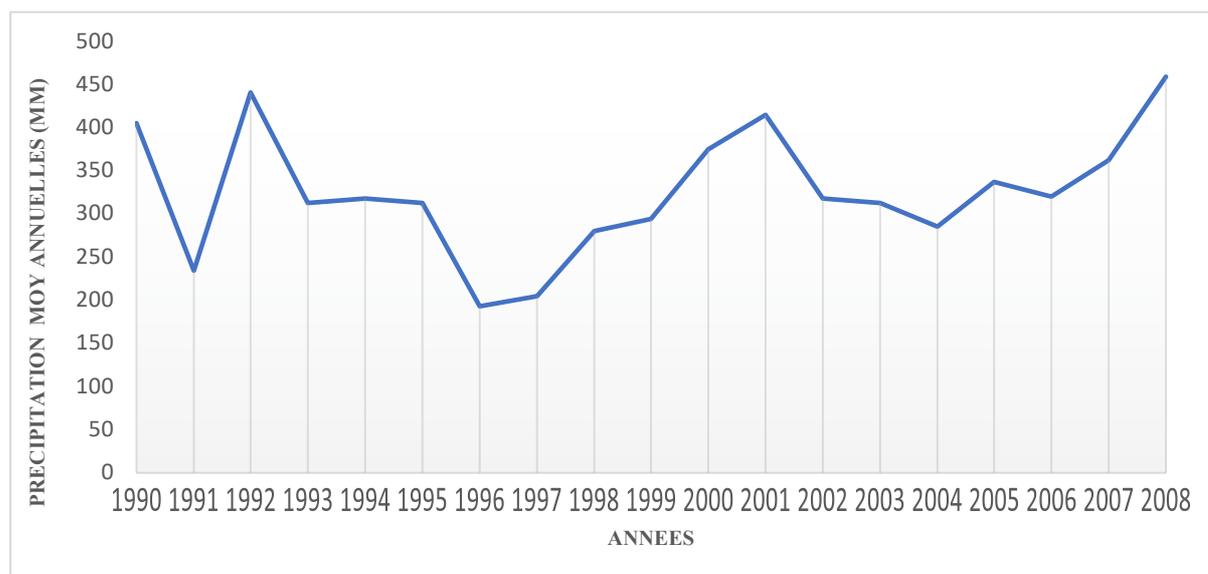


Figure n° 7: Précipitation moyennes annuelles (1990-2008)

1.2.3.2 Etude de la température

La température c'est le degré de chaleur ou froid qui règne dans un lieu ou dans l'atmosphère. Elle influe directement sur l'évaporation, la pression, le vent et l'humidité.

a. Les températures moyennes mensuelles et annuelles

Les données des températures moyennes mensuelles ainsi que annuelles, sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau n°04 : Température moyenne mensuelle à la station d'Es-Sénia (1990-2008)

Mois	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Année
T° moy °C	12,93	13,54	15,02	16,65	19,49	22,57	25,28	26,31	24,26	20,74	16,62	14,24	18,97

D'après le tableau, la température moyenne mensuelle la plus faible est enregistrée au mois de Janvier (12.93 °C), et la plus élevée en Août (26.31 °C). La température moyenne annuelle est égale 18.97 °C.

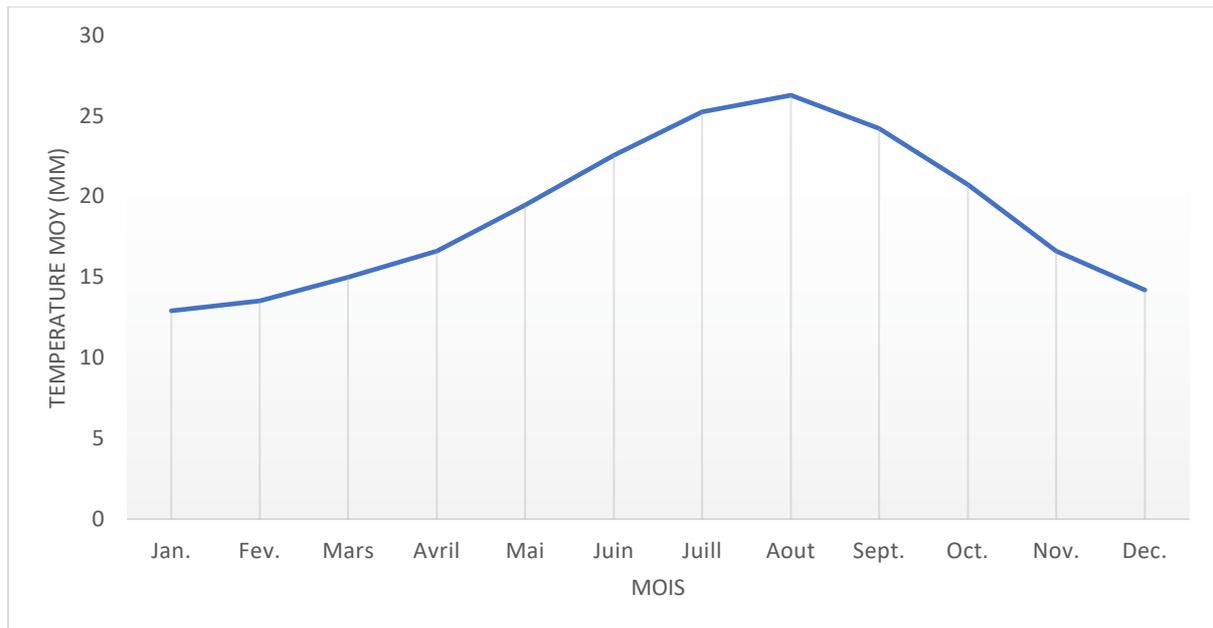


Figure n°6 : Température moyennes mensuelles à la station d'Es-senia (1990-2008)

Sur le graphe de la figure n°6, on remarque qu'au début du mois de Novembre, la température est inférieure à 17°C. Cette période froide se termine en Avril, tandis que la période chaude commence au mois de Mai et finit en Octobre.

1.2.4 Climat de la région

Plusieurs auteurs se sont préoccupés d'analyser les données climatiques pour définir le type de climats qui puisse rendre compte au mieux des éléments du bilan hydrologique.

Les nombreuses classifications se basent le plus souvent sur le calcul d'un indice climatique tenant compte de la pluviométrie et la température.

Plusieurs formules empiriques permettent d'obtenir les indices climatiques :

- Indice d'aridité de De Martonne ;
- Indice de continentalité de Kerner.

- **Indice d'aridité de De Martonne :**

Il prend considération la température moyenne annuelle et la pluviométrie. Il est donné par la relation suivante :

$$I = P/T + 10 \text{ où :}$$

P : précipitation annuelle moyenne (mm) ;

T : température annuelle moyenne (C°).

La classification proposée par De Martonne est la suivante (tableau n°05) :

Tableau n°05 : Classification des climats proposée par de De Martonne.

Valeur de I	<05	05<I<7,5	7,5<I<10	10<I<20	20<I<30
Type de climat	Hyperaride	Désertique	Steppique	Semi-aride	Tempéré

Application à la station d'Es-Senia : $I=325/10+18,97$

$$I= 11.42$$

Selon la valeur d'indice d'aridité, la région est classée sous un climat semi-aride.

- **L'indice de Kerner :**

Kerner a établi cet indice pour mieux connaître l'influence maritime dans une région, c'est-à-dire précise l'influence de la mer sur les conditions locales.

Il a donné la relation suivante :

$$K_r = T_o - T_A \cdot A/100 \quad \text{où :}$$

K_r : l'indice de Kerner ;

T_o : la température moyenne du mois d'Octobre ;

T_A : la température moyenne du mois d'Avril ;

A : l'amplitude thermique annuelle (différencie entre la température moins chaude et moins froide).

Une fois cet indice est calculé, sa valeur est comparée avec :

- Si $K_r < 2$: zone de l'atlas Saharien ;
- Si $K_r < 16$: zones des hauts plateaux ;
- Si $K_r < 32$: zones côtières.

Application d'indice de Kerner : $K_r = 0,3056 \cdot 100$

$$K_r = 30,56$$

La valeur élevée de l'indice traduit l'effet de l'influence maritime dans notre secteur d'étude

1.3 Cadre géologique

1.3.1 Cadre géologique régional

La région d'étude fait partie du Littoral Oranais. Elle est localisée dans la zone externe du domaine tellien de la chaîne alpine. Ce dernier s'allonge sur une centaine de kilomètres entre le Massif de Madagh à l'Ouest et les Monts d'Arzew à l'Est.

Il s'étend sur une largeur moyenne d'une vingtaine de kilomètres, comprenant un groupe de horsts : Djebel Murdjadjo, Djebel Khar et les Monts d'Arzew qui sont constitués de terrains d'âge Secondaire. Vers le Sud, ils sont bordés par les zones déprimées (Plateaux d'Oran, de Bir El Djir, des Hassis), remplies d'une importante sédimentation post-nappe, constituée de terrains d'âge Néogène et Quaternaire.

Les bordures de la plaine des Hassis sont caractérisées par la présence des grès lumachelliques qui peuvent atteindre quelques mètres d'épaisseurs et sont formés par une alternance des grès lumachelliques d'origines marine et de grès d'origine dunaire. Ces grès sont fréquemment recouverts par un simple encroûtement calcaire, mais aussi de formations limono-sableuse qui se sont accumulées dans les points bas et prennent une grande extension vers l'Est en bordure de Lac Télamine.

De nombreux travaux effectués sur ce domaine en particulier par F. Doummargue (1912), Tinthoin (1948), A. Perrodon (1957), A. Gourinard (1958), B. Fenet (1975), G. Thomas (1985), ont permis de distinguer deux grands ensembles structuraux : anté à synchro-nappe et post-nappe.

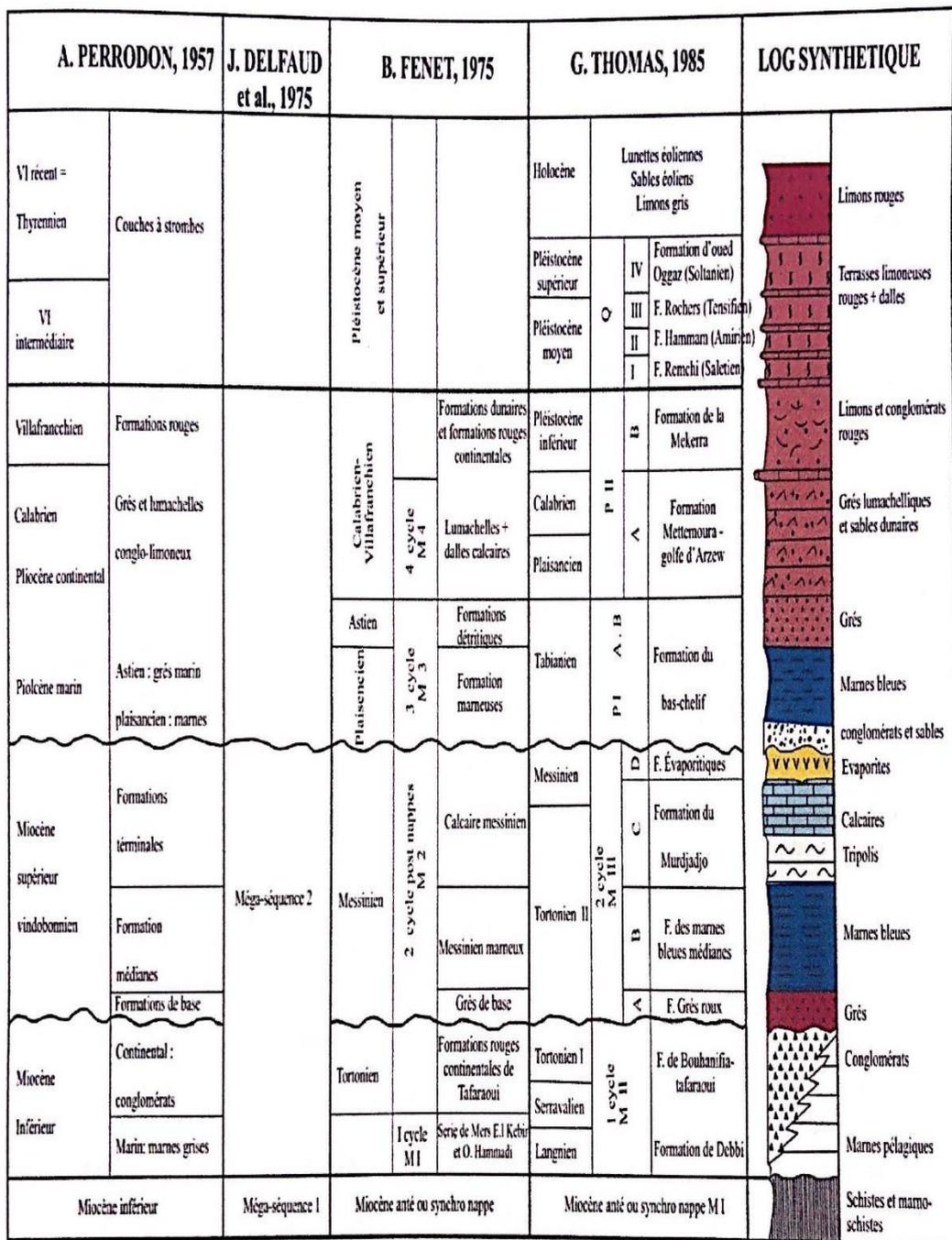


Figure n°07 : Log Géologique Synthétique de la région d'Oran (in Hassani M.I., 1987)

a. Le substratum anté à synchro nappe :

Au niveau des massifs littoraux d'Oran, les formations du substratum forment l'autochtone relatif (B. Fenet, 1975) ou autochtone anté nappe (G. Thomas 1985). Ce substratum affleure dans le Djebel Murdjadjo, le Djebel Khar (Montagne des lions) et dans les monts d'Arzew, représenté par des massifs schisteux, autochtones, d'âge permo- triasique, Jurassique et Crétacé, fortement affectés par l'Orogenèse alpine.

b. Le remplissage (couverture) post nappe :

Les unités telliennes achèvent de se mettre en place dans le bassin synchro-nappe Sud Tellien dans lequel la sédimentation marine se poursuit encore un certain temps, plus au Nord s'amorce un nouveau cycle sédimentaire. Il s'installe pendant que naissent et se développent des mouvements épirogéniques qui découpent les régions littorales en zones ascendantes ou subsidentes (Y. Gourinard, 1975).

Ces phénomènes épirogéniques se poursuivent pendant toute la fin du Néogène puis le Quaternaire et c'est sur une morphologie réglée presque exclusivement par les mouvements ascendants et descendants, qui vont engendrer quatre cycles marins entrecoupés de périodes d'érosions (B. Fenet, 1975). Ces cycles sont :

• Le premier cycle Miocène post-nappe (M1) :

Ce cycle est bien développé durant le Serravalien et la partie inférieure du Tortonien. Il débute par des formations continentales non datées qui se déposent immédiatement après la mise en place des nappes sur les massifs littoraux (B. Fenet, 1975).

Il est caractérisé par des dépôts continentaux, constitués d'alternance de conglomérats et de marnes parfois gypseuses, bien développés sur les côtes.

• Le deuxième cycle Miocène post-nappe (M2) :

Généralement il débute dans le bassin du Chélif par une importante série détritique grésosableuse. Il est constitué aussi par :

- Des formations médianes formées de marnes bleues ;
- Des formations terminales constituées par une série de tripolis et la série de gypses.

- **Le troisième cycle post-nappe Pliocène (M3) :**

Dans le bassin du bas Chélif, le Pliocène est représenté par :

- des marnes pliocènes (Plaisancien), constituées de formations marno-sableuses jaunes devenant plus marneuses vers le bas.
- des grès pliocène, marins à ciment calcaires (Artésien), formés des bancs assez résistants qui se marquent dans la topographie. Les niveaux inférieurs plus tendres, sont très fossilifères.

- **Le quatrième cycle post-nappes Calabrien (M4) :**

Ce cycle est d'abord lumachellique ou conglomératique et passe progressivement à des grès dunaires. Il représente le dernier épisode marin de quelque importance sur le littoral Oranais.

1.2.3 Description litho stratigraphique de la région étudiée :

A partir de la carte géologique (figure n°8), on distingue que la région d'étude est caractérisée par un plateau incliné NW-SE d'où émergent deux massifs constitués de terrains d'âge Secondaire.

