

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire.
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.
المعهد الوطني لعلوم البحر و تهيئة الساحل
Institut National des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral.



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état
en sciences de la mer

Option

Aménagement du littoral

Thème

**Contamination d'une nappe d'eau souterraine par
les hydrocarbures
Etude d'un cas pratique sur le site « Les
Sablettes », à Hussein Dey, Alger**

Réaliser par :

Mr. DAHMOUNE Youssef
Mr. TAHRI Ahmed

Soutenu le 15 novembre 2008 devant le jury :

Mr. BOULAHIDJ M.	Professeur (ISMAL)	Président
Mr. GUERFI M.	Maitre de conférences (ISMAL)	Examineur
Mr. LAOUIRA A.	Docteur (MATET)	Promoteur
Mr. LARID M.	Chargé de cours (ISMAL)	Co-promoteur

Promotion 2007-2008

Dédicaces

A mes très chers parents, qui m'ont soutenu, orienté et encouragé tout au long de mes études,

A mes chers frères spécialement MOHAMED et à ma chère sœur,

A tous mes amis,

A tous qui ont participé dans ce travail de près ou de loin.

Youcef

A mes très chers parents, qui m'ont soutenu, orienté et encouragé tout au long de mes études,

A mes chers frères.

A mon petit frère Amine,

A tous mes amis,

A tous qui ont participé dans ce travail de près ou de loin.

Ahmed

Remerciements

NOUS tenons à remercier en premier lieu le président *Mr BOULAHID M.* d'avoir accepté de présider le jury de cette soutenance.

Nous remercions *Mr GUERFILM* de nous avoir honoré de leurs présences et d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous tenons à remercier notre promoteur *Mr LAOUIRA A.* d'avoir dirigé ce travail et lui avoir accordé un intérêt tout au long de son élaboration.

Nous s'adressons nos sincères remerciements à notre Co-promoteur *Mr LARID M.* de nous avoir guidé tout au long de la réalisation de ce travail. Sa grande rigueur scientifique et son indéfectible passion pour la science ont été une inspiration pour nous.

Aussi nous remercions *Mr DJAMAI T.* et *Mr GUELETI* pour leur aide à l'acquisition des données.

Nous tenons à exprimer nos remerciements à :

Nos parents pour leur patience et leur soutien indéfectible qui nous ont été plus qu'indispensable.

A tous nos collègues de notre promotion de fin d'étude, pour les encouragements et l'intérêt qu'ils ont montrés pour mener à bien de ce mémoire.

A l'ensemble des personelles de l'ISMAL, qui nous ont permis de réaliser cette étude dans les meilleures conditions de travail.

Et un grand merci également à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

Table des matières

Introduction Générale	2
1 Notions Fondamentales	3
1.1 Aquifères et nappes d'eaux souterraines	3
1.1.1 Les aquifères	3
1.1.2 Les nappes d'eaux souterraines	3
1.1.3 Types des nappes	4
1.1.4 La nappe phréatique	5
1.1.5 Les aquifères côtiers	5
1.2 Pollution des eaux souterraines	5
1.2.1 Vulnérabilité des eaux souterraines à la contamination	6
1.2.2 Classification des sites contaminés	6
1.2.3 Mécanisme de pollution dans une nappe libre	8
1.3 Pollution par les hydrocarbures	8
2 Cadre réglementaire	10
2.1 Les eaux souterraines	10
2.2 La loi littorale	11
2.3 Regles de gestion des eaux	11
2.4 Les hydrocarbures	12
3 Présentation du site "Les Sablètes"	13
3.1 Localisation géographique, aspect géomorphologique du site	13
3.1.1 Localisation géographique	13
3.1.2 Caractéristiques des aménagements	16
3.1.3 Topographie	17
3.1.4 Le réseau hydrographique	19
3.2 Contexte géologique, et lithologie	21
3.3 Le cadre hydrogéologique	23
3.4 Les données climatiques : pluviométrie, température, vents,	24
3.4.1 Température	24
3.4.2 Vents	24
3.4.3 Pluviométrie	24
3.4.4 Diagramme Ombrothermique	26
3.5 La nappe phréatique "Les Sablètes"	29
3.5.1 Caractéristiques, description, type,...	29
3.5.1.1 Caractéristiques générales	29
3.5.1.2 Biseau salé	29
3.5.1.3 Disposition de la nappe	30