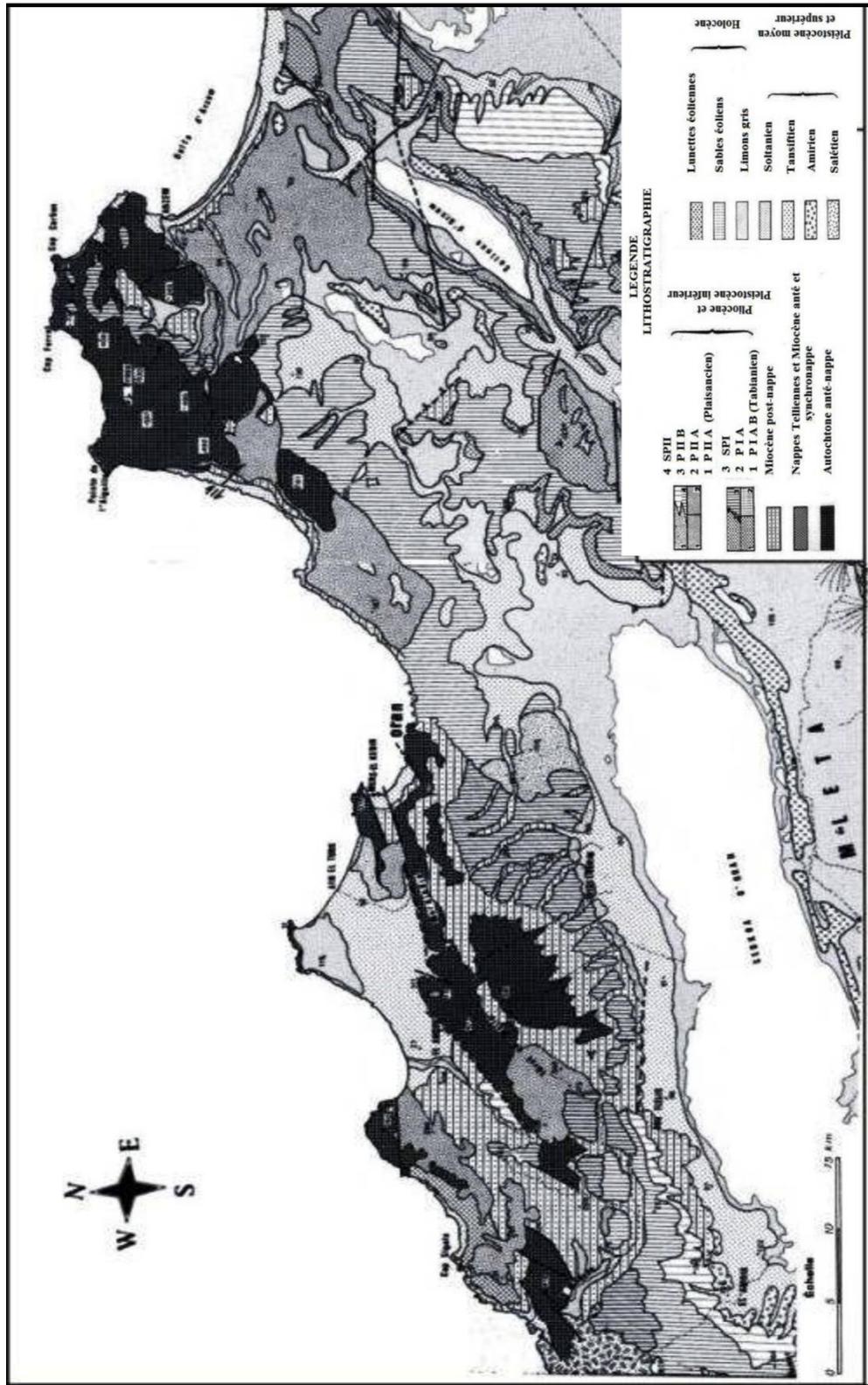


Figure n° 08 : Carte géologique de l'Oranie Nord-Occidentale (G. Thomas, 1985)

1.3.2.1 Les formations anté-nappes

1.3.2.1.1 Le Permo-Trias

Le permo-trias est formé de schistes violacés à bancs de quartzites et de poudingues à débris de quartz. Ces faciès n'affleurent qu'au Djebel Khar.

1.3.2.1.2 Jurassique

Le jurassique est représenté par des calcaires dolomitiques du Lias qui constituent des affleurements peu importants au Nord-Ouest de Gydel et par des schistes et des grès ardoises devenant brun-rouge qui apparaissent en lambeaux sur le flanc Sud du Djebel Khar recouvrant les schistes et les poudingues permo-triasiques (B. Fenet, 1975).

1.3.2.3 Crétacé

Le crétacé est représenté par des schistes plus ou moins calcaires au Nord-Ouest du Djebel Khar (Montagne des lions) (Fig.09).

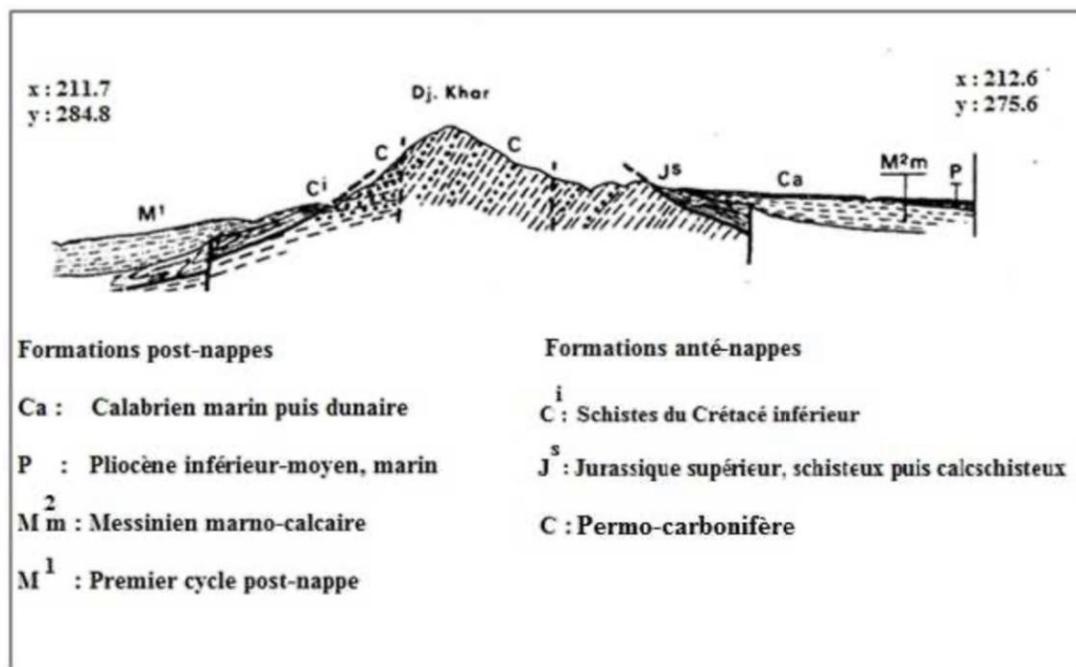


Figure n°09 : Coupe géologique illustrant les formations post-nappes et ante-nappes autour de Djebel Khar (B. Fenet, 1975)

1.3.2.1 Les formations post-nappe

1.3.2.1.1 Le Miocène

Au niveau de la région, les formations géologiques se rapportant au Miocène sont formées par des :

- des marnes bleues ;
- des grès à Balanes et bivalves ;
- des tripolis et marnes à tripolis ;
- des intercalaires de tripolis dans les marnes gypseuses ;
- des gypses, calcaires et marnes gypseuses.

Sur le flanc Sud du Djebel Khar, le premier terme du Miocène supérieur transgressif, est constitué par des marnes bleues à grès micacées formant une dépression couverte de cultures au pied du Djebel Khar. Vers le Sud-Ouest, elles affleurent aussi dans la ferme du "domaine des lions". Les marnes bleues sont surmontées de marnes tendres, blanchâtres intercalées avec des bancs de tripolis et avec des niveaux micacés (à quelques passées gréseuses). Ces dernières formations affleurent aux ravins et fonds des chaabets des collines de Hassi Ben Okba : Chaabet El Houari, Chaabet El Ma.

Le dernier terme du Miocène supérieur est représenté au Sud de Hassian Ettoual (ex : Fleurus), la pointe des affleurements de marnes gréseuses gypsifères et de bancs de gypse massif de plusieurs dizaines de mètres. Des marno-calcaires à tripoli formant des bancs d'un à deux mètres d'épaisseur s'intercalent au sein de ces formations (B. Fenet, 1975).

1.3.2.2.2 Le Pliocène

Au Sud du secteur, au niveau du Djebel Debbi, le Pliocène inférieur et moyen, marin, est affleurant et transgressif. La carte au 1/50 000^{ème} de Saint Cloud indique l'existence de :

- Marnes pliocènes (Plaisancien), constituées des formations marno-sableuses jaunes devenant plus franchement marneuses vers le bas ;
- Grès pliocènes, marins à ciment calcaire (Astien), formés de bancs assez résistants qui se marquent bien dans la topographie. Les niveaux inférieurs, plus tendres, sont très fossilifères.

- Cette formation est traversée par le forage de l'unité de l'ex-Oravio (Fig. n°10), située en bordure Nord-Ouest de la zone industrielle. La profondeur totale de ce forage est de soixante mètres. Sous un mètre de sol limoneux et sableux, le sondage a traversé vingt mètres d'une formation gréseuse fossilifère, constituée d'un grès brun rouge à ciment carbonaté, à intercalations de niveaux durs et tendres, puis un passage de débris de coquilles et grès jaune à Hélix. Sous cette formation ont été recoupés vingt autres mètres de grès marneux gris. De quarante à soixante mètres de profondeur ont été recoupés des marnes bleuâtres à grisâtres.

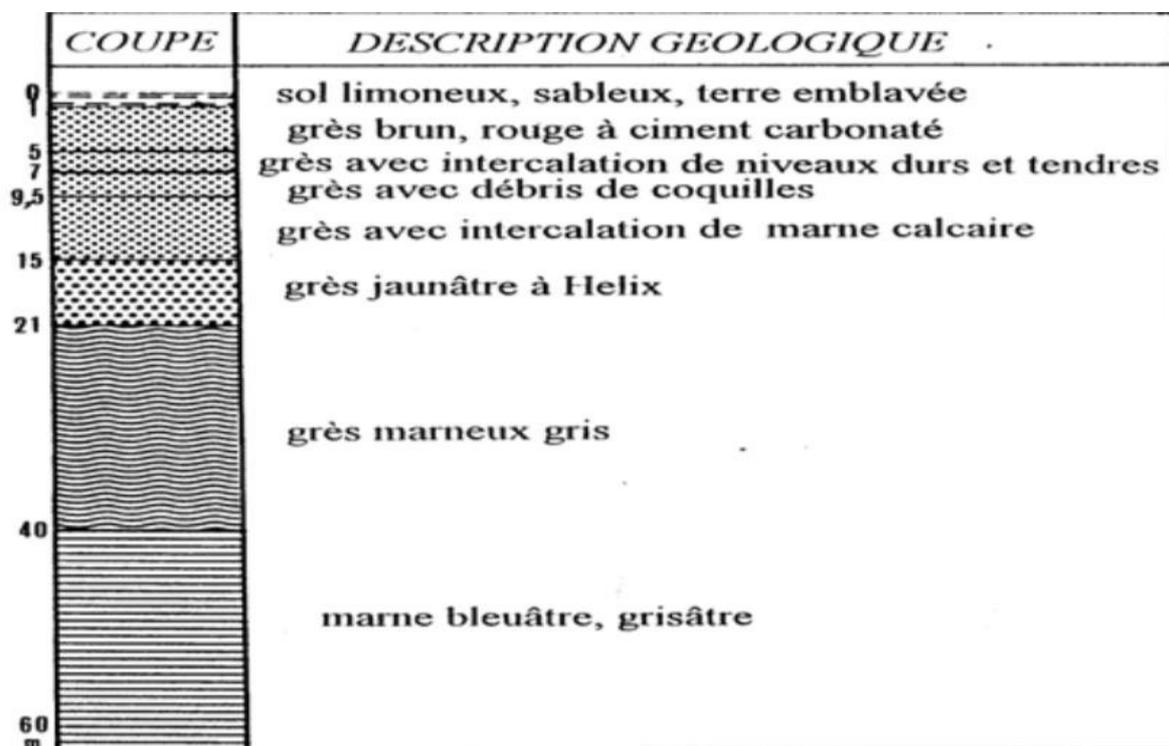


Figure n°10 : Log géologique du forage de l'ex-Oravio (X :212.100, Y :273.225)

1.3.2.2.3 Le Plio-Pléistocène "Calabrien"

Au niveau du Plateau des Hassis, les formations du plio-pléistocène reposent directement sur les formations du Miocène supérieure. Le Plio-pléistocène représente le dernier épisode marin reconnu. Cette formation est discordante sur le Miocène supérieur. D'abord lumachelliques ou conglomératique, elle passe progressivement à des grès dunaires à stratification oblique et entrecroisée, souvent entrecoupés d'argile continentale. Souvent la

dissolution des éléments carbonatés a entrainé la formation d'argile rouge brique plus ou moins sableuse qu'on rencontre dans la partie supérieure du Calabrien. Dans la majeure partie de la région, une croûte calcaire, parfois de deux mètres d'épaisseur, vient masquer le Calabrien et les formations antérieures (Fig. n°11).

Au niveau du Plateau des Hassis, cette formation montre la présence de facies gréseux associés à des fragments de calcaire ou marnes. Elle est constituée de grès coquillers de couleur blanchâtre passant à une vulnérabilité lumachelle, très consolidée.

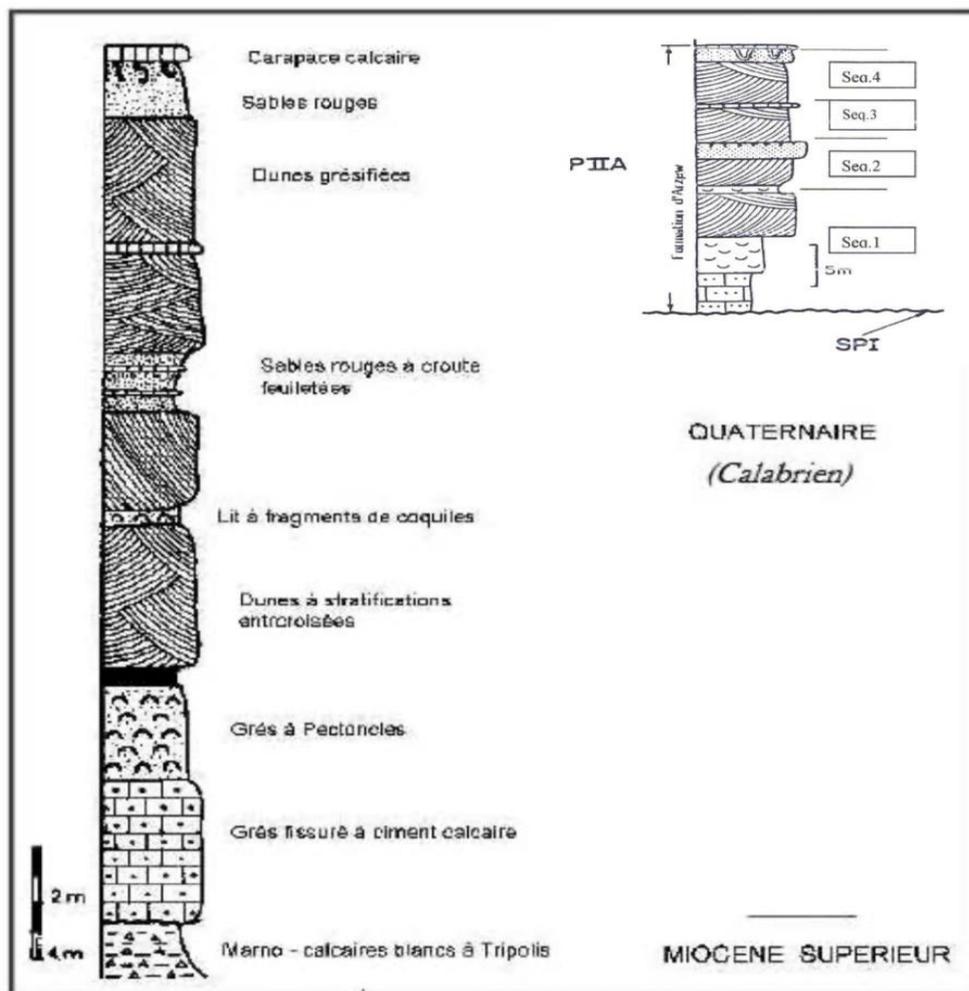


Figure n°11 : Coupe géologique des falaises d'Oran (G. Thomas, 1985)

1.3.2.2.3 Le Pleisto-Holocène

Les dépôts du Pléistocène et Holocène sont bien développés le long du littoral actuel. Ils sont essentiellement constitués par des terrasses limoneuses rouges, lunettes éoliennes, sables éoliens, limons gris et rouge.

Dans la zone de piedmont, entre les collines de Hassi Ben Okba et la plaine de Sidi Ali

Notre zone d'étude fait partie de la région d'Arzew caractérisée par l'existence d'éléments de la chaîne alpine du tell septentrional.

Le Djebel Khar (la montagne des lions), ainsi que le reste des Massifs Littoraux, correspond à une zone de horsts de 4 présente dans les terrains néogènes, limitée par un réseau des failles. La mise en place et l'apparition de ces horsts est produite à la fin du Miocène supérieur. Ce mécanisme a encore rejoué le près du sommet, ceci est attesté par l'existence de deux affleurements de calcaires à lithothamniées situés à deux niveaux différents. Ce rejet des horsts a contribué au développement d'ondulations tectoniques de faible amplitude, formées de plis simples tels ceux affectant les couches du Pliocène de l'anticlinal du Djebel Debbi (entre Boufatis et El Braya).

Les failles normales séparent, au sud, les horsts des terrains néogènes et quaternaires du Plateau des Hassis. Ces terrains sont presque horizontaux au niveau des plateaux et affectés de plis simples au niveau de collines (les anticlinaux) ou de dépressions (les synclinaux).

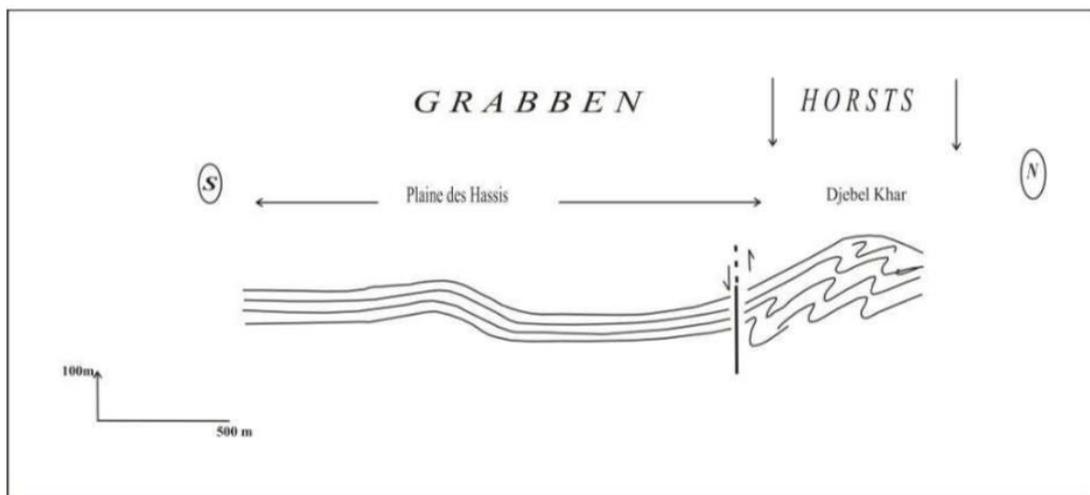


Figure n °13 : Schéma illustrant la structure de la région d'étude (In L. Haddar, 1986)

L'écorché géologique de la figure n°14, schématise plusieurs formes plicatiles (anticlinal et synclinal) qui sont enregistrées par les reliefs, telles que :

- Le lac Télamine qui occupe une aire synclinale ;
- Le Djebel Debbi qui est un anticlinal dissymétrique. Ce pli est limité au Sud par une flexure plongeant d'une vingtaine de degrés (Perrodon, 1957) ;
- L'anticlinal s'allongeant parallèlement au Djebel Debbi, entre Djebel Djira et Port-aux-

Poules. D'après Perrodon (1975), il est limité au SE par une flexure de 15 à 20°, la séparant de la plaine de la Habra. C'est un anticlinal légèrement coffré dont la partie axiale forme un plateau tabulaire, recouvert par des formations marines quaternaires dans la région des Hamayanes et par des recouvrements villafranchiens dans la partie Sud ;

- Les salines d'Arzew qui sont une dépression fermée occupent l'aire d'un synclinal de forme ovale. Elles sont limitées sur ces deux flancs par une flexure bien nette. Sur la bordure W, une flexure qui se marque dans le Calabrien et qui plonge d'une vingtaine de degrés. Le pliocène qui forme l'autre flanc, présente des pentes de 10 à 15°, atteignant localement 45° dans la partie SW (Perrodon, 1975). Ce synclinal sépare les deux axes anticlinaux précédents ;
- Les formes synclinales et les bassins lacustres actuels (salines d'Arzew, lac Télamine et autres) représentent des enfoncements d'environ 100 mètres dans le relief actuel.

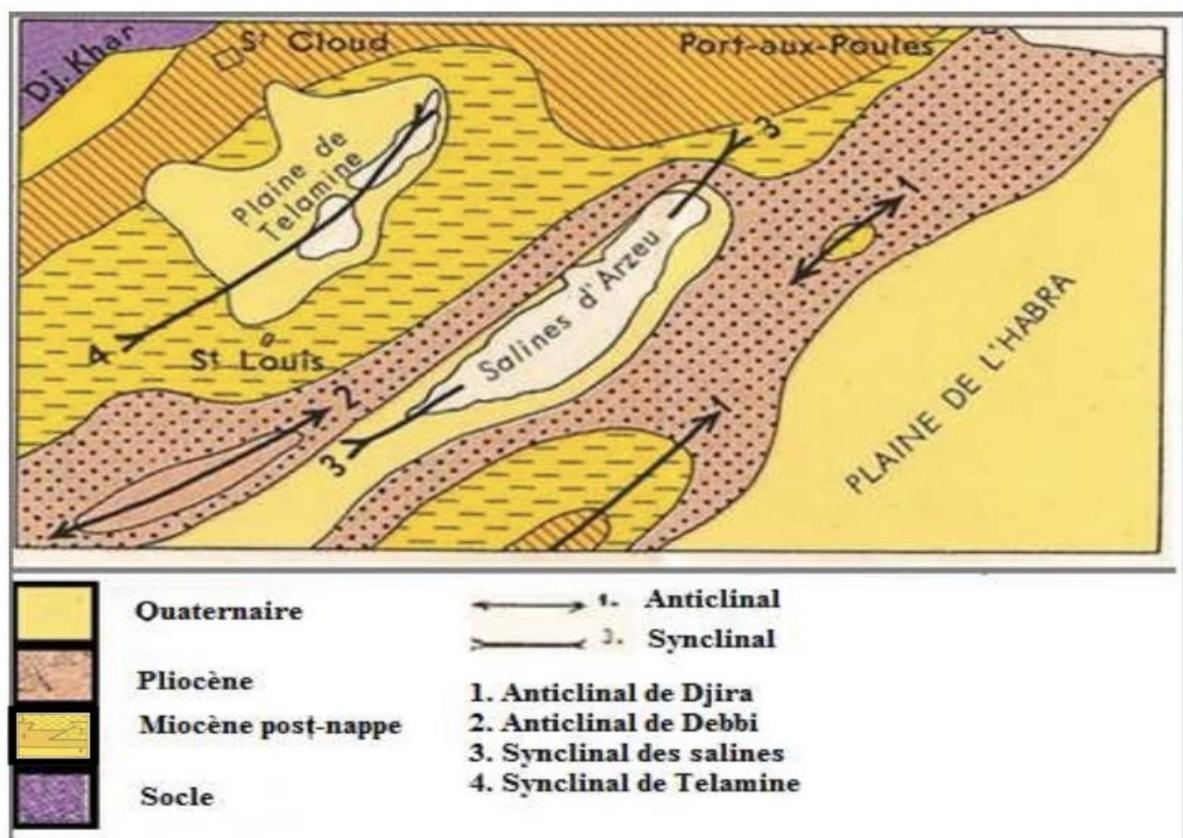


Figure n° 14 : Écorche géologique de la région de Gydiel (Y.Gourinard, 1957)

1.4 Cadre Hydrogéologique

1.4.1 Identification des principaux aquifères de la région

L'étude hydrogéologique donne des connaissances précises sur le fonctionnement hydraulique des différents aquifères présents dans un secteur d'étude.

Les données de terrain, les coupes des sondages et forages de la région, ont mis en évidence plusieurs niveaux aquifères dont deux réservoirs principaux :

- Le premier : est formé par l'aquifère multicouche à nappe libre formé par des formations de recouvrement Plio-Quaternaire ;
- Le second : est formé par la zone fissurée des calcaires dolomitiques du Lias.

1.4.1.1. Aquifère du Plio-Quaternaire

L'aquifère du Plio-Quaternaire se termine en biseau au contact des schistes qui constituent une limite étanche.

Cet aquifère est constitué par la superposition de trois niveaux aquifères formant un seul système aquifère multicouche nappe libre. Les trois niveaux sont :

1^{ere} Niveau : Aquifère alluvionnaire

Qui s'étend de l'Est du village de Hassi Bounif, au Sud des trois Hassis jusqu'en bordure du Lac Telamine. L'aquifère est formé par des alluvions de nature différentes, telles que : argile, croute calcaire, limons sableux et gypse.

L'eau y est saumâtre, elle est captée par des puits et forage de faible profondeur ne dépassant pas les 30m.

2^{eme} Niveau : Aquifère de grès coquilliers et grès jaunes

Constitue le principal aquifère sur le secteur d'étude. Elle contient la principale nappe d'eau souterraine captée exploitée par la majorité des puits des Hassis. Son épaisseur d'environ 20mètres avec un substratum constitué au Nord par les marnes du Miocène supérieur et au Sud par les marnes sableuses du Pliocène.

Le forage qui a été exécuté à ce niveau a atteint 60 mètres de profondeur, en traversant 40 mètres de marnes gris et bleues et 1mètre de terre cultivable, et l'épaisseur de grès coquilliers ne dépasse pas l'ordre de 10 mètres.

3^{eme}Niveau : Aquifère forme par des calcaires gréseux

Cet aquifère représente une ressource en eau très importante. Il est bien visible à l’affleurement au niveau de Hassi Ben Okba et Hassien Ettoual.

Grâce à un forage qui a été exécuté en Juillet 1985, l’épaisseur de ces calcaires pouvait atteindre 50 mètres. Le mur de cette nappe est constitué par les marne bleues du Pliocène. Elle alimente un nombre de puits qui se concentrent au niveau du village Hassien Ettoual, Hassi Ben Okba et au Nord-Ouest de Hassi Bounif.

Ces calcaires gréseux sont constitués de deux couches :

- Une couche supérieure, dure et compacte. Son épaisseur ne dépasse pas 1 mètre ;
- Une couche inférieure, tendre, constituée de calcaire gréseux devenant plus marneux, friable, formant un milieu d’interstices.

1.4.1. Aquifère des calcaires dolomiques du Lias

Les calcaires liasiques affleurent largement aux Djebel Orousse et Borosse. Cette formation dotée d'une très bonne perméabilité de fissure, offre une ressource en eau importante dans la région. Cet aquifère est à l’origine de la source de Kristel qui constitue un point de débordement de la nappe. Cet aquifère se prolonge plus au Sud en profondeur sous le recouvrement plio-quaternaire (in M. Foukrache, 2001).

L’aquifère liasique constitue une nappe profonde alimentant par drainance la nappe superficielle plio-quaternaire sous-jacente (M. Foukrache, 2001).

Géologie			Stratigraphie	Lithologie	Hydrogéologie
Classement des terrains					
1	2	3			
			Récent	Bas fond salé au niveau du lac constitue un milieu vaseux.	Perméabilité faible
			Quaternaire	Argile gréseux, mince couche de croûte et dépôt de pente de Dj. Khar.	Perméabilité moyenne
			Plio-quaternaire	Grès coquillers et grès jaunes à Hélix	Bonne perméabilité
			Pliocène	Marnes grises	Imperméable
			Pliocène	Grès et calcaire gréseux	Bonne perméabilité la nappe noie la partie inférieure des calcaires (tendre de porosité d'interstice)
			//	Marnes bleuâtres	Imperméable constitue le mur de la nappe du Pliocène
			Miocène	Gypse à intercalation de bancs de tripoli	Imperméable
			//	Marnes à gypse	Imperméable
			//	Marnes à silex	Très faible perméabilité
			//	Marnes et grès micacés	Très faible perméabilité
			Crétacé	Schistes argileux brun violet	Imperméable
			Jurassique	Calcaire dolomitique du lias	Bonne perméabilité donne naissance à la source de kristel.
			Permo-trias	Schiste violaces, quartzites, lydiennes	Imperméable

Figure n°15 : Log hydrogéologique de la région (L. Haddar, 1986)

1.4.2 Etude Piézométrique

La piézométrie est la mesure de la profondeur de la surface de la nappe. Elle peut être exprimée soit en mètres par rapport au sol, soit en mètres par rapport à l'altitude 0 du niveau de la mer. Le niveau piézométrique quant à lui correspond au niveau atteint par l'eau d'une nappe souterraine en un point et à un instant donné.

Dans notre zone étudiée, nous nous sommes essentiellement basées sur les travaux et mesures réalisées par M. Boukheri dans le cadre de son mémoire de Magister en 2013 (tableau n°6).

Tableau n° 06 : Les donnes piézométriques des points d'eau (Boukheri M.,2013)

Indice de point d'eau	Longitude	Latitude	Z(m)	H(m)	Localisation
P1	35° 42'20.10''	0° 29'27.14''	97	93	Zone industrielle (U. Haffar)
P2	35° 42'39.48''	0°29'07.66''	96.5	92.7	Zone Industrielle (U. Haffar)
P3	35°42'17.13''	0°28'37.38''	94	90	Zone Industrielle (U. Benyelles)
P4	35°43'01.14''	0°28'25.22''	98.5	92.75	Zone Industrielle (U. Saidi)
P5	35°43'21.65''	0°28'10.94''	99	92.1	Zone agricole
P6	35°42'45.03''	0°28'55.89''	97	92.9	Zone Industrielle (U. ECO)
P7	35°42'21.24''	0°29'07.13''	94.8	91.55	Zone Industrielle (U. SIMAS)
P8	35°42'17.18''	0°28'25.65''	94	89	Milieu Urbain
P9	35°43'01.35''	0°28'10.22''	96	91.4	Zone agricole
P11	35°43'18.19''	0°28'55.77''	115	92.8	Zone agricole
P12	35°42'48.80''	0°29'20.86''	99.75	93	Zone agricole
P13	35°42'42.23''	0°29'50.01''	102	93.8	Zone agricole
P15	35°41'57.11''	0°29'30.23''	97	92.25	Zone agricole

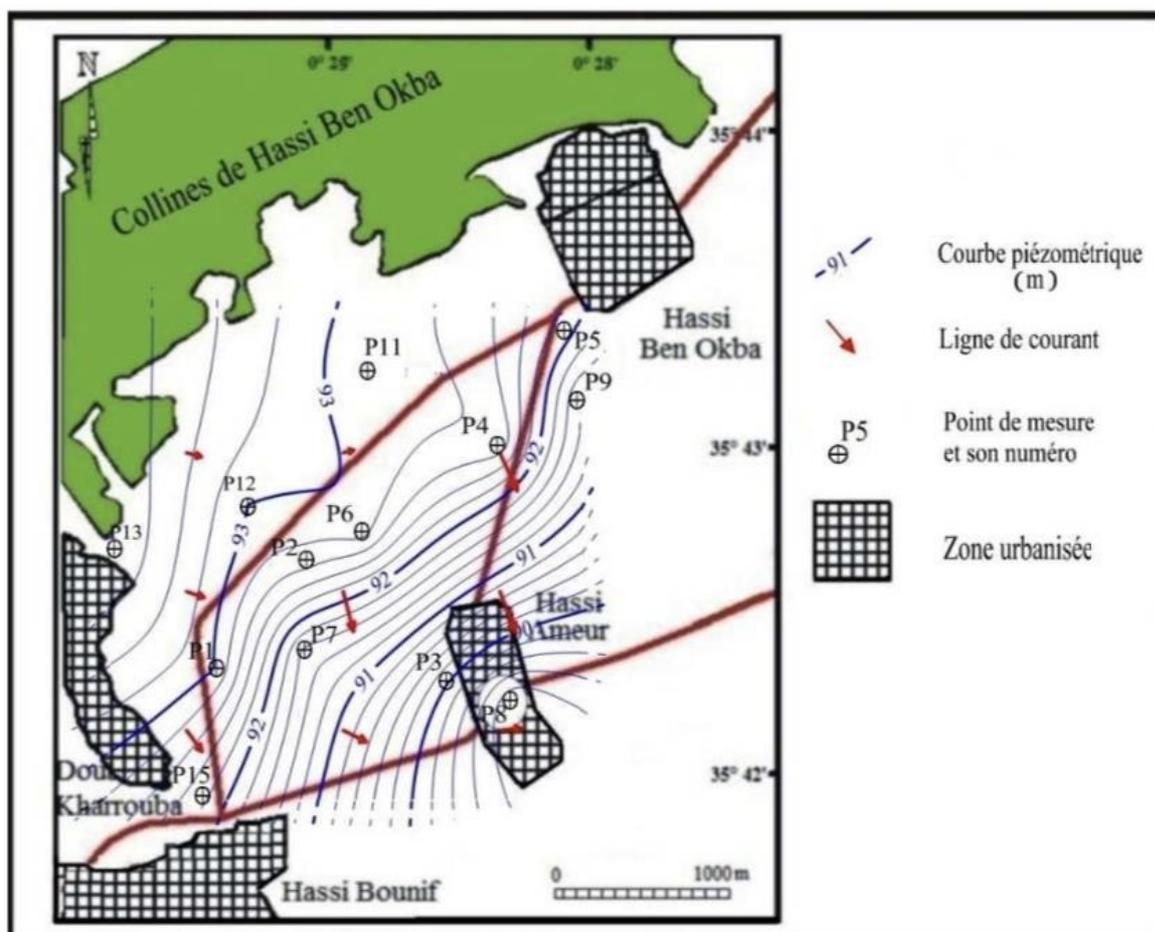


Figure n°16 : Carte piézométrique du secteur d'étude (Fév.,2012) (in Boubkeri M., 2013)

L'examen de la figure n°16 permet de distinguer une nappe radiale, à écoulement de direction Nord-Ouest/Sud-Est, légèrement convergent vers les secteurs de l'agglomération de Hassi Ameur. La pente de cette nappe présente une morphologie assez régulière. L'examen de l'allure et de l'espacement des courbes iso-pièzes indique un écoulement général à profil parabolique dénotant une limitation de la perméabilité dans le sens de l'écoulement.

Le gradient hydraulique moyen de la nappe au niveau de la zone industrielle est faible de l'ordre de 1.8.

Les collines formant le plateau des Hassi (Hassi Ben Okba) sont constituées par les grès calcareux du Pliocène dotés d'une double perméabilité d'interstices et de fissures. Cette formation offre une limite d'alimentation pour l'essentiel du système aquifère de la région.

1.4.3 Paramètres Hydrodynamiques

Les pompages d'essai sont un moyen pour déterminer in situ les propriétés hydrauliques de l'aquifère, telles que la transmissivité et le coefficient d'emmagasinement ou pour révéler la présence de conditions aux limites (ouverts ou fermées).

1.4.3.1 La Transmissivité

La transmissivité de la formation aquifère, un pompage d'essai effectuée dans un puits, a grand rayon, situé à quelques dizaines de mètres de l'ouvrage de captage P1(X=212,40 Y=271,73 Z=111) a fourni une transmissivité de la formation aquifère (alluvions et calcaire gréseux) de l'ordre de 2.8 à 4.2×10^{-3} m²/s (ENRENAD, 1998).

1.4.3.2 La Perméabilité

Des mesures de perméabilité ont été, interprétées selon la méthode Lefranc, réalisés dans des sondages de reconnaissances mettant en évidence différents horizons à l'échelle du plateau d'Oran-Bir El Djir (Ouest du Plateau des Hassi. Ils ont donné les résultats résumés au tableau n°07 (AGEP/Sogreah 1984).

Tableau n°07 : Resultats de mesures de permeabilite du niveau aquifere du Plateau Oran-Bir-El-Djir (AGEP/Sogreah,1984)

Quaternaire	Argiles à gravier ou à horizon sableux ou gypseux	$1,2 \cdot 10^{-7}$ à $2,4 \cdot 10^{-4}$ m/s
	Argiles rouges	$1,3$ à $7 \cdot 10^{-7}$ m/s
	Silts et sables fins	$1,1 \cdot 10^{-4}$ m/s
	Sables fins, sables argileux, calcaires tufeux	$9,4 \cdot 10^{-5}$ m/s
Astien	Argiles sableuses et gréseuses	$6,6 \cdot 10^{-6}$ m/s
	Sables argileux	$1,1 \cdot 10^{-5}$ à $7 \cdot 10^{-4}$ m/s
	Argiles et calcaires	$1,1 \cdot 10^{-4}$ m/s

La présence de niveau sableux ou parfois la formation de calcaires, montre des valeurs de perméabilité moyenne a bonne.