3.5.1.4	Exploitation de la nappe	30
4	Etude de la contamination par les hydrocarbures de la nappe "Les Sablettes"	33
4.1	Présence d'hydrocarbures dans la nappe d'eaux souterraines du Site "les sablettes"	33
4.2	Inspection du site	35
4.3	Évaluation de la pollution	35
4.3.1	Identification du produit polluant	36
4.3.2	Les sources probables de la pollution	36
4.3.3	Nature de la pollution	37
4.4	Impacts de la pollution	37
4.5	Faisabilité d'une dépollution	39
4.5.1	Techniques de dépollution	39
5	Propositions d'Aménagement et de gestion de la nappe "Les Sablettes"	42
5.1	Identification des indicateurs en rapport avec la gestion de l'exploitation durable de la nappe phréatique "Les Sablettes "	43
5.1.1	Choix des indicateurs clés	44
5.1.2	La bande d'équilibre	45
5.1.3	Limite des indicateurs clés	45
5.1.4	Fiches techniques	47
5.1.5	Fiche technique par indicateur clé	47
5.2	Evaluation de la situation actuelle (AMOEB A 2006-2007)	51
5.3	Scénarios	53
	Conclusion Générale	64
	Bibliographie	
	Annexe	

Liste des tableaux

2.1	Concentrations maximales des hydrocarbures aromatiques fixés par l’OMS	12
3.1	Pluviométrie moyenne mensuelle	25
3.2	Variation du niveau du plan d’eau pendant 10 jours	30
4.1	Concentrations des sels dissous dans un litre d’eau de la nappe	37
5.1	Les indicateurs en rapport avec la gestion de l’exploitation durable de la nappe phréatique "Les Sablottes "	44
5.2	Les indicateurs clés	45
5.3	Valeurs et correspondances en durabilité pour l’horizon 2013	60

Table des figures

1.1	Schéma d'une nappe phréatique	3
1.2	Schéma représente les différents types des nappes	5
3.1	Les principaux aménagements dans la zone d'étude	17
3.2	Moyenne mensuelle des températures	24
3.3	cumuls mensuels des précipitations (en mm) (1995-2004)	26
3.4	Diagramme ombrothermique	26
3.5	Position du site "Les sablettes" dans le climagramme d'EMBERGER	28
3.6	schéma représente le biseau salé dans une nappe côtière	29
3.7	Graphique de remontée du plan d'eau après le pompage	32
4.1	Présentation de la démarche séquentielle d'investigation	34
5.1	La bande d'équilibre	45
5.2	AMOEBAs 2008: durabilité de la nappe d'eau souterraine " Les Sablettes "	52
5.3	Projection de l'AMOEBAs vers l'horizon 2013	61

Liste des cartes

Carte N°1 : Limite administrative de la zone d'étude	12
Carte N°2 : Localisation géographique de la zone d'étude.....	13
Carte N°3 : La topographie de la région d'étude.....	16
Carte N°4 : Le réseau hydrographique.....	18
Carte N°5 : Géologie de la zone d'étude.....	20
Carte N°6 : Hydrogéologie de la zone d'étude.....	21
Carte N°7 : Pluviométrie dans la région algéroise.....	23
Carte N°8 : Courbes piézométriques.....	29

Glossaire des Abréviations

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

APPL : Agence de la Promotion et de la Protection du Littoral

DTM : La Direction Technique et de Maintenance

HCT : Hydrocarbure Totaux

HAP : Hydrocarbure Aromatique Polycyclique

LNHC : Laboratoire National de l'Habitat et de la Construction

MATET : Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme

ONM : Office National de la Météorologie

PDAU : Le Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme

POS : Le Plan d'Occupation des Sols

SEAAL : Société des Eaux et Assainissement D'ALger

Résumé

L'EAU d'une nappe souterraine destinée à des besoins industriels qui se situe à Hussein Dey a été contaminée par les hydrocarbures.

Notre travail nécessite une étude pratique sur ce site et consiste à enquêter sur ce phénomène dans le but de localiser la ou les sources de contamination et de proposer par la suite des solutions adéquates pour lutter contre cette pollution.

Cette contamination est probablement liée aux constructions de NAFTAL et de NAFTEC (qui sont installés dans cette zone pour l'exploitation de l'eau de la nappe), un pipeline traversant le site peut aussi être la cause de la contamination.