1.5 Présentation de la zone industrielle de Hassi Ameer

1.5.1 Localisation de la zone industrielle

La zone industrielle de Hassi Ameer se situe à environ 11Km du village d'Oran. Elle longe la route nationale RN 11 Oran/Arzew et elle est limitée par :

- L'agglomération de Hassi Ben Okba au Nord-Est ;
- L'agglomération de Hassi Ameer au Sud-Est ;
- L'agglomération de Hassi Bounif à l'Ouest ;
- Douar Kharrouba au Nord-Ouest.

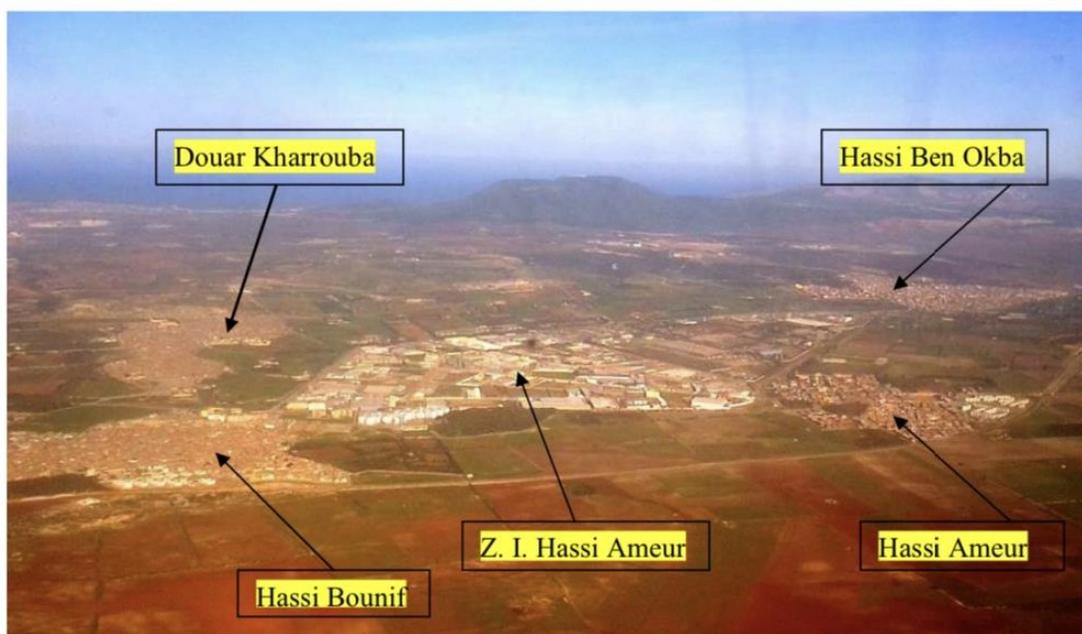


Figure n° 17 : Vue aérienne de la zone industrielle de Hassi Ameer (in Boukheri M.,2012).

1.5.2 Historique de la zone industrielle

La zone industrielle de Hassi Ameer créée vers la fin des années 1970, sur une superficie de

313 hectares ont été conçue initialement pour accueillir l'industrie lourde (construction métallique, construction de véhicules automobiles, matériaux de construction, etc.

L'évolution de la politique économique et industrielle du pays a conduit à une restructuration de la zone industrielle et un nouveau lotissement selon plusieurs facteurs :

- La décision politique pour l'orientation nationale vers l'industrialisation ;
- La disposition d'une main d'oeuvre profitable ;
- Une infrastructure routière importante ;
- Potentialités en eau considérables dans la plaine des Hassis ;
- La situation géographique stratégique dans la région Nord-Ouest de l'Algérie.

1.5.3 L'évolution des activités industrielles

Les industries productives existant entre 1973 à 1983 comportent deux types d'unités industrielles : la première métallurgique et la deuxième de production des matériaux de construction. Les industries de service étaient celles de SONELGAZ et SESIDSNS, les autres unités étaient en cours de réalisation.

L'industrie de matériaux de construction était la plus dominante avec un pourcentage atteignant 40% par rapport à l'ensemble de l'industrie, en deuxième place la métallurgie avec 30% et en dernier ce sont les industries électroniques, l'industrie des machines et autres types d'industrie. La zone industrielle est donc devenue un grand souci pour les populations des agglomérations avoisinantes. D'autant plus que les décisions politiques visant à construire des pôles industriels dans les différentes régions du pays, ne prennent pas en considération le facteur de danger occasionné pour le milieu naturel concerné et son environnement.

Par la suite, l'évolution de la politique économique et industrielle du pays a conduit à une restauration de la zone industrielle qui a connu plusieurs transformations. A la fin des années 1990, la zone industrielle comprenait plus de 60 unités industrielles et avec l'augmentation du nombre des unités, plusieurs types d'industries (chimie, hydrocarbures, etc.) se sont multipliés. Avec l'adjonction d'un nouveau lotissement dans la partie Ouest, la zone industrielle se compose de 183 lots (Fig. n°18).

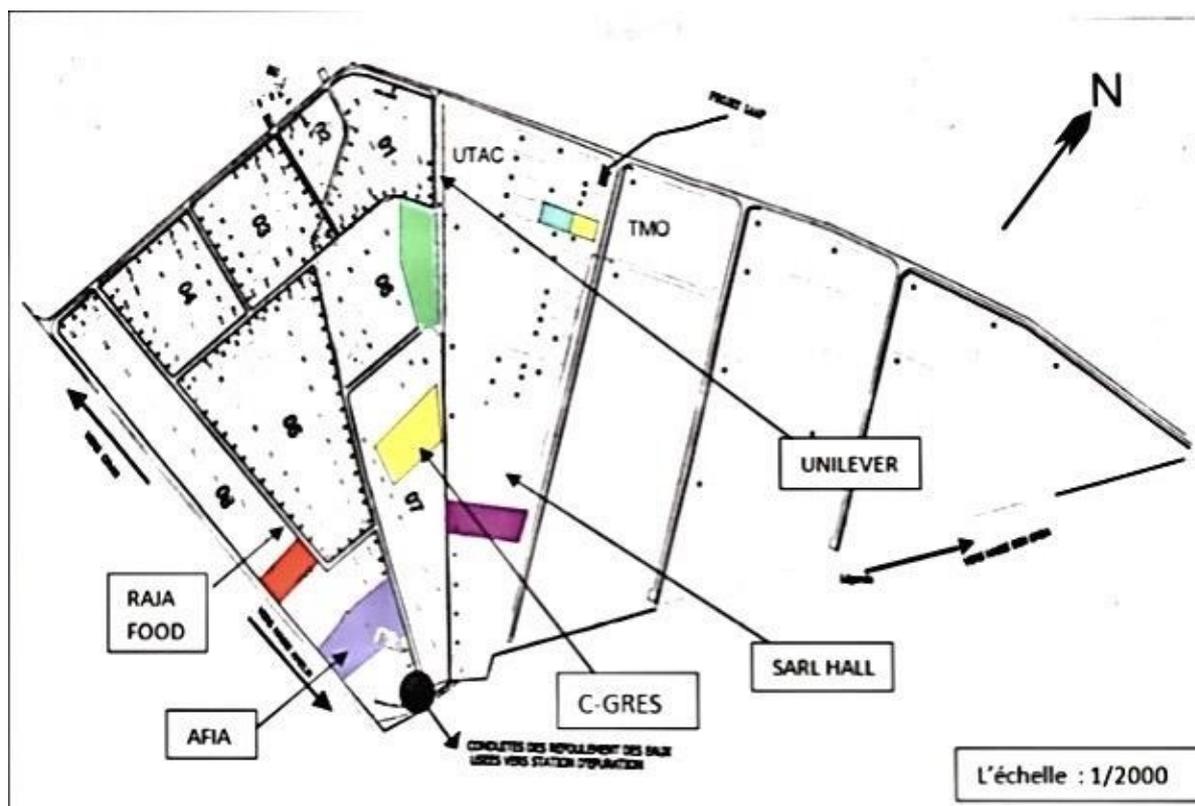


Figure n° 18 : Plan parcellaire actuel de la zone industrielle de Hassi Ameur (Direction de l'environnement)

1.5.4 L'occupation du sol et son évolution

L'occupation du sol de la zone peut être abordée selon deux angles différents :

- La nature et les formes d'occupation du sol actuelles (zones de cultures, zones de végétations naturelles, différentes occupations humaines d'habitats, infrastructures diverses.)
- L'évolution spatio-temporelle de cette occupation du sol.

Cette occupation du sol est calquée sur les grandes unités morphologiques décrites précédemment.

1.5.4.1 Les cultures et la végétation

L'occupation des terres avant l'implantation de la zone industrielle, présentait trois rubriques fondamentales : des cultures permanentes, des cultures annuelles et une végétation naturelle.

Les cultures permanentes se résument à dans la viticulture, qui occupait plus de 90

% de la superficie de la plaine et de ses abords. Quelques vergers (oliviers) étaient localisés sur les piémonts.

Les cultures annuelles étaient essentiellement céréalières ou maraichères en sec. Les cultures irriguées étaient très peu représentées.

La végétation naturelle était localisée exclusivement sur les reliefs. Ce sont des restes de forêts de pin d'Alep avec un sous-bois peu développé. Cette formation végétale présentait des signes de dégradation à mesure que l'on se rapprochait des zones de culture.

1.5.4.2 Les grandes infrastructures et l'habitat dans la zone

La zone industrielle est caractérisée par sa proximité immédiate de trois unités urbaines : Hassi Aneur au Sud-Est, Hassi Ben Okba au Nord-Est et Hassi Bounif au Sud- Ouest. Les agglomérations de Hassi Aneur et Hassi Bounif font partie de la même commune. Elles regroupaient respectivement : 5510 et 23033 habitants en 2005. En ce que concerne l'agglomération de Hassi Ben Okba, elle totalise 12455 habitants.

Un réseau de routes nationales et de wilayas, des chemins communaux existait avant l'implantation de la zone industrielle : la route nationale N°11 qui relie Oran à Arzew longe la zone industrielle et par les trois agglomérations au Sud. Le chemin wilaya N°41 relie l'agglomération de Hassi Aneur vers l'Est à celle de Hassian Ettoual. Le chemin wilaya N°90 relie Hassi Aneur vers Boufatis et Oued Tlelat vers le Sud. Le Chemin N°74 relie Hassi Bounif, Sidi Chami et Bir El Djir. Des chemins vicinaux desservent la zone industrielle et l'espace communal. Le réseau interne de la voirie de la zone industrielle existant est défectueux. Le projet de chemin de fer reliant Arzew à Oran passe au Sud de la zone industrielle.

Le réseau de communication téléphonique utilise une dérivation du réseau souterrain Oran-Alger-Constantine, qui passe le long de la RN 11.

La zone industrielle est alimentée en électricité à partir de la centrale électrique située à l'extrémité Est de la zone. Cette alimentation s'avère parfois insuffisante, ce qui pousse certaines unités à recourir à des groupes électrogènes. Le piquage effectué sur le grand conduit de gaz haut pression Arzew-Oran alimente la zone industrielle.

Chaque unité industrielle tente d'assurer son alimentation en eau propres moyens (puits, forages).

Le réseau d'assainissement est bien réalisé. Il comprend le drainage des eaux pluviales, par des canaux aériens et un réseau unitaire souterrain pour les eaux pluviales et industrielles.

Le débouché de ce réseau est localisé au Sud-Est de la zone industrielle au contact de l'agglomération de Hassi Aneur. De là, les eaux sont directement canalisées sur près de cinq kilomètres pour être rejetées dans la partie occidentale du Lac Telamine.

Conclusion

La zone industrielle se trouve dans la partie occidentale du Plateau de Hassi Aneur. Elle fait partie des piémonts d'Arzew, qui constitue la dépression des Hassis et lac Telamine. Elle réunit trois agglomérations : Hassi Ben Okba, Hassi Aneur et Hassi Bounif.

La plaine de Hassi comprend une série de cuvettes topographiques qui marquent bien le paysage des Hassis. Elle présente aussi une hydrographie restreinte du point de vue hydrogéologique.

Les études climatiques précédemment réalisées sur une période de 18ans, ont permis de caractériser un climat du type semi-aride avec une période sèche allant du mois de Mai au mois de Septembre et une période humide qui s'étale du mois d'Octobre au mois d'Avril.

Du point de vue géologique, la zone des Hassis est constituée essentiellement de terrains d'âge Secondaire, de terrains d'âge Néogène et Quaternaire. Les coupes des sondages de la région étudiée ont mis en évidence plusieurs niveaux aquifères dont deux réservoirs principaux :

- L'aquifère multicouche à nappe libre formé par des formations de recouvrement plio-quaternaire, couvrant l'ensemble des plains et constituée par la superposition de trois niveaux aquifères : les alluvions, les grès coquilliers et grès jaunes, les calcaires gréseux,
- L'aquifère des calcaires dolomitiques du Lias, cette formation carbonatée coiffant le massif d'Arzew, passe en profondeur vers le Sud sous le recouvrement plio-quaternaire constituant la nappe superficielle.

Partie II :
Contamination par les nitrates

Introduction

L'étude des problèmes de pollution de l'eau souterraine est très importante. Cette pollution peut avoir plusieurs origines : origine agricole, origine urbaine/domestique ou alors industrielle.

Des analyses physico-chimiques ont été réalisées sur les eaux de notre secteur d'étude (tableau annexe n°01), mais l'élément le plus important à analyser dans le cadre de notre problématique c'est le nitrate.

Le nitrate est l'un des anions majeurs responsables de la contamination des eaux souterraines. Il provient du cycle d'azoté et s'infiltré dans les nappes souterraines avec une vitesse comprise entre 0,3 à 1,25m/an.

Cette pollution est un problème complexe qui touche un grand nombre de pays depuis quelques années, notamment l'Algérie.

1. Généralités

1.1 Définition de la pollution de l'eau

Une eau est polluée lorsque, sous l'effet de l'activité humaine, elle devient impropre à satisfaire la demande d'utilisation ou qu'elle présente un danger pour l'environnement (G. Castany, 1982). Les causes naturelles de la dégradation de la qualité de l'eau souterraine sont donc exclues de ce concept.

1.2 Origine de la pollution

Selon l'origine de la pollution, on peut distinguer trois grands types :

1.2.1 Pollution d'origine urbaine :

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

Pour celles liées aux activités physiologiques et domestiques, elle est essentiellement de type organique et bactériologique.



Figure n°19 : Schéma résumant les différentes causes de la pollution

1.2.2 Pollution d'origine agricole

Cette pollution est due d'abord à l'épandage de l'agriculture intensive, c'est à dire à l'utilisation massive de pesticides, d'engrais chimique et de tous les autres produits phytosanitaires. L'utilisation de ces produits de manière excessive ou mal contrôlée, ils sont entraînés par ruissellement et vont contaminer les nappes d'eau souterraines.



Figure n° 20 : Pollution agricole

1.2.3 Pollution d'origine industrielle

L'industrie génère des pollutions différentes selon le secteur d'activité. Elle peut être provoquée par des rejets industriels, thermiques et chimiques.

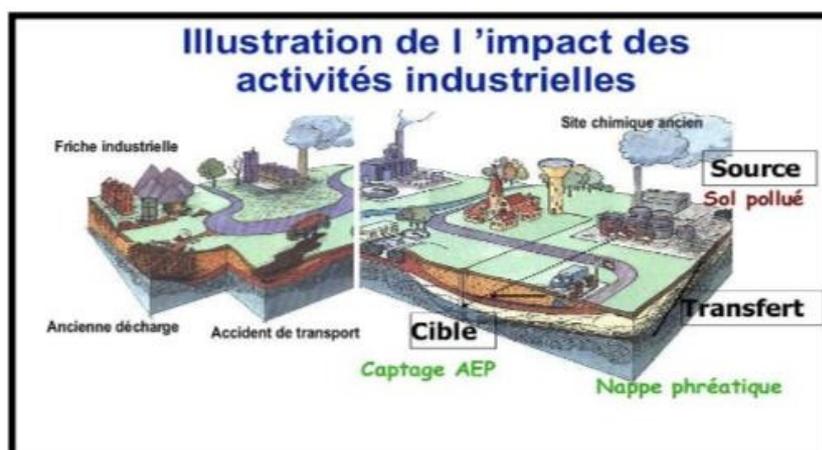


Figure n°21 : Origine industrielle

2. Les Nitrates

2.1 Définition

Le nitrate (NO_3) est un ion produit au cours du cycle de l'azote particulièrement soluble dans l'eau et responsable d'une pollution des eaux. Il est composé d'un atome d'azote (N) et de trois atomes d'oxygène (O). En l'absence de contamination, la teneur en nitrates des eaux souterraines varie globalement de 0,1 à 1 milligramme par litre d'eau.

La principale source d'azote réside dans l'atmosphère sous forme de diazote (N_2) qui représente un peu moins de 80% de la composition de l'air.

Des ions nitrates sont formés au terme d'un processus complexe de transformation de l'azote par bactéries : ils sont ensuite assimilés par les plantes.

La consommation des légumes et de végétaux constitue ainsi pour les animaux comme pour l'homme la base d'alimentation en azote.

2.2 Cycle d'azote

Les processus décrits ci-dessous produisent de l'azote sous différentes formes et conçoivent à rendre cet élément mobilisable par la plante ou au contraire à le rendre indisponible.

Les principaux processus qui se déroulent lors du cycle de l'azote sont :

2.2.1 La fixation libre et la déposition atmosphérique

Les processus permettent de capter une partie de l'azote de l'air :

- Par les bactéries du sol qui le fixent et permettent ainsi son incorporation dans des composés organiques ;
- Par les pluies et les particules qui se déposent au sol.

2.2.2 La fixation symbolique

Il s'agit de la fixation du diazote de l'air (N_2) par les légumineuses.