NAFTAL et COSEDER ont réalisé plusieurs forages dans le site et après avoir prélevé et analyser des échantillons d'eau de chaque forage, ils ont trouvé des forages contaminés (résultat d'analyse positive) et d'autre non contaminé (résultat d'analyse négative)

Dans notre étude nous n'allons pas seulement localiser la source de la pollution mais aussi nous allons examiner l'état des constructions par rapport aux règles de l'aménagement, et en fin nous essayerons de faire une étude d'impact sur la nappe si des nouveaux aménagements vont être réalisés dans ce site.

Mots clés : nappe phréatique, hydrocarbure, pollution, côtière, aménagement.

Abstract

THE water from a subterranean water intended for industrial needs, which is located in Hussein Dey was contaminated by hydrocarbons.

Our work requires a practical study on this site and is to investigate this phenomenon in order to locate the source of contamination and thereafter propose adequate solutions to fight against this pollution.

This contamination is probably related to the construction NAFTAL and NAFTEC a pipeline traversing the site can also be the cause of contamination.

NAFTAL and COSEDER have made several drilling at the site and after take and analyze water samples from each drill, they found contaminated wells and other non-contaminated .

In our study we will not only locate the source of pollution but also we will examine the state of buildings in relation to the rules of the development, and ultimately we will try to make an impact study on the water if new arrangements will be made in this site.

Keywords : Groundwater, oil, pollution, coastal, management..

Introduction Générale

Un des problèmes les plus cruciaux en matière de ressource en eau au quel est confronté l'Algérie, est la pollution des nappes phréatiques par les produits chimiques et les rejets industrielles est notamment les hydrocarbures.

En effet les nappes phréatiques constituent une ressource essentielle en réserves d'eau, elles représentent presque 35% de l'eau douce en Algérie, mais généralement négligées et mal exploitées. Les pollutions n'ont cessé de dégrader la qualité de l'eau en Algérie, et en particulier l'eau des nappes phréatiques, cette pollution entraînent de graves déséquilibres environnementaux au sein des écosystèmes et constituent une menace directe pour la santé des populations.

En conséquence nous examinons dans le cadre de notre mémoire de fin d'étude un cas pratique d'une contamination d'une nappe d'eau côtière par les hydrocarbures au niveau du site " les Sablètes " situé à la commune de Hussein dey (Alger).

La pollution a été découverte au niveau d'un puits d'eau, situé dans le chantier de COSIDER installé sur le site " Les Sablètes ", Alger.

L'eau du puits incriminé dans cette nappe est utilisée exclusivement en tant qu'eau industrielle pour le lessivage des gravats. Cette contamination est probablement liée aux constructions de NAFTAL et de NAFTEC qui sont situés dans la même zone, un pipeline traversant le site peut aussi être la cause de la contamination.

Notre travail à pour objectifs :

1. D'évaluer la contamination de la nappe ;
2. Identifier la ou les sources de cette contamination ;
3. De faire des propositions d'action.

Ce travail est présenté en trois parties.

La première partie contient des notions en hydrogéologie, en chimie, et quelques règles d'aménagement concernant le milieu côtier.

Dans cette partie nous parlons sur les aquifères et les nappes d'eau, les hydrocarbures, la contamination des nappes par les hydrocarbures ainsi que le cadre juridique concernant la gestion et l'exploitation de ces ressources sans oublier les règles d'aménagement du littoral concernant notre cas.

La deuxième partie présente notre site d'étude.

Dans la troisième partie nous tenterons de poser le problème de la gestion, de la contamination de la nappe en se basons sur les indicateurs en mesures de suggérer des actions à entreprendre.

NOTIONS FONDAMENTALES

1.1 Aquifères et nappes d'eaux souterraines

Les eaux souterraines se retrouvent au-dessous de la surface du sol au sein d'une multitude de pores, fractures et autres interstices des formations géologiques.

Les eaux souterraines constituent une ressource renouvelable en raison des précipitations qui l'alimentent.

En faisant résurgence dans les eaux de surface, elles alimentent les cours d'eau et contribuent à l'équilibre des écosystèmes aquatiques.

1.1.1 Les aquifères

C'est toute formation hydrogéologique constituée d'un matériau aquifère (du latin *qui transfère l'eau*), généralement limitée dans l'espace par des matériaux moins perméables. Ces matériaux moins perméables, c'est à dire, de moindre conductivité, représentent les limites de l'aquifère. (BANTON et LUMONY, 1997)[3]

1.1.2 Les nappes d'eaux souterraines

La nappe d'eau souterraine représente spécifiquement la partie saturée en eau de matériaux aquifères.(BANTON et LUMONY, 1997)[3]

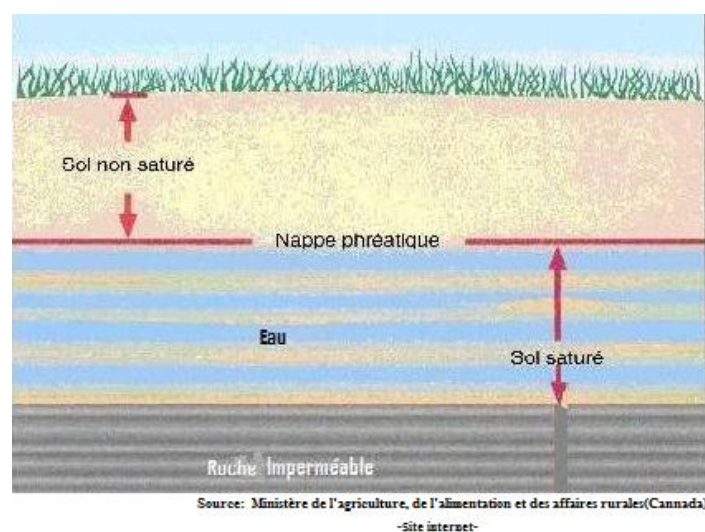


FIG. 1.1 – Schéma d'une nappe phréatique

1.1.3 Types des nappes

La grande diversité des roches réservoirs, ou aquifères combinée avec la diversité des climats et des paysages entraîne une grande variété des nappes d'eau souterraine, à la fois en taille, en profondeur et en comportement. (ATTEIA, 2005)[1]

La classification des nappes peut se faire selon différents critères :

- Des critères piézométriques (niveau d'eau) ;
- Des critères lithologiques ;
- Des critères liés au contexte géologique et géomorphologique.

Cependant on distingue deux types de nappes :

- Les nappes libres.
- Les nappes captives.

- La nappe libre

Lorsque la surface de la nappe d'eau souterraine (ou la surface de l'eau de la nappe) fluctue librement dans le temps cette nappe est qualifiée de nappe libre (ou de nappe à surface libre). Cette surface représente donc la limite ou l'interface des zones non saturées et saturées des matériaux aquifères. Les nappes libres sont généralement alimentées par l'infiltration verticale des précipitations depuis la surface du sol, par des échanges avec l'écoulement de surface et par des apports latéraux aux limites de ces nappes provenant d'autres nappes.

Ce sont des nappes dont la surface supérieure est libre de fluctuer en fonction des variations dans l'alimentation qu'elle reçoit ; surface piézométrique et surface supérieure sont alors confondues. (BANTON et LUMONY, 1997)[3]

- La nappe captive

La nappe est dite captive ou semi captive lorsque la surface de la nappe ne peut pas varier (une nappe sans surface libre), ce sont des nappes emprisonnées entre deux couches imperméables ; la surface piézométrique est située au-dessus de la surface supérieure (la nappe est sous pression). (BANTON et LUMONY, 1997)[3]