2.2.3 La minéralisation

La minéralisation transforme l'azote organique (apporté par les fertilisants, les résidus de cultures ou issu de l'humus du sol) en ammonium (NH_4^+) sous l'effet de l'activité microbienne. Cependant, l'ammonium est moins facile à être assimilé par la plante que le nitrate, car il se fixe sur les minéraux du sol alors que le nitrate est très mobile dans l'eau.

2.2.4 La nitrification

Le nitrate va être produit par la nitrification de l'ammonium par les bactéries du sol, en milieu aérobie.

2.2.5 La dénitrification

En l'absence de l'oxygène (captage du sol ou eau stagnante), des phénomènes de dénitrification ont lieu produisant du protoxyde d'azote (N_2O) du monoxyde d'azote (NO) ou du diazote (N_2) à partir de l'Ammonium.

2.2.6 La lixiviation

L'eau du sol peut entraîner le nitrate en profondeur surtout en hiver lorsque la pluviométrie est importante.

2.2.7 La volatilisation

Des pertes par voie gazeuse (NH_3) peuvent avoir lieu lors de l'application. Cela concerne en moyenne 20% de l'azote ammoniacal des fumiers et des lisiers. Ce processus est favorisé par un pH du sol élevé et par un climat chaud.

2.2.8 L'organisation

Il s'agit de l'absorption de l'Ammonium par les bactéries du sol. L'azote fixé sera reminéralisé sur des temps plus ou moins longs.

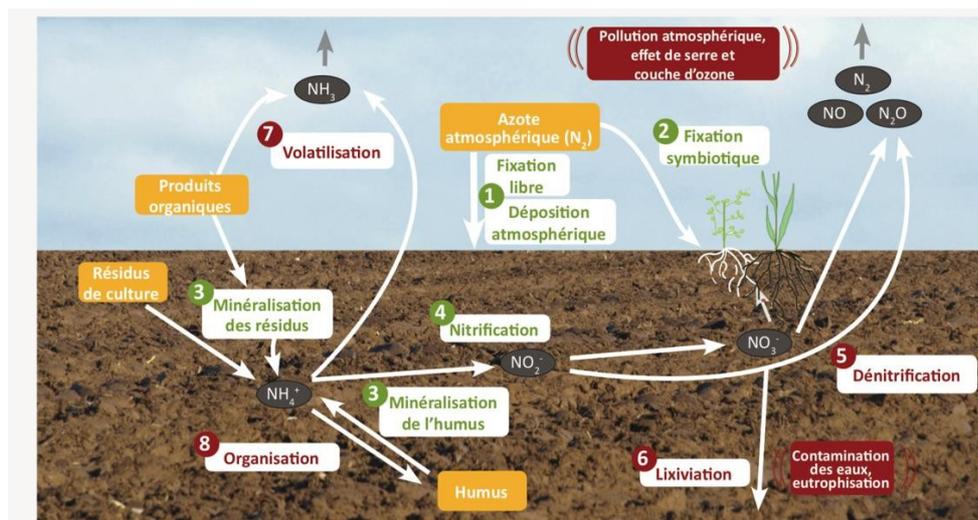


Figure n° 22 : Cycle d'azote (D'après le COMIFER,2013)

2.3 Origine des Nitrates

Les nitrates présents dans notre environnement (air, eau, sol) peuvent avoir plusieurs origines telles que :

2.3.1 Origine naturelle

Ils sont présents naturellement dans les sols incultes jamais fertilisées par l'homme mais à faible concentration.

Ils proviennent également de la transformation de la matière organique en décomposition par les microorganismes du sol ou de déjections animales. Mais lorsque la capacité d'absorption par les végétaux est dépassée ou que les nitrates sont emportés par le ruissellement avant de pénétrer dans le sol, les nitrates en excès rejoignent les sources d'eau superficielles telles que les rivières, les fleuves et lacs ou bien s'infiltrent dans le sol et menacent les ressources souterraines.

Les eaux sont alors polluées par cet excédent des nitrates qui constituent l'une des causes majeures de la dégradation des eaux naturelles à long terme.

2.3.2 Origine domestique et industrielle

Les déchets organiques rejetés par les égouts ou épandus sur le sol (par exemple les boues de station d'épuration), libèrent également d'importantes quantités de nitrates. Ceux-ci peuvent être entraînés ensuite dans les rivières ou les nappes d'eau souterraines. De même, les combustions des moteurs des voitures, des usines de produits chimiques libèrent dans

l'atmosphère des oxydes nitreux, pouvant générer des nitrates.

2.3.3 Origine agricole

Les productions agricoles (céréales, fourrages, légumes) sont dépendantes des quantités de matière azotées présentes dans le sol.

Les besoins en nitrates varient suivant le type de plantes. Si un agriculteur dépasse les doses optionnelles en nitrates, ceci entraîne un surplus (la plante ne l'absorbe plus) qui va être entraîné soit par ruissellement soit par infiltration dans les nappes ou sont puisées les eaux de consommation humaine.

Cette dernière source est de loin la plus importante cause de pollution des eaux par les nitrates.

2.4 Nitrates et risques sanitaires

Les nitrates ne sont pas en eux-mêmes dangereux pour la santé mais c'est leur transformation en ions nitrites assurée par les bactéries intestinales qui présente un risque toxique potentiel.

Une fois ingérés, ils peuvent être réduits en nitrites par les bactéries présentes dans les corps en particulier dans la bouche mais aussi l'intestin grêle et le côlon. A partir de 25 mg/l, les nouveau-nés peuvent manquer d'oxygène parce que les nitrites issus des nitrates oxydent le fer ferreux (Fe^{2+}) de l'hémoglobine des globules rouges en fer ferrique (Fe^{3+}), la méthémoglobine qui en résulte est incapable de fixer l'oxygène.

Dans le milieu acide, l'estomac par exemple, l'ion nitrite donne naissance à de l'acide nitreux qui génère du dioxyde d'azote capable de réagir avec des substances azotées qu'on appelle amines pour former des individus très peu fréquentables les « nitrosamines » qui endommagent les gènes et provoquent des cancers chez toutes les espèces animales. Plus on consomme de nitrates dans l'eau, plus on fabrique de nitrosamines.

- Les bébés de moins de six mois exposés aux nitrates peuvent avoir des problèmes respiratoires résultant d'un ralentissement du transport de l'oxygène entre leurs poumons et leurs tissus ;
- Une forte contamination aux nitrates provoque une coloration bleutée de la peau et des lèvres chez les nourrissons ; on parle alors de "méthémoglobinémie"
- Selon les connaissances actuelles, la consommation régulière d'eau potable contaminée

- par les nitrates pendant plusieurs dizaines d'années peut entraîner un risque de cancer ;
- Chez l'adulte, la principale source de nitrates provient de légumes tels que la betterave, le céleri et l'épinard qui sont particulièrement riches en nitrates ;
 - La pollution des eaux par les nitrates présente un double risque :
 - Ingérer une trop grande quantité de nitrates aura des effets toxiques sur la santé humaine ;
 - Par ailleurs, ils contribuent, avec les phosphates, à modifier l'équilibre biologique des milieux aquatiques en provoquant des phénomènes d'eutrophisation voir de dystrophisation.

2.5 Règlements

2.5.1 Teneurs limites

Le décret 2001-1220 du 20 Décembre 2001 limite à 50mg/l la teneur maximale en nitrates de l'eau destinée à la consommation humaine. La norme de 50mg/l a été fixée en fonction des risques encourus par les populations les plus vulnérables : nourrissons et femmes enceintes. Une eau dont la teneur en nitrate dépasse 50mg/l n'est pas considérée comme une eau potable.

Faisant suite aux directives européennes n° 89-3 du 3 Janvier 1989 relatives aux eaux destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux minérales naturelles qui fixent les normes de qualité auxquelles doivent répondre ces eaux, il est modifié par le décret n° 91-257 du 7 Mars 1991, les nitrates apparaissent avec un niveau guide de 25mg/l et une concentration maximale admissible (CMA) de 50mg/l.

Le décret n° 2001-1220 du 20 Décembre 2001 indique les nouvelles limites de qualité d'eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine.

En Algérie, la concentration maximale admissible (CMA) est fixée à 50 mg/l. Pour les eaux traitées, la concentration en nitrates en sortie des installations de traitement doit être inférieure ou égale à 0,1 mg/l.

Le service d'Hygiène Publique Américain recommande la concentration de 45 mg/l de NO₃ comme valeur limite à ne pas dépasser pour l'eau de boisson particulièrement quand celle-ci doit être donnée à des enfants (Rodier,1996).

Tableau n°08 : Normes relatives aux composées azotées (selon l'OMS)

	Niveau guide(mg/l)	Concentration maximale (mg/l)
Ammonium (NH_4^+)	0.05	4
Nitrite (NO_2^-)	-	0.10
Nitrate (NO_3^-)	20	50

2.6 Contamination par les nitrates

Le problème de la contamination de l'eau souterraine par les nitrates touche un grand nombre de pays depuis quelques années. Les concentrations en nitrates dans l'eau souterraine sont de plus en plus importantes, dépassant la norme de potabilité. Ces concentrations augmentent en raison des activités humaines, telles que l'agriculture, l'industrie et les effluents domestiques.

Les nitrates se déplacent lentement dans le sol avant d'atteindre les eaux souterraines : il y a un délai d'environ 20ans entre l'activité de pollution et la détection du polluant dans les eaux souterraines. Pour cette raison, il est évident que les activités polluantes actuelles continueront à affecter les concentrations en nitrates pendant plusieurs décennies. Si la pression dans l'aquifère est élevée, le transport peut être très rapide dans la zone de saturation

2.6.1 Facteurs affectant la contamination des eaux souterraines par les nitrates

Il existe plusieurs facteurs qui contribuent à la contamination des sols qui peuvent influencer la pollution des eaux souterraines, en particulier les déchets agricoles qui représentent plus de la moitié des sources d'enrichissement dans les zones rurales où se pratique une agriculture intensive. Ce facteur est très important et met parallèlement en exergue un fort enrichissement dans les sols en cuivre et zinc, ainsi qu'un enrichissement important en potassium.

Les sols seront alors gorgés de nitrates. Les couches rocheuses situées sous les exploitations agricoles agiront comme des éponges et stockeront en profondeur les substances polluantes. Ce phénomène de stockage est fortement lié à l'utilisation de l'agriculture intensive significative qu'un grand stock de nitrates est formé dans ces roches. Cela est en train de toucher la qualité de l'eau même si limite les fertilisants. Il en résultera de nombreux problèmes de pollutions

environnementales telles que la prolifération des algues, un appauvrissement de certains milieux naturels etc.

Plusieurs chercheurs ont identifié certains facteurs affectant la contamination des eaux souterraines par les nitrates, y compris :

- Les niveaux d'engrais et l'accumulation de matière organique du sol qui peuvent entraîner une importante réserve d'azote minéral et donc un risque plus élevé de lessivage de nitrates (Korsaeth et Eltun, 2020 ; Sieling et Kge, 2006)
- Les engrais azotés sont largement utilisés en agriculture, mais un excès d'azote peut provoquer une pollution dans l'eau. De même que pour la gestion du fumier (engrais organique) dans les pratiques agricoles (Lord et Anthony, 2002 ; Rankinen et al, 2007) ;
- La texture du sol (De Ruijter et al., 2007) : Le risque de contamination est plus important si le sol recouvrant la nappe d'eau est vulnérable (ex : sablonneux) et si la nappe est peu profonde.
- Les excédents de précipitation (Boumans et al., 2001 ; Elni et al., 2002 ; Fraters et al., 1998 ; Salo Turtola., 2006).

66% des nitrates présents dans les eaux souterraines proviennent des exploitations agricoles, c'est pour cela que les études sur la qualité et aussi la protection des sols sont importantes pour bien protéger les aquifères.

2.6.2 Le transfert des nitrates vers la nappe

Le transfert des nitrates des sols agricoles vers la nappe se fait généralement dans les zones qui présentent certaines caractéristiques particulières très intéressantes telles que :

- La présence d'une nappe très proche du sol (souvent moins de 1m) et donc très vulnérable ;
- L'existence de nombreux cours d'eau drainant la nappe ;
- Une multiplicité de sols et de conditions hydriques ;
- Les facteurs climatologiques ;
- Les facteurs agrolologiques : propriétés physico-chimiques, hydrodynamiques et microbiologiques des sols ;
- Les facteurs agronomiques : type de culture, travail cultural et niveau de fertilisation.

Les mécanismes de transport de nitrates sont : la convection, la diffusion et la dispersion mécanique.

Dans les régions mobiles du sol (macropores), l'eau et le nitrate se déplacent autant par convection que par diffusion. Par contre dans les régions immobiles du sol (micropores), Sardin et *al.*, (1991) ont montré qu'alors le transport d'eau et de nitrate s'effectue principalement par diffusion du fait des gradients de concentrations dans le sol.

Pinheiro (1995) note que le lessivage est très variable d'une année à l'autre, ce que nous comprenons aisément du simple fait de la variation des conditions météorologiques.

Tindall et *al.* (1995) ont comparé les réactions d'une argile d'un sable facile au lessivage des nitrates et aux réactions de dénitrification probable. La migration des nitrates est retardée sur l'argile mais elle s'effectue.

La vitesse moyenne de transfert des nitrates est de 0,3 à 1,25 m/an selon la nature du couvert végétal et recouvrement de la nappe (Lacherez, 1997 ; Vachier et *al.*, 1979).

2.6.3 La répartition des teneurs en nitrates dans les aquifères

La plus forte concentration en nitrates se rencontre dans les nappes libres. En effet, celles-ci, par opposition aux nappes captives, ne sont pas protégées par des couches géologiques imperméables, et sont plus ou moins vulnérables aux pollutions de surface ;

Le type de perméabilité de l'aquifère (perméabilité de fissure pour les calcaires et les roches éruptives, perméabilité d'interstices pour les sables et les grès) joue un rôle important eu égard de la vulnérabilité aux contaminations de surface ;

La profondeur de la nappe par rapport au type du sol est aussi un facteur de vulnérabilité non négligeable.

2.6.4 Concentration des nitrates dans l'eau potable

La concentration des nitrates dans les eaux potables (eaux souterraines) peut être classée selon quatre catégories (selon le site de l'Institut National de Santé public du Québec) :

- Inférieure à 0,2 mg⁻N/l : aucune influence humaine ;
- Entre 0,2 et 3,0 mg N/l : influences très nettes dans des activités humaines, mais, sans impact apparent sur la santé ;
- Entre 3,0 et 10 mg N/l : influence certaine mais avec impact modéré ;
- Supérieure à 10 mg N/l : impact majeur des activités et effets possibles sur la santé.

Tableau n°09 : Influence des activités humaines et impact sur la santé des différents niveaux des nitrates dans l'eau (Madison et Brunett, 1985)

Concentration des nitrates dans l'eau (MG- N/L)	<0 ,2	0,21-3,0	3,1-10	>10
Influence des activités humains	Non	Possible mais avec un impact mineur	Certaine, mais avec impact modéré	Certaine avec impact majeur
Impact sur la sante	Non	Non	Non démontré	Possible

3. Etude de la contamination dans notre secteur d'étude

Au niveau de notre secteur d'étude, la nappe se trouve dans une zone avec des risques de pollution. Ces pollutions peuvent avoir différentes sources :

3.1 Une pollution domestique et urbaine

Cette pollution est due aux possibilités de rejet des eaux usées d'origine domestique par des foyers non raccordés au réseau d'assainissement (fosses perdues). Elles sont caractérisées par quelques agglomérations notamment celles de Douar Kharrouba et domaine Habib au Nord-Est du secteur d'étude mais également l'agglomération de Hassi Aneur au Sud du secteur étudié.

3.2 Une pollution industrielle

Les industries qui ont été implantées dans la zone industrielle de Hassi Aneur représentent une source de pollution. La pollution par les éléments toxiques est la plus dangereuse, et les industries en sont le plus souvent la cause.

Certaines entreprises non raccordées au réseau d'assainissement font normalement usages de fosses et évacuent l'eau usée dans les réservoirs septiques, sans traitement préalable, ce qui conduit à la contamination des sources souterraines.

3.3 Une pollution agricole

L'utilisation irrationnelle des engrais et des pesticides que les agriculteurs ajoutent afin de fertiliser les sols et d'augmenter la productivité de la parcelle, contribue à la pollution des eaux de la nappe. Il faut contrôler cet ajout suivant la pédologie du terrain et les besoins en azote, et bien maîtriser les quantités d'eau afin de limiter le processus de lessivage.

Les communes de Hassi Bounif et Hassi Ben Okba sont à vocation agricoles bien intégré à l'industrie.

Dans le secteur d'étude, les fermes, les terrains agricoles et les abattoirs sauvages sont situés au Nord-Ouest, tandis qu'à l'Est se situent des points majeurs de pollution d'origine agricole.

4. Analyse des éléments indicateurs de pollution dans la plaine des Hassis

La variété des unités industrielles peut causer différents types de pollution. Pour évaluer l'effet possible de la pollution des eaux souterraines dans la région

étudiée, certains éléments indicateurs de la pollution contenue dans les eaux souterraines ont été étudiés.

Dans le cadre de ce travail, nous avons pris en considération les quinze prélèvements qui ont été effectués dans la zone industrielle et alentours par M. Boubkeri (2013). Pour chaque point d'eau, deux types d'éléments indicateurs de pollution ont été dosés (Annexe) :

- des éléments indicateurs de pollution organique : les nitrates, les nitrites, l'ammonium, les phosphates, la matière organique acide, la matière en suspension, la silice et la turbidité, analysés au sein du même laboratoire (ANRH-DRO) que les éléments précédents. Notre intérêt dans ce travail portera partiellement sur cette forme de pollution
- des éléments indicateurs de pollution métallique : le cadmium, le chrome, le cobalt, le cuivre, le fer, le manganèse, le molybdène, le nickel, le plomb, le sélénium et zinc. L'analyse de ces éléments métalliques a été effectuée par ICP-MS au niveau du
- laboratoire du "Servicios Centrales de Investigación" de l'Université d'Almeria- Espagne.