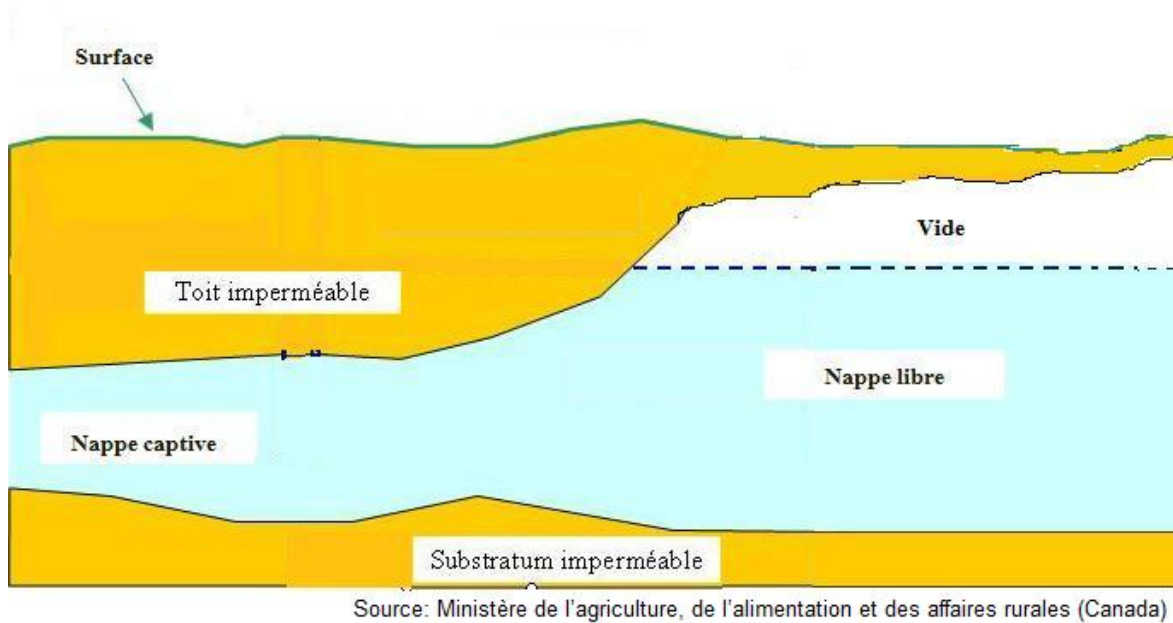


FIG. 1.2 – Schéma représente les différents types des nappes

1.1.4 La nappe phréatique

Lorsque la surface d'une nappe libre est proche de la surface du sol (généralement quelques mètres à quelques dizaines de mètres) alors cette nappe est appelée nappe phréatique (du grec *phreatos* = puits).

Les caractéristiques physiques et hydrauliques de ces nappes sont identiques à celle des nappes libres. Leur spécificité proviennent plus tard de la proximité de leur surface libre avec la surface du sol. Permettant un prélèvement important par les végétaux, des possibilités d'évaporation directe ou relie à la remontée capillaire et de condition de recharge rapide. (BANTON et LUMONY, 1997)[3]

1.1.5 Les aquifères côtiers

Nous désignons par aquifères côtiers tous aquifères situés en bordure des mers et des océans où l'eau douce est adjacente à l'eau salée. Ce sont donc des aquifères continentaux situés près du rivage ou des aquifères d'îles ou de lagons. L'interface entre l'eau douce et l'eau salée peut être nette mais il s'agit plutôt dans la réalité d'une zone de mélange ou existe un gradient de salinité. Si les niveaux de la nappe sont sujets aux variations (par exemples dues aux marées) cette zone de mélange peut être très importante. (BANTON et LUMONY, 1997)[3]

1.2 Pollution des eaux souterraines

Les activités humaines ont engendré une contamination de la plupart des compartiments de l'environnement, les nappes phréatiques sont parmi les ressources en eaux qui subissent le plus cette contamination.

1.2.1 Vulnérabilité des eaux souterraines à la contamination

Qu'est-ce que la vulnérabilité d'un aquifère ?

La vulnérabilité exprime la facilité avec laquelle un milieu est atteint par une perturbation. Concernant les aquifères, elle est principalement inhérente à la nature des matériaux en place et à la perméabilité (qui définit la vitesse d'infiltration), ainsi qu'aux caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère.

Le degré de vulnérabilité est donc directement proportionnel au temps de transfert vers le milieu récepteur et à la profondeur de la nappe.

La vulnérabilité des nappes aux pollutions est conditionnée par plusieurs facteurs :

- Le pouvoir filtrant du réservoir : il existe de manière variable selon la granulométrie dans les aquifères à perméabilités d'interstices. Il est faible ou nul dans les terrains à perméabilités fissures.
- L'épaisseur de la zone non saturée du réservoir : dans cette zone, l'eau s'infiltré sous l'influence d'un composant verticale jusqu'au moment où elle atteint la surface de la nappe.
- La vitesse d'écoulement des eaux souterraines : elle conditionne les phénomènes de dilution, dégradation et fixation de certains produits polluants. Elle est assez lente en aquifère homogène et peut être extrêmement rapide en milieux karstique.
- La protection naturelle du réservoir aquifère : la présence au dessus du réservoir d'une couverture imperméable ou peu perméable continue assure, une protection naturelle efficace des eaux souterraines puisqu'elle constitue un écran protecteur contre la pollution de surface.

La définition de la vulnérabilité dépend donc :

1. De la nature et de l'épaisseur des formations superficielles affleurantes ;
2. de la profondeur de la nappe ;
3. du sens d'écoulement ;
4. de la zone d'infiltration rapide.

Les sols jouent un rôle particulièrement important dans le devenir des polluants en effet en raison de leur composition chimique et de leur activité biologique ils peuvent retenir et transformer des quantités élevées de polluants (*Greenland et Hayes, 1981 in ATTEIA, 2005*) et comme ne sont pas saturées d'eau les écoulements sont lents et il jouent le rôle du système tampon lors de déplacement des polluants.

La capacité des aquifères à retenir les polluants est liée aux composants provenant des sols, les argiles, et les matières organiques.

1.2.2 Classification des sites contaminés

Les pollutions des eaux souterraines peuvent être classées suivant différents critères :

1. Classification en fonction de la dispersion des polluants

Consiste à distinguer les sites contaminés en fonction des polluants dans le milieu naturel selon la répartition géographique.

On distingue deux cas :

- (a) La pollution peut être diffuse : les polluants sont répandus dans le milieu par petite quantité mais de façon régulière et parfois sur une très longue période ce sont donc des polluants chroniques qui ne seront pas détectés qu'après un laps de temps important.
- (b) la pollution peut être brutale en masse correspond à un rejet de polluant important dans un temps court on parle donc de pollution accidentelle.

2. Classification en fonction de l'origine de pollution

- (a) **Urbaine** : eaux usées domestiques, eaux pluviales, eaux d'infiltration sous les dépôts d'ordures, etc.
- (b) **Industrielle** : eaux usées, eaux d'infiltration sous les stockages de déchets industriels, liquides dangereux tels que les hydrocarbures [...] etc.
- (c) **Agricole** : eaux d'infiltration de drainage et de ruissellement sous aires cultivées, ou sous aires agricoles (élevage, stockages et épandages d'engrais et de produits phytosanitaires)

3. Classification en fonction de la situation détectée à la source ou sur une cible

Cette classification permet de séparer les pollutions détectées directement à la source. C'est le cas pour l'ensemble des sites industriels ou au contraire au contraire la contamination présentera directement un danger pour la population et l'écosystème.

Dans le premier cas la source de pollution est connue ainsi que bien souvent son responsable. Dans le second on ne peut au départ que constater le dommage causé à l'environnement

La plupart du temps dans une situation de crise sans connaître ni l'origine ni le responsable la démarche consistera à tenter de découvrir l'origine de la pollution en remontant vers l'amont de proche en proche.

4. Classification en fonction de la nature et de nombre des polluants

Dans cette classification on distingue :

- (a) La pollution mono ou poly produit
- (b) La pollution physique (chaleur, matières en suspension, radioactivité),
- (c) La pollution chimique (sels minéraux, métaux lourds, pesticides, détergents, hydrocarbures, solvant) et microbiologique (micro organismes, bactérie, virus)

5. Classification en fonction de répartition dans le temps

Dans cette classification on distingue :

- (a) La Pollution permanente (chronique)
- (b) La Pollution accidentelle

(c) La Pollution saisonnière
(LECOMME, 1998)[17]

1.2.3 Mécanisme de pollution dans une nappe libre

Une pollution qui se produit à la surface du sol peut s'infiltrer jusqu'à la surface de la nappe. En effet le mécanisme de pollution d'une nappe se déroule selon la nature des zones de la nappe

On distingue dans un aquifère deux zones

- **Une zone non saturée**, comprise entre le sol et la surface de la nappe. de nature très diverse suivant le type de roches concernées et d'épaisseur variable (de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres), elle conditionne en grande partie les temps de transfert vers la nappe (de quelques jours à plusieurs années. Suivant que la roche est à perméabilité d'interstices (sable, gris) ou de fissures (calcaire), les circulations seront plus ou moins rapides.

Dans le milieu non saturé, les transferts se font sous l'influence d'une composante verticale.