5. Teneurs en nitrates dans la région d'étude

Les teneurs en nitrates, dans les points d'eau doivent être conformes aux normes de potabilité (50mg/l).

5.1 Répartition spatiale des teneurs en Nitrates

Les résultats obtenus pour les analyses des nitrates en Février 2012, ont permis de tracer une carte de la répartition spatiale des nitrates dans la nappe libre du secteur étudié (M. Boubkeri., 2013) (Fig. n°23).

La répartition des teneurs en nitrates dans la plaine de Hassi est liée aux facteurs polluants signalés précédemment, et en particulier à l'activité agricole.

La cartographie de concentration montre que la majorité des points d'eau (essentiellement de puits) présentent de teneurs très élevées en nitrates, ces ions s'infiltrait rapidement et atteignent la surface de la nappe en période de lessivage.

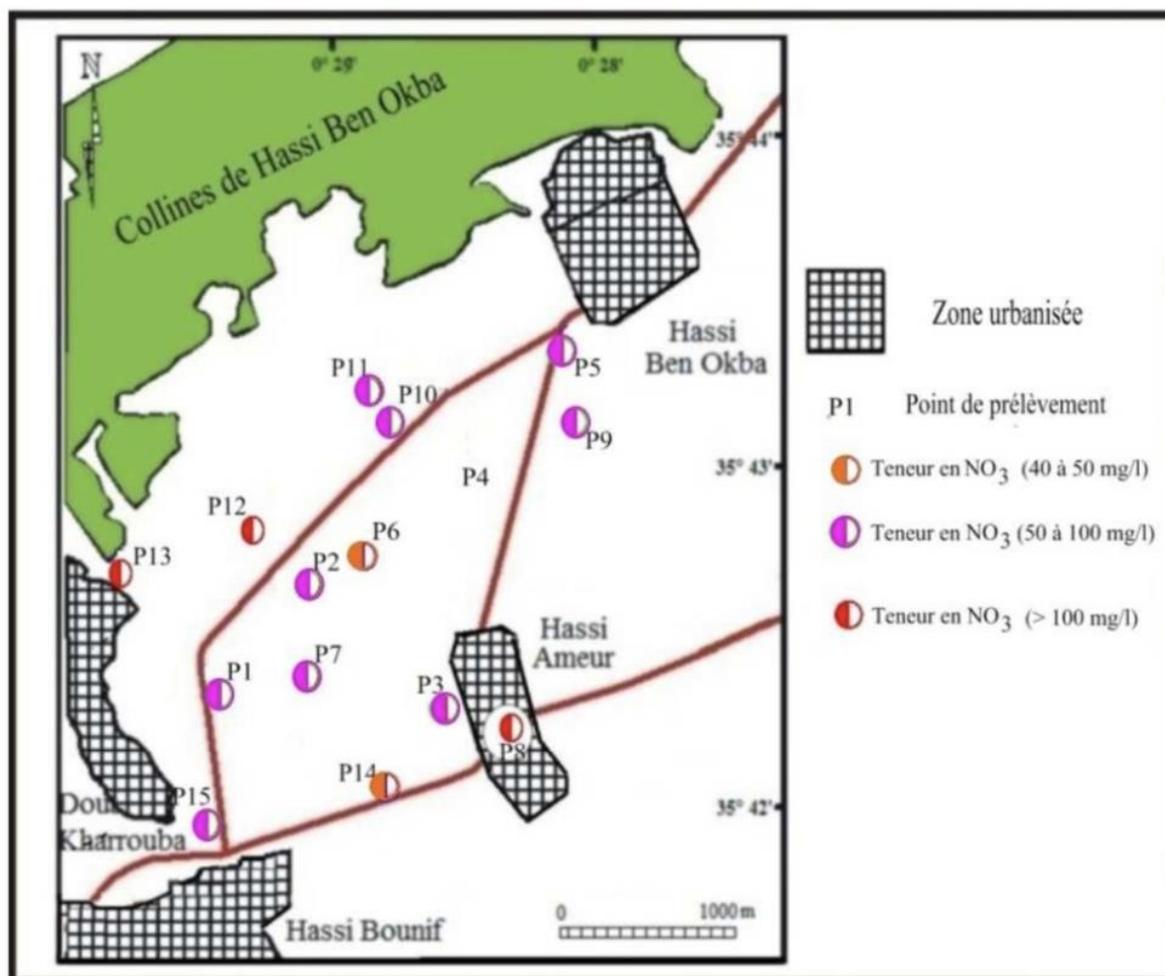


Figure n° 23 : Carte des teneurs en nitrates (mg/l) (In Boubkheri M., 2013)

Les données de nitrates sont représentées une dans le tableau suivant :

Tableau n° 10 : Teneurs en nitrates des points d'eau de la nappe étudiée (Fev.2012)

Points d'eau	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
NO ₃ (mg/l)	92	55	97	21	100	50	58	112	84	94	55	101	128	46	71

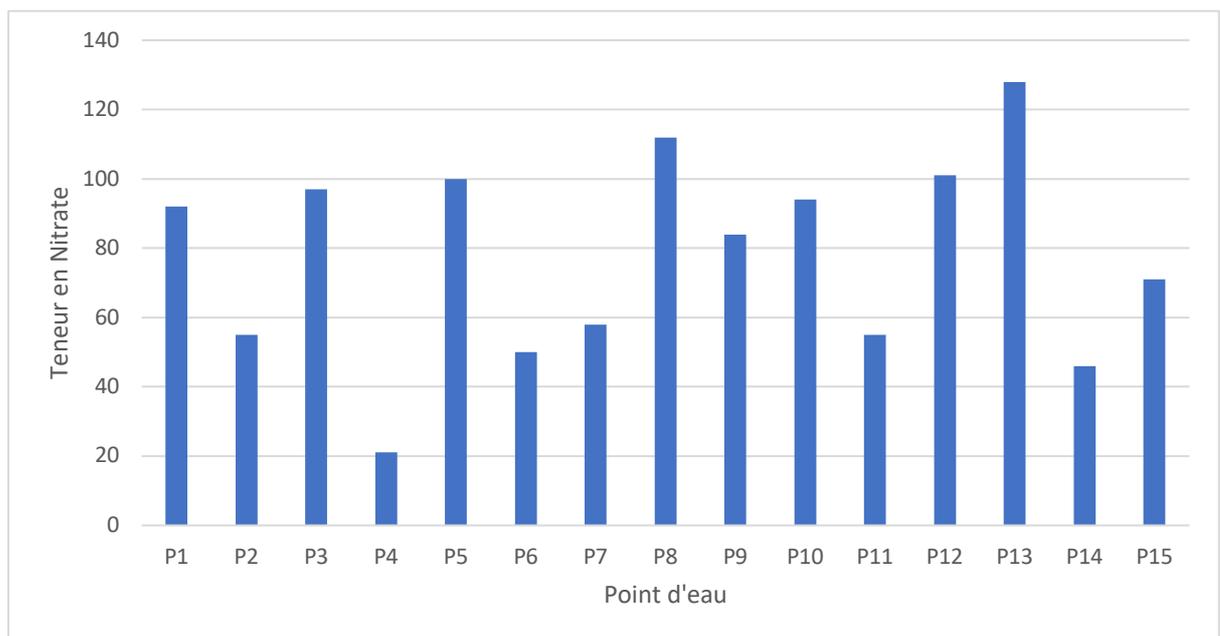


Figure n°24 :

A partir des valeurs du tableau n°10, les histogrammes de la figure n°24 ont été traces.

Ces teneurs en nitrates se répartissent de la manière suivante :

- Un seul point d'eau sur quinze, présente une teneur inférieure à 25 mg/l, c'est le P4, soit 7% de l'ensemble des eaux prélevées ; c'est donc une eau optimale pour la consommation ;
- Deux points d'eau sur quinze ont une teneur entre 25 et 50mg/l, ce sont les points P6 et P14, soient 13% de l'ensemble des eaux prélevées. Ils, représentent en eau de qualité acceptable pour la consommation
- Neuf points d'eau sur quinze ont une teneur entre 50 et 100 mg/l, ce sont les points ; P1, P2,P3,P5,P7,P9,P10,P11 et P15, eaux représentent 60 % de l'ensemble des eaux prélevées et sont considérées comme non potables, déconseillées aux nourrissons et femmes enceintes, nécessitant donc un traitement de potabilisation avant la distribution ;
- Trois points d'eau sur quinze ont une teneur est supérieure à 100 mg/l, ce sont les points P8, P12 et le P13, ces eaux représentent 20 % de l'ensemble des eaux prélevées et sont considérées comme non potables déconseille

pour toutes les catégories de population.

La concentration moyenne en nitrates des eaux de la nappe étudiée a pratiquement dépassé la concentration maximale admissible (50 mg/l) selon la loi de potabilité d'eau en Algérie, pour la majorité des points d'eau prélevés.

6. Évaluation des nitrates en fonction de paramètres physico-chimiques

6.1 Relation entre les nitrates-chlorures :

Le graphe (figure n° 25) montre l'évolution des nitrates en fonction des chlorures, on a remarqué une certaine corrélation entre les nitrates et les chlorures. Ces derniers peuvent avoir plusieurs origines naturelles et anthropiques.

Une partie des chlorures peuvent provenir des eaux usées d'origine domestique ou des eaux de rejets industrielles, qui constituent en même temps une source de nitrates d'origine organique.

Les concentrations des chlorures de chaque point d'eau figurent dans le tableau n°1 en annexe.

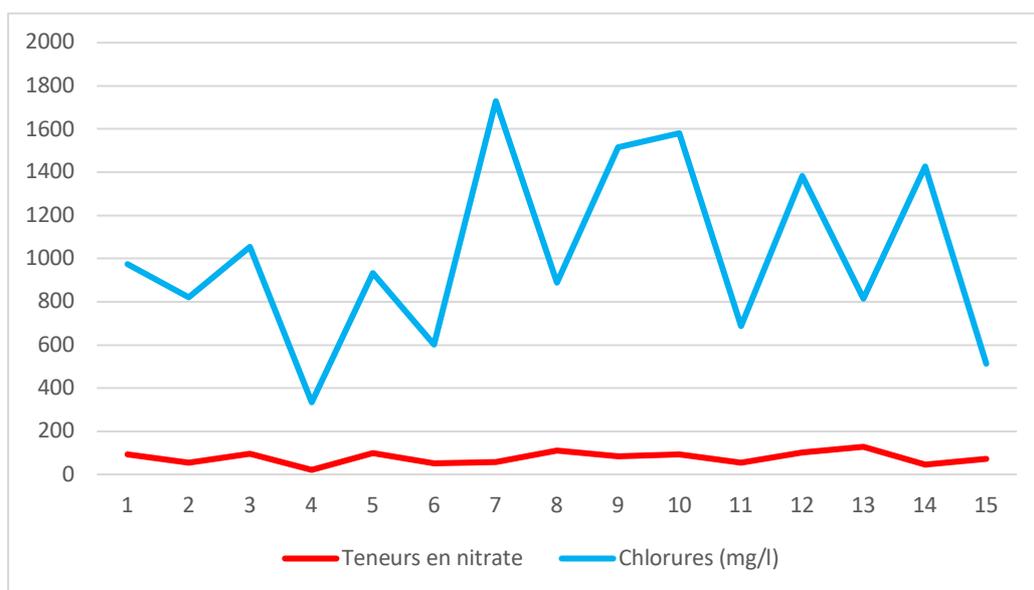


Figure n° 25 : Évolution des nitrates en fonction des Chlorures

6.2 Relation Nitrates – Bicarbonates

La présence de l'ion bicarbonates dans les eaux souterraines est liée à la nature géologique de la zone d'étude (calcaire du Messiniem). Elle est aussi liée, à une activité biologique (oxydation de la matière organique dans les décharges). Les bicarbonates peuvent se retrouver aussi dans le lixiviat de ces dernières (Bettahar et al., 2008).

L'évolution des bicarbonates est similaire à celle des nitrates (Fig. n° 26), il est probable qu'il y ait une origine commune résultant ainsi de l'oxydation de la matière organique dans les décharges.

Le tableau en annexe n°01 montre les valeurs des bicarbonates (mg/l) de chaque point d'eau de la région d'étude.

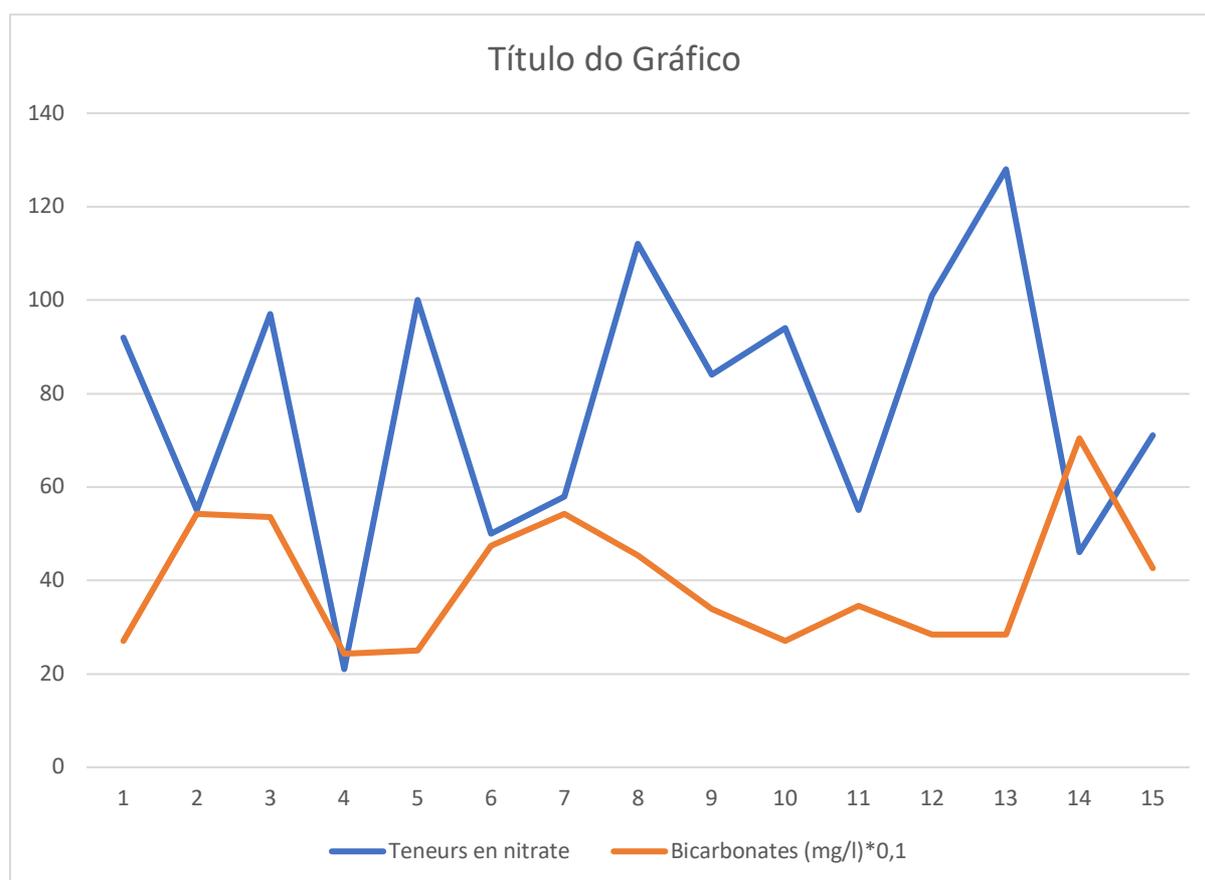


Figure n° 26 : Évolution des nitrates en fonction des bicarbonates

6.3 Relation Nitrate-Potassium

Le cycle du potassium dépend d'une part de son origine mixte, liée surtout à hydrolyse de l'illite présente dans la fraction fine des alluvions (Boulaine, 1957) et à la fertilisation minérale (engrais NPK) (Betthar et al., 2008).

D'autre part, le potassium dépend de sa perte par rétrogradation par les argiles interstratifiées dans les sols de la plaine (Daoud et Robert, 1992) et enfin de son assimilabilité par les cultures.

L'évolution du potassium a quelques allures de ressemblance avec celle des nitrates pour la majorité des points d'eau (Fig.n°27). On en déduit que les nitrates et le potassium pourraient avoir une origine commune, liée à l'activité agricole.

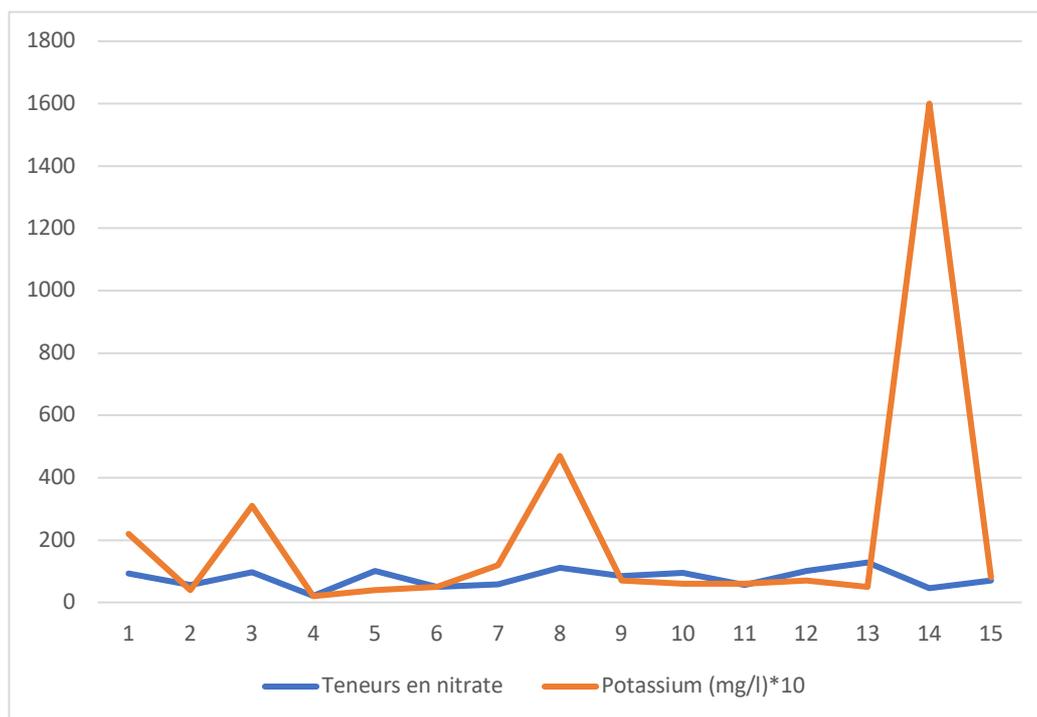


Figure n° 27 : Évolution des nitrates en fonction du Potassium

Conclusion

Les nitrates ne sont pas eux-mêmes dangereux pour la santé, mais c'est leur transformation en ions nitrites assurée par les bactéries intestinales qui présente un risque toxique potentiel.

Au niveau de notre secteur d'étude, la nappe est vulnérable et se trouve exposée à différentes formes de pollution : pollution domestique et urbaine, industrielle et agricole. Chacune de ces formes de pollution contribuerait, à des degrés différents, à la détérioration de la qualité des eaux souterraines, notamment par les nitrates.

L'agriculture est considérée comme la principale source de pollution des eaux souterraines à cause de l'utilisation excessive et mal contrôlée des engrais azotés.

La majorité des points d'eau dépassent la limite recommandée en nitrates dans l'eau potable. Certains excèdent même la teneur de 100 mg/l (P12 et P13), ce qui constitue un réel danger pour la santé aussi bien de l'homme que pour l'écosystème.

Partie III :

Procède d'elimination par les nitrates

Introduction

Les ions nitrates présents notamment dans les effluents agricoles et agroalimentaires sont la cause majeure de la pollution de l'eau induisant eutrophisation et risques sanitaires dus à la méthémoglobinémie.

Le traitement de ces effluents avant de les rejeter est alors impératif. De nombreux procédés biologiques et physico-chimiques ont été mis oeuvre pour le traitement de ces effluents. On cite :

- Les Procédés biologiques où la dénitrification biologique permet l'élimination des nitrates par leur réduction en azote gazeux.
- Les Procédés physico-chimiques le but est souvent de précipiter les composants polluants en une boue, pouvant ensuite être facilement éliminée.
- Dans la présente partie l'objectif principal est l'étude des procédés d'élimination des nitrates dans les eaux souterraines.

1. Élimination des nitrates (Dénitrification)

Il s'agit d'un procédé qui consiste à la réduction du nitrate en azote gazeux, via la formation de composés intermédiaires tels que le nitrite, l'oxyde nitrique et l'oxyde nitreux en conditions anoxiques.

La dénitrification est d'une grande importance écologique, puisqu'il s'agit de la voie majeure de la perte d'azote fixé dans l'environnement. Elle occupe donc une place importante dans le bilan de l'écosystème à l'échelle globale.

La dénitrification est aussi un mode respiratoire qui permet aux bactéries anaérobies facultatives de continuer à minéraliser du carbone organique en l'absence d'oxygène moléculaire. Dans cette respiration, les oxydes d'azote sont réduits depuis la forme nitrate jusqu'aux formes gazeuses de l'azote : N_2 , NO_2 , NO via les nitrites.

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

De nombreuses techniques permettent d'abaisser les taux de nitrates. Le choix de celle à retenir doit intégrer la présence ou non d'un exutoire pour les rejets générés par le traitement (De Larminat, 1987).

L'élimination des nitrates peut se réaliser par voie physico-chimique ou par voie biologique.

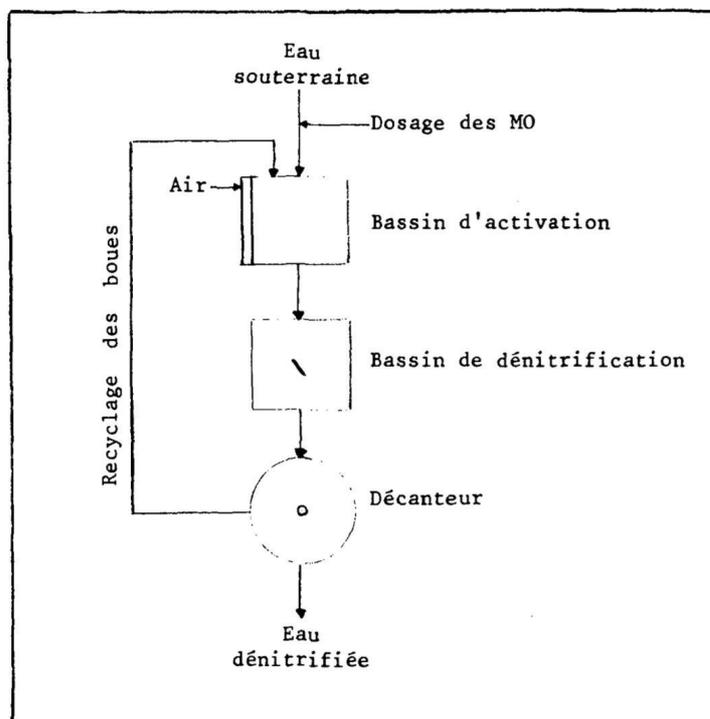


Figure n°28 : Schéma du traitement pour la dénitrification des eaux souterraines

2. Procédé physico-chimique

Dans ce type de procédés, nous pouvons distinguer 3 techniques :

- L'échange d'ions ;
- L'osmose inverse ;
- L'électrodialyse ;

2.1 L'échange d'ions

L'échange d'ions est un procédé dans lequel les ions d'une certaine charge contenus dans une solution sont éliminés de cette solution par adsorption sur un matériau solide (échangeur d'ions) pour être remplacés par une quantité équivalente d'autres ions de même charge émis par le solide. Les ions de charge opposée ne sont pas affectés.

Les réactions d'ions sont réversibles et sélectives :

$R-A^+ + B^+ \rightleftharpoons R-B^+ + A^+$ avec R : le squelette de la résine

Les réactions d'échange d'ions sont régies par la loi des équilibres chimiques, c'est-à-dire qu'elles se déroulent jusqu'à ce que les concentrations de divers ions atteignent certaines proportions précises.

2.1.1 Cycle de traitement

Le cycle complet se déroule en quatre phases :

- La saturation ou production : la solution passe à travers le lit de la résine jusqu'à saturer cette dernière. Au point de percement ou lorsque la valeur limite de la fuite est atteinte, on arrête la phase de production ;
- Le soulèvement : cette phase permet d'éliminer les particuliers qui ont pu se déposer à la surface du lit à l'aide d'un courant d'eau ascendant ;
- La régénération : elle se fait par introduction de la solution régénérant par percolation (ascendante dans le cas d'un contre-courant ; descendante dans le cas d'un co-courant). Les colonnes peuvent être utilisées pour des régénérations soit à co-courant, soit à contre-courant. Dans le cas d'une régénération, la solution régénérante est mise du même côté que la solution

à traiter. Cette technique est la moins chère des deux en termes d'investissement initial. Mais la technique à contre-courant utilise plus efficacement les produits chimiques régénérants, de plus les fuites sont plus importantes avec une technique à co-courant ;

- Le rinçage : pendant cette phase, on déplace le régénérant à l'eau, à faible débit, jusqu'à ce que la résine ne contienne plus que des faibles traces de régénérant : phase de rinçage lent. Puis il y a une étape de rinçage rapide à débit plus élevé de façon à éliminer les dernières traces du régénérant.

2.1.2 Conditions générales d'emploi

L'emploi d'échangeurs d'ions doit être examiné en fonction de plusieurs paramètres :

- Teneur en MES de l'eau à traiter : elle doit être inférieure à 1 mg. L⁻¹. Dans le cas contraire, la rétention de MES provoque une augmentation importante de la perte de charge, des lavages fréquents et une mesure prématurée de la résine ;
- Composition ionique de l'eau : outre les ions NO₃⁻, l'échange d'ions retient les ions SO₄²⁻ et une partie des ions HCO₃⁻, et les échanges contre des ions Cl⁻ lorsque la résine est régénérée par les chlorures de sodium. Il peut en résulter, dans l'eau traitée, une concentration trop importante en ions Cl⁻. Le fonctionnement en échange HCO₃⁻ pourrait représenter une solution, mais il est plus délicat à mettre en œuvre et plus coûteux.

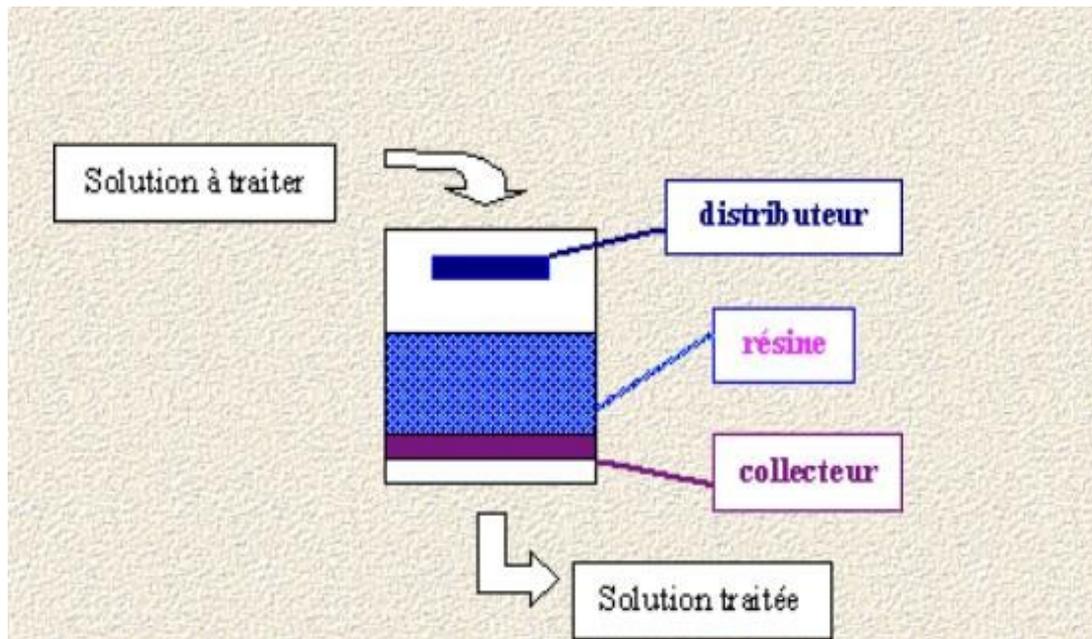


Figure n° 29 : Colonne des échanges de ions

2.2 L'Osmose inverse

Le procédé de filtration par osmose inverse est de loin le plus efficace en ce qui concerne la potabilisation des eaux. L'osmose inverse est une des nombreuses techniques dites membranaires, c'est à dire utilisant un film de faible épaisseur semi-perméable.

L'eau pénètre dans la cartouche et sous la pression d'alimentation, les molécules d'eau traversent la membrane, tandis que les autres molécules sont rejetées en permanence avec une partie de l'eau non filtrée.

On obtient donc, d'un côté de cette membrane séparatrice, une solution très peu concentrée (eau pure) et de l'autre côté, une solution surconcentrée qui est progressivement évacuée.

L'application d'une pression supérieure à la pression osmotique de l'eau à traiter, riche en nitrates, permet d'obtenir une eau déminéralisée après avoir traversée la membrane et permet d'obtenir une eau déminéralisée sélective. Un rejet concentré est évacué devant la membrane. La figure n°30 schématise la mise en œuvre d'une installation.

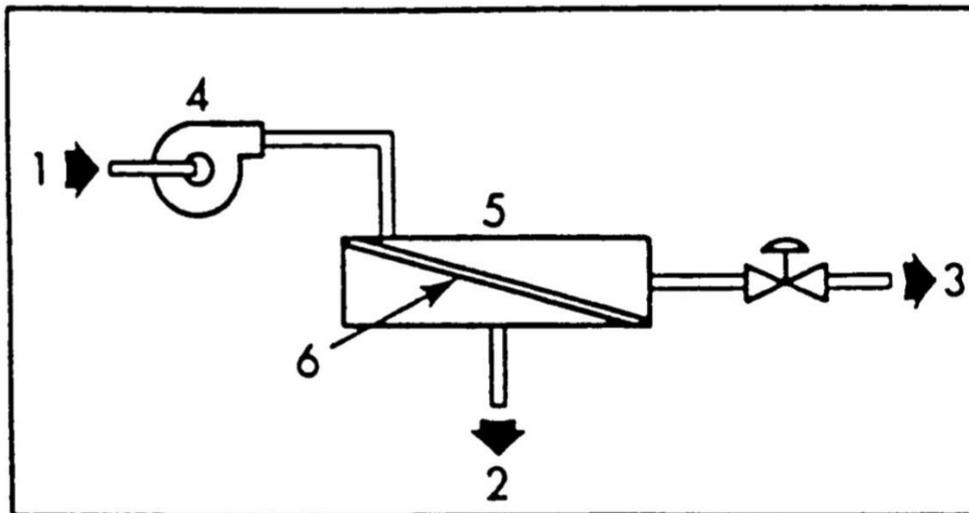


Figure n°30 : Schéma du procédé d'osmose inverse

1- Eau Brute	4-Pompe haute pression
2- Eau Traitée	5- Module d'osmose inverse
3-Concentrant	6- Membrane semi-perméable

Les membranes (planes ou fibres creuses) sont assemblées en modules.

Le rendement dépend de la pression appliquée, de la concentration du soluté, du flux demandé en eau traitée. Il peut varier de 85 à 95 % (pression 30 à 60 bars).

Les limites d'utilisation du procédé sont les suivantes :

- le traitement n'est pas spécifique, il modifie la qualité initiale de l'eau et pourrait provoquer à dire d'experts certains troubles intestinaux plus ou moins grave;
- un prétraitement est nécessaire, afin d'éviter le colmatage des modules et la précipitation des espèces dissoutes sur les membranes;

il y a présence de rejets concentres.

2.2.1 Avantage et les inconvénients

- La méthode de l'osmose inverse tend à se développer car elle présente un fort intérêt en termes de coût, d'investissement, de consommation d'énergie et de qualité de l'eau produite.
- Le coût de l'osmose inverse est devenu inférieur à celui de la distillation en 1995, avec l'apparition d'une nouvelle génération de membranes.

- Les usines d'osmose inverse rejettent moins de CO₂ que celles par distillation car le procédé consomme moins d'énergie et utilise moins de combustibles fossiles tels que le pétrole ou le charbon.

2.2.2 Électrodialyse

Le principe de l'électrodialyse est l'application d'un courant continu entre les électrodes d'une cellule, constituée par un empilage de membranes semi-perméables et alimentée en eau riche en nitrates.

On obtient dans certains compartiments un rejet concentré en nitrates et dans d'autres de l'eau déminéralisée.

La mise en œuvre nécessite l'utilisation de membranes sélectives (à base de benzyl-4-pyridinium) qui permettent de retenir les nitrates.

Les rendements obtenus pour l'élimination des nitrates peuvent atteindre 40 à 60 %. Ils dépendent de la teneur en sulfate.

Les limites d'utilisation et avantages sont les mêmes que pour l'osmose inverse.

Les teneurs en nitrates de l'eau potable, après ce traitement, atteignent des valeurs bien inférieures à 20 milligrammes par litre. Dans le rejet final à la sortie du bioréacteur, cette teneur est nulle. L'avantage de ce procédé est qu'il conserve toute son efficacité quelle que soit la teneur initiale en nitrates, la température ou le débit de l'eau. Ce procédé est en cours d'expérimentation

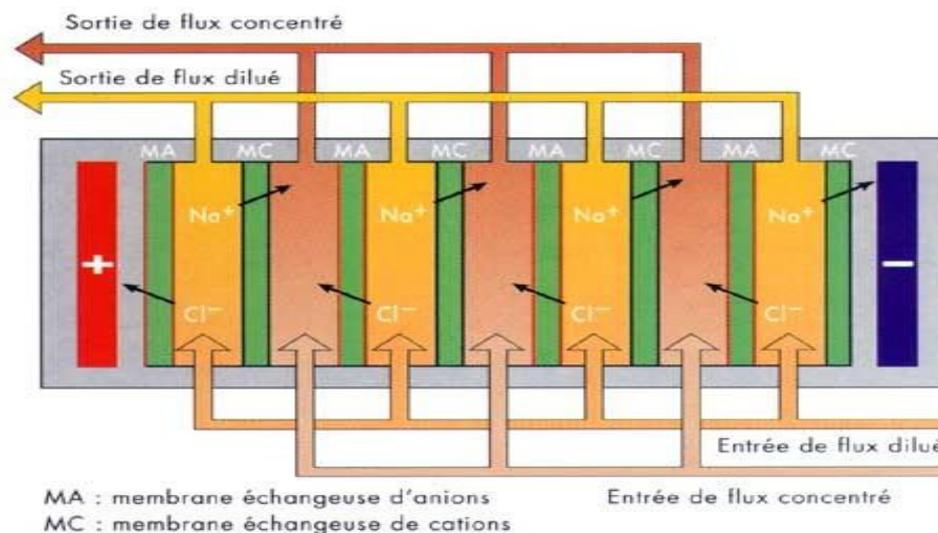


Figure n°31 : Le principe d'électrodialyse

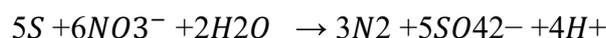
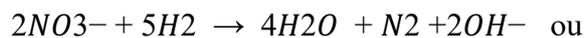
3. Les procédés biologiques de dénitrification

Les procédés biologiques sont les seuls susceptibles de fonctionner sans problèmes d'éluats (Richard et Leprince, 1980). Il en existe deux :

- Hétérotrophe (substrat organique),
- Autotrophe (substrat minéral).