- **Une zone saturée**, qui constitue l'aquifère. Dans cette zone, les transferts sont essentiellement latéraux (composants horizontale) selon la direction générale d'écoulement de la nappe. (ATTEIA, 2005)[1]

1.3 Pollution par les hydrocarbures

– Pétroles bruts

Les pétroles bruts sont des mélanges complexes d'hydrocarbures à poids et à structures moléculaires variables, appartenant à trois groupes chimiques principales : Paraffiniques, naphthéniques et aromatiques, ils vont des substances simples et hautement volatiles aux paraffines complexes en passant par les composés asphaltiques non distillables . L'oxygène, l'azote, le soufre, le vanadium, le nickel, les sels minéraux, peuvent s'y trouver sous diverses combinaisons. Les caractéristiques de nombreux pétroles bruts se situent dans le tableau suivant :

Densité, 15/15°C	800 à 980 kg/m ³
Point d'ébullition initiale °C	30 à 15
Viscosité cinématique, en centistokes <i>cSt</i> , à 40°C	3 à 100 (15-20000) mais peut aller jusqu'à 20000 même à 40°C
Point d'écoulement °C	-30 à +25 mais peut être plus bas ou monter jusqu'à 43
Point d'éclair (Abel)°C	-18 à 190
Soufre % pds	Jusqu'à 15
Paraffines % pds	0,08 à 5
Asphaltènes % pds	Jusqu'à 5
Vanadium, ppm V	5 à 170

– **Produit du pétrole**

Les caractéristiques chimiques et physiques des produits dérivés des pétroles bruts par raffinage varient en fonction de la nature de ces derniers ainsi que des traitements auxquels ils ont été soumis. La présence de soufre, le vanadium, la paraffine et d'asphaltènes dans le pétrole brut est liée aux matières à points d'ébullition plus élevés. En conséquence, bien qu'ils soient présents dans les distillats légers et moyens, ces produits deviennent en générale relativement plus concentrés dans les produits plus lourds, c'est-à-dire les fuel-oils moyens et lourds, et plus particulièrement dans les résidus. Les caractéristiques types suivantes donnent un aperçu des propriétés de ces divers produits du pétrole.

	Densité 15/15 °C	Limites d'ébullitions °C	Viscosité cinématique cSt, 37,78 °C	Points d'éclair °C
Gazolines (essences pour automobiles)	0,68 - 0,77	30 – 200		-40
Kérosène	0,78	160 – 285	1,48	55
Gazoles	0,84	180 – 360	3,30	77
Fuel-oils (légers, moyens et lourds)	0,925 - 0,965		49 – 862	90 et au-dessus
Huiles de graissage	Il s'agit d'huiles très raffinées, présentant une diversité considérable de densité et de viscosité en fonction de leur utilisation. Divers additifs, dont beaucoup sont des composés tension-actifs, sont utilisés avec ces huiles. Certaines huiles de graissage contiennent des additifs toxiques et, en cas de versement, présentent un risque pour la santé de l'homme.			

CADRE RÉGLEMENTAIRE

Puisque l'eau souterraine n'est pas statique et que l'étendue des formations géologiques aquifères n'a rien de commun avec les limites de propriété, plusieurs estiment que l'eau souterraine constitue une ressource collective.

Selon les lois constitutionnelles de l'Algérie, la propriété des terres et des ressources naturelles est dévolue à l'état.

Un ensemble de lois, règlements et directives régissent la protection et la conservation de l'environnement et, par conséquent, de la ressource eau souterraine.

2.1 Les eaux souterraines

Dans le domaine des eaux souterraines on peut en particulier retenir les deux articles de la loi n° 05-12-2005

L'article 38 de la loi n° 05-12-2005 définit une zone de protection qualitative comprenant, selon les nécessités de prévention des risques de pollution :

- un périmètre de protection immédiate dont les terrains doivent être acquis par l'état et protégés par une personne physique ou morale chargée de l'exploitation des ouvrages et installations concernés ;
- un périmètre de protection rapprochée à l'intérieur duquel sont interdits ou réglementés les dépôts, activités ou installations susceptibles de polluer les eaux, de façon chronique ou accidentelle
- un périmètre de protection éloignée à l'intérieur duquel sont réglementés les dépôts, activités ou installations visés à l'alinéa précédent.

L'article 39 réglemente et interdit à l'intérieur des périmètres de protection qualitative, l'ensemble des activités, y compris les activités agricoles ou industrielles qui peuvent faire l'objet de mesures particulières de contrôle, de restriction ou d'interdiction, les activités concernant notamment :

- L'installation de canalisations d'eaux usées ;
- L'installation de canalisations, réservoirs et dépôts d'hydrocarbures, de stations-service de distribution de carburant ;
- L'installation de centrales d'asphalte ;
- L'établissement de toutes constructions à usage industriel ;
- Le dépôt de déchets de toutes natures ;

- L'épandage d'effluents et, d'une manière générale, tous produits et matières susceptibles d'altérer la qualité de l'eau, y compris, le cas échéant, les produits destinés à l'agriculture ;
- L'installation et l'exploitation de carrières.