3.1 Conditions générales d'emploi

Ces techniques mettent en œuvre des bactéries fixées. Des essais ont été effectués pour utiliser des bactéries autotrophes dont la croissance est rendue possible en utilisant l'hydrogène ou un support soufré selon les réactions :



Dans ce cas, il faut du $CaCO_3$ pour neutraliser l'acidité engendrée. Les résultats montrent que ces bactéries ont une cinétique très lente : les vitesses de percolation utilisables sont faibles (0,5 à 2 m · h⁻¹). L'utilisation de bactéries hétérotrophes est le procédé le plus courant (voir aussi les sections cycle de l'azote et transformations de l'azote). Ces bactéries tirent leur énergie d'un nutriment carboné, principalement l'éthanol, selon la réaction globale :



3.2 Les caractéristiques principales de ces procédés sont :

- transformation des nitrates en azote gazeux ;
- boues (biomasse en excès) pouvant être traitées après mélange avec des boues urbaines
- peu d'influence sur l'équilibre calcocarbonique de l'eau ;
- procédé sensible à la température. Il est difficilement utilisable si la température s'abaisse en dessous de 7-8 °C ;
- procédé sensible à la présence d'O₂ dissous dans l'eau brute (les bactéries consomment l'O₂ libre avant celui lié aux nitrates, d'où une consommation plus importante de

- nutriment carboné) ;
- première mise en route nécessitant environ un mois.

3.3 Mise en œuvre – le procédé nitrazur DN

La figure n°32 schématise ce procédé :

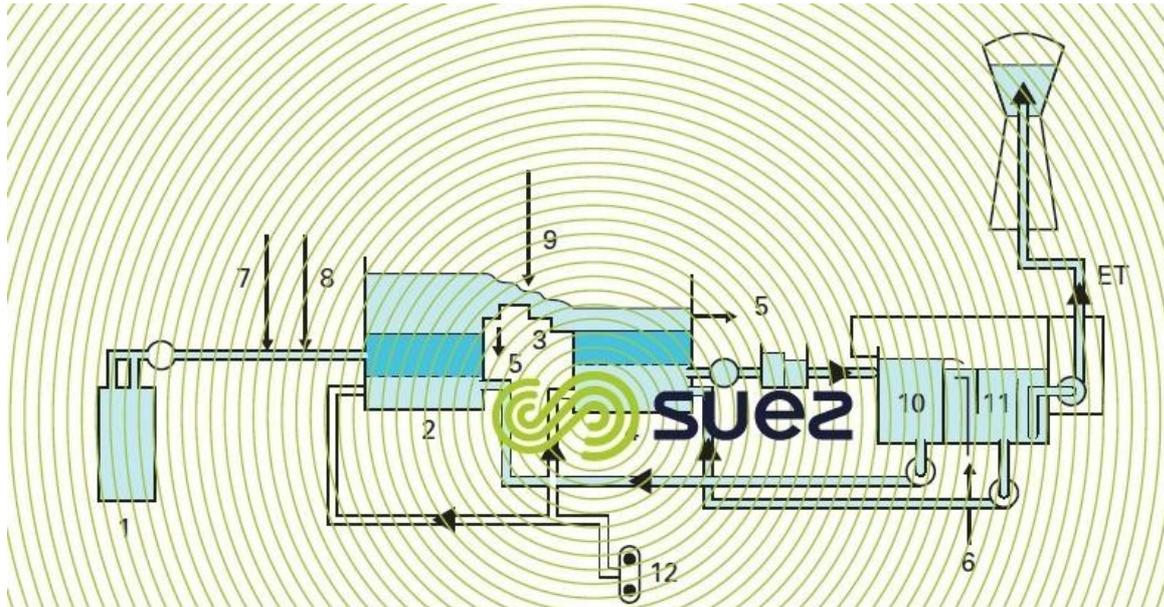


Figure n° 32 : Ligne de traitement du procédé de dénitrification

- | | |
|---------------------------|----------------------------------------|
| 1-Eau brute (NO3) | 7-Réactif phosphore (PO4) |
| 2-Réacteur biologique | 8-Réactif carboné |
| 3-Aération (cascade) | 9-Coagulat (FeCl3) |
| 4-Filtres Carbazur a CAG | 10-Réservoir d'eau traitée non chlorée |
| 5-Sorties d'eau de lavage | 11-Réservoir d'eau traité chlorée |
| 6-Eau de javel | 12-Air de lavage |

Le réacteur Nitrazur DN fonctionne à courant ascendant, en co-courant avec l'azote libéré, ce qui évite les inconvénients dus à l'embolie gazeuse provoquée par l'azote.

Les vitesses usuelles sont de l'ordre de 6 à 10 m · h⁻¹, pour une hauteur de biolite de 3 m. Outre l'aliment carboné, il faut injecter à l'entrée du phosphore (environ 0,5 g de PO₄³⁻ pour éliminer 100 g de nitrates), indispensable au développement des bactéries. Le pH optimal est de l'ordre de 7,5.

Le charbon actif, outre son effet filtrant, a un rôle de finition qui permet l'élimination biologique du nutriment carboné résiduel, ainsi que la fixation des traces de pesticides souvent présentes avec les nitrates (lorsque ceux-ci proviennent d'une pollution d'origine agricole).

L'aération intermédiaire peut aussi être remplacée ou complétée par un traitement à l'ozone.

Le traitement est réglé sur une certaine teneur résiduelle en nitrates, pour limiter le coût du traitement et consommer la totalité du nutriment carboné introduit.

Le lavage du réacteur se fait à l'eau non chlorée. L'introduction d'eau de javel pour la désinfection se fait dans une deuxième bache de stockage.

Conclusion

Le traitement biologique est actuellement le plus utilisé. Néanmoins, ce procédé a comme inconvénient majeur, une production importante de boue qui pose des problèmes de stockage.

Lors de la dénitrification, le nitrate joue le rôle d'accepter des électrons dans l'oxydation de composés oxydables sous des conditions anaérobies. Le produit ultime de la réduction est l'azote gazeux.

Le procédé d'échange d'ions permet d'épurer l'eau des nitrates qu'elle contenait mais le problème de régénération sera à étudier dans chaque cas.

Le traitement par osmose inverse est régulièrement employé dans le cas d'une eau très chargée en calcaire, nitrates et principalement dans la production d'eau potable et la désalinisation (ou dessalement) de l'eau.

Cette technique utilise des filtres extrêmement fins qui retiennent toutes les molécules en suspension dans l'eau.

Les inconvénients principaux de ce procédé sont les coûts importants des filtres et sa consommation importante en énergie.

Le principe de l'électrodialyse peut éliminer 40 à 60 mg de nitrates. Ils dépendent de la teneur en sulfate.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

La pollution des eaux par les nitrates peut généralement avoir 3 origines : agricole, industrielle et domestique, et dépend d'un processus déterminant qui est la minéralisation de l'azote organique, c'est-à-dire son passage sous forme d'azote soluble. En fonction des différents facteurs (conditions climatiques, occupation des sols, couvert végétal, activités agricoles, industrielles etc.), les nitrates sont entraînés vers les nappes phréatiques en plus en moins grandes proportions. C'est cette problématique que nous avons essayé d'aborder dans la plaine des Hassis.

La région est caractérisée par un climat méditerranéen du type semi-aride avec un période sèche allant du mois de Mai au mois de Septembre et une humide qui s'étale du mois de d'Octobre au mois d'Avril. Elle subit une influence maritime et son réseau hydrographique est restreint.

L'étude géologique est basée sur les travaux de plusieurs auteurs, qui ont permis de distinguer deux grands ensembles structuraux :

- Le substratum anté-synchro nappe affleurant au Djebel Murdjadjo, le Djebel Khar (Montagne des Lions) et les monts d'Arzew, représenté par des massifs schisteux, autochtones, d'âge permo- triasique, jurassique et crétacé. Ces formations sont affectées par l'orogénèse alpine.
- Un remplissage (couverture) post-nappe qui va engendrer quatre cycles marins entrecoupés
- Les réservoirs principaux sont constitués par l'aquifère multicouche à nappe libre du Plio-quartenaire et par les calcaires dolomitiques du Lias.

L'aquifère du plio-quartenaire est constitué par la superposition de trois niveaux : aquifère alluvionnaire, aquifère de grès coquilliers et grès jaunes, et par un niveau aquifère formé de calcaires gréseux

L'aquifère des calcaires dolomitiques du Lias dotée d'une perméabilité de fissure offre une ressource en eau importante dans la région.

La région étudiée se caractérise par l'existence d'une activité industrielle focalisée au niveau de Hassi Ameer, celle-ci s'étend sur une superficie d'environ 315ha.

La répartition des teneurs en nitrates dans la plaine des Hassis est fortement liée aux différentes activités polluantes existantes dans cette zone, en particulier à l'activité agricole. Les points d'eau considérés pour étudier le problème de pollution par les nitrates sont ceux prélevés dans les travaux de Boubkeri (2013). Ces ions s'infiltrent rapidement et atteignent la surface de la nappe en période de lessivage.

La majorité présente des concentrations très élevées en nitrates et dépasse la valeur limite de 50 mg/l, fixée par la législation algérienne pour les eaux potables. Ces points d'eau représentent 80% de l'ensemble des eaux échantillonnées, dont 20% dépassent 100 mg/. Elles sont considérées comme non potables et sont de ce fait, déconseillées pour toutes les catégories de population.

L'agriculture est considérée comme la principale source de pollution des eaux souterraines à cause de l'utilisation excessive et mal contrôlée des engrais azotés, et met la santé de la population en risque surtout les enfants et les femmes enceintes. Pour l'élimination ou la réduction du taux de ces nitrates dans les eaux, de nombreux procédés existent tels que : Les procédés biologiques ou les procédés physico-chimiques. Ces derniers présentent trois techniques : l'échange d'ions, l'osmose inverse et l'électrodialyse.

Ces procédés consistent à la réduction du nitrate en azote. Les nitrates ainsi éliminés de l'eau se retrouvent intégralement dans le faible volume des rejets. Pour conclure, seuls des prélèvements et un suivi régulier des profils de variations temporelles et spatiales des teneurs en nitrates dans les eaux de cette nappe permettront une évaluation quantitative de l'impact de ces derniers sur la qualité des eaux et ce, par l'utilisation de la modélisation. Une meilleure connaissance de cette problématique permettra par la suite d'adapter le procédé le plus adéquat, pour éliminer les fortes teneurs en nitrates, en fonction des facteurs spécifiques à la région étudiée.

Référence bibliographique :

- Abdallah H., (2017). Etude hydrogéologique de la zone des Hassis (zone limitrophe du lac Telamine). Mém., Master hydro géol., Univ. Oran
- Abdellatif H., (2006). Traitement de l'eau de source (bousfer Oran) Mém., Univ. Oran
- Ahoulé D., (2016). Performances comparatives des techniques de nanofiltration et l'osmose inverse pour le traitement d'eau de consommation contaminée à l'arsenic au Burkina Faso. Thèse. Doc., Univ Montpellier
- Ayoub M., (2009). Application de la nitrification, dénitrification dans le traitement des eaux usées. Mém. Licence. , Univ. Chouaib
- Agep-Sogreah. (1997) : Etudes d'assainissement du groupement d'Oran, Mission B : Drainage de la zone Sud du PUD, Vol III, Texte provisoire Ingenierie. Grenoble.
- Boubkeri M., (2013). Vulnérabilité a la pollution des eaux souterraines en contexte industrielle : cas de la zone de Hassi Ameer (région d'Oran-Algerie)., Mém., Master hydro géol., Univ. Oran
- Bouchenouk I., (2013). Procesus denrechessement en nitrates des eaux souterraines dans les zones semi-aeride, cas de la plaine de Boukadir (Nord-Ouest Algerien). Mém., Master Risque., Univ. Oran
- Create ., (1993). Rapport sur l'élimination des nitrates de l'eau potable. Agence de l'eau Seine-Normandie
- Comifer., (2013). Calcul de la fertilisation azotée-Guide méthodologique pour l'établissement des prescriptions locales-cultures annuelles et prairies
- Chaumont M. et Paquin C. (1971) : Notice explicative de la carte pluviométrique de l'Algérie au 1/500 000. Moyennes 1913/1963. Pub. Soc. Hist. Natu. De l'Afrique du Nord. Faculté des sciences d'Alger. P 24
- Derkaoui F., (2019). L'impact Industrielle de la zone des Hassi (Est Oran) sur les Ressource en Eau Souterraine. Mém., Master RN., Univ Oran
- Direction de l'Envirennement ., 2009
- Espace des sciences (1993). Les nitrates et la santé
- Fenet B. (1975) : Recherche sur l'alpinisation de la bordure septentrionale du bouclier africain à partir d'un élément de l'Orogenèse nord-maghrébin : Les Monts du Djebel Tessala et les Massifs du littoral oranais. Thèse de doctorat Es Sciences
- Gourinard Y. (1957) : Recherches sur la géologie du littoral Oranais II. Epeirogenesis et

nivellements. Publication du service de la carte géologique de l'Algérie.

Hassani M.I. (1987) : Hydrogéologie d'un bassin endoréique semi-aride. Le Bassin Versant de la grande Sebkha d'Oran (Algérie). Doctorat 3ème cycle. Université de Grenoble. P 304.

Haddar L. (1986) : Contribution à l'étude hydrogéologique du piémont du Djebel Khar entre le lac Telamine et Hassi Ameur. Mém. Ing. Université d'Oran.

Kevin L., (2012). Les eaux souterraines : captage, exploitation et gestion. Mém., Unive Kinshas
Larminat G., (1987). Elimination des nitrates dans les eaux potables- Principe et application industrielle-Journée «Azote» organisée par Groupe Action Rég. Nor-Picardie, Arras, France., p 18

Levesque L. (1982). Elimination des nitrates dans les eaux souterraines potables. Mise à jour de letude de synthese AFF., p 266

Marie-Odile R. Elimination des nitrates des eaux potables

Mamadou S., (2010). Transfert de nitrate à travers la zone non-saturée du sol vers la nappe phréatique de la zone des Niayes : caractérisation et modélisation. Mém., Magister., Univ Louvain

Ministère de l'environnement du Québec (2002)., Fiche technique sur les nitrates-nitrites et E.Coli dans l'eau potable

Maurel A., (2001). Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtre et autres procédés non conventionnelles d'approvisionnement en eau douce, Edi. Tec et Doc., Paris

Madison et Brunett, (1985)

Thomas G. (1985) : Géodynamique d'un bassin intramontagneux. Le bassin de bas Chélif occidental (Algérie) durant le Mio-Plio-Quaternaire. Thèse Doc. U de Pau. 594 p. 161 fig. B.

Organisation mondiale de la sante (1980). Nitrates, nitrites et composée N-nitroso. Geneve., p 112

Zitouni W., (2013). L'influence de la technique d'échange d'ion sur l'amélioration de la qualité des eaux épurée de la STEP d'Ain El Houtz. Mém., Master hydraulique., Univ Technologie.

Résumé

Le secteur d'étude concerne la plaine des Hassis, en zone industrielle de Hassis Ameer.

Dans ce travail, une présentation du contexte géologique ainsi qu'une étude hydrogéologique a été faite sur la région. Ces connaissances ont ainsi permis de mettre en évidence plusieurs niveaux aquifères dont deux principaux réservoirs : le premier formé par l'aquifères multicouche à nappe libre, essentiellement constitué par des formations de recouvrement Plio-Quaternaire et le deuxième est formée par les calcaires dolomitiques du Lias.

Les industries productives existant depuis les années 1970, comportent deux types d'unités industrielles : la première métallurgique et la deuxième de production des matériaux de construction. L'évolution des activités dans la zone industrielle a engendré différents types des pollutions. Cette problématique a influencé la qualité chimique de l'eau, notamment par sa forte teneur en nitrates, avec des valeurs dépassant les 100mg/l, sachant que la concentration maximale admissible pour une eau potable est de 50mg/l.

De nombreuses techniques permettent d'abaisser les taux des nitrates à savoir, les procédés biologique et les procédés physico-chimiques.

Mots clés : nitrates, eaux souterraines, pollution, zone industrielle.

Abstract

The study area concerns the industrial area of Hassis Ameer.

In this work, a presentation of the geological context and a hydrogeological study was done on the region. This last has led to the identification of several aquifer levels, including two main reservoirs: the first formed by the open-water multilayer aquifers, essentially consisting of Plio-Quaternary and the second is formed by the dolomitic limestones of Lias.

The productive industries existing since the 1970s comprise two types of industrial units: the first metallurgical and the second production of building materials. The evolution of activities in the industrial zone has led to different types of pollution.

This problem has influenced the chemical quality of the water, notably by its high nitrate content, with values exceeding 100mg/l, knowing that the maximum permissible concentration for drinking water is 50mg/l.

Many techniques make it possible to lower nitrate levels, namely biological processes and physico-chemical processes.

Keywords : nitrates, groundwater, pollution, industrial zone

Annexe n°01

Point d'eau	T (°C)	pH	Cond (µs/cm)	Min (mg/l)	Rs (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)
P1	18.6	7.55	4140	3142	3520	234	104	658	22	974	271	728	92
P2	16.8	7.8	3470	2633	2800	76	145	589	4	821	542	418	55
P3	20	7.3	4110	3120	3100	128	175	695	31	1054	535	447	97
P4*	15.7	7.51	1370	1040	1060	93	54	157	2	334	243	146	21
P5	19	7.06	3500	2657	3000	276	46	460	4	934	250	257	100
P6	18.6	7.32	2740	2080	2040	111	58	479	5	601	474	337	50
P7	20.5	7.33	6110	4638	4800	170	179	1093	12	1729	542	612	58
P8	18.8	7.18	4150	3150	3300	166	123	759	47	888	453	890	112
P9	17.1	7.27	4960	3765	4200	234	153	777	7	1515	339	414	84
P10	20.9	7.03	4880	3704	4200	395	94	695	6	1582	271	322	94
P11	20	7.39	2019	2660	2100	191	66	375	6	687	345	271	55
P12	20.3	7.16	4560	3461	3920	353	71	621	7	1381	284	308	101
P13	18.7	7.2	3180	2414	2600	263	37	458	5	814	284	303	128
P14	20.7	7.39	5270	4000	3880	102	172	1001	16	1428	704	467	46
P15	19.6	7.32	2480	1822	1880	102	78	433	8	514	426	414	71

U.S. Geological Survey