2.2 La loi littorale

La création en 2000, du MATE a permis de donner une impulsion nouvelle à la politique de préservation de l'environnement dans toutes ses composantes. Depuis cette date, un arsenal législatif a été mis en place (loi relative à la gestion et à l'élimination des déchets, loi littoral, loi environnement dans le cadre du développement durable) une structuration du ministère chargé de l'environnement a été instaurée (Direction Régionales de l'Environnement, Observatoire du Développement Durable, création du Commissariat National du littoral Algérien ...) et des moyens de financement pérennes et affectés ont été créés (Fonds de dépollution, Fonds national pour la protection du littoral et des zones côtières).

La loi "littoral", contraignante, stipule notamment :

1. Qu'il est interdit de porter atteinte à l'état naturel du littoral ;
2. Que l'occupation et l'utilisation de sols littoraux doivent préserver les espaces terrestres et marins remarquables ou nécessaires au maintien des équilibres naturels ;
3. Que toutes les communes littorales doivent être couvertes par un plan d'aménagement et de gestion de la zone côtière dénommé PAC3 conforme à la loi.

Cette loi a conduit récemment à la création d'un établissement public administratif spécialisé, le Commissariat National du littoral dont le décret, paru en avril 2004, précise ses missions :

1. Veiller à la préservation et la valorisation du littoral, des zones côtières et des écosystèmes qu'ils abritent ;
2. Mettre en œuvre les mesures de protection du littoral et des zones côtières qui lui sont conférées par la réglementation en vigueur ;
3. Fournir aux collectivités locales toute assistance se rapportant à ses domaines d'intervention ;
4. Maintenir, restaurer et réhabiliter les espaces terrestres et marins remarquables ou nécessaires au maintien des équilibres naturels en vue de leur conservation ;
5. Promouvoir des programmes de sensibilisation et d'information du public sur la conservation et l'utilisation durable des espaces littoraux ainsi que de leur diversité biologique.

2.3 Regles de gestion des eaux

Dans le domaine de gestion des eaux la loi du 1 Juillet 1983 définit 5 principes de gestion de l'eau du pays :

1. Une gestion intégrée ;

2. Une gestion économe ;
3. Une gestion déconcentrée et coordonnée dans le cadre du bassin hydrographique ;
4. La participation des usagers à la gestion ;
5. et le principe de compatibilité de la gestion des eaux avec la politique d'aménagement du territoire et la protection de l'environnement

2.4 Les hydrocarbures

Du fait du caractère toxique des HCT¹, il est important de légiférer sur les teneurs maximales admissibles pour éviter tout risque environnemental ou humain. En ce qui concerne les eaux, L'organisation mondiale de la santé (OMS) définit des concentrations maximales pour chaque de ces composés, le tableau ci-dessous représente les normes des principaux hydrocarbures fixés par l'OMS.

Hydrocarbure	Formule	Concentration maximale en $\mu\text{g}/\text{l}^2$
Benzène	$\text{C}_6 \text{H}_6$	10 $\mu\text{g}/\text{l}$
Toluène	$\text{C}_7 \text{H}_8$	700 $\mu\text{g}/\text{l}$
Xylènes	$\text{C}_8 \text{H}_{10}$	500 $\mu\text{g}/\text{l}$
Éthylbenzène	$\text{C}_8 \text{H}_{10}$	300 $\mu\text{g}/\text{l}$
Styrène	$\text{C}_8 \text{H}_8$	20 $\mu\text{g}/\text{l}$

TAB. 2.1 – Concentrations maximales des hydrocarbures aromatiques fixés par l'OMS

On remarque que la concentration maximale admissible pour le benzène ne doit pas excéder 10 $\mu\text{g}/\text{l}$

Dans notre cas la concentration du benzène dépasse le seuil maximal fixé par ce décret.

Donc une étude de la nature de la pollution et de ses impacts est nécessaire dans cette nappe, et le site doit être dépollué.

¹Hydrocarbures totaux

PRÉSENTATION DU SITE "LES SABLETTES"

L'analyse quantitative et qualitative des eaux souterraines nécessite une reconnaissance de l'environnement générale et de l'évolution de la nappe phréatique. A cet effet nous tenterons de faire une étude du site "Les Sablettes" à travers quelques aspects naturels et anthropiques.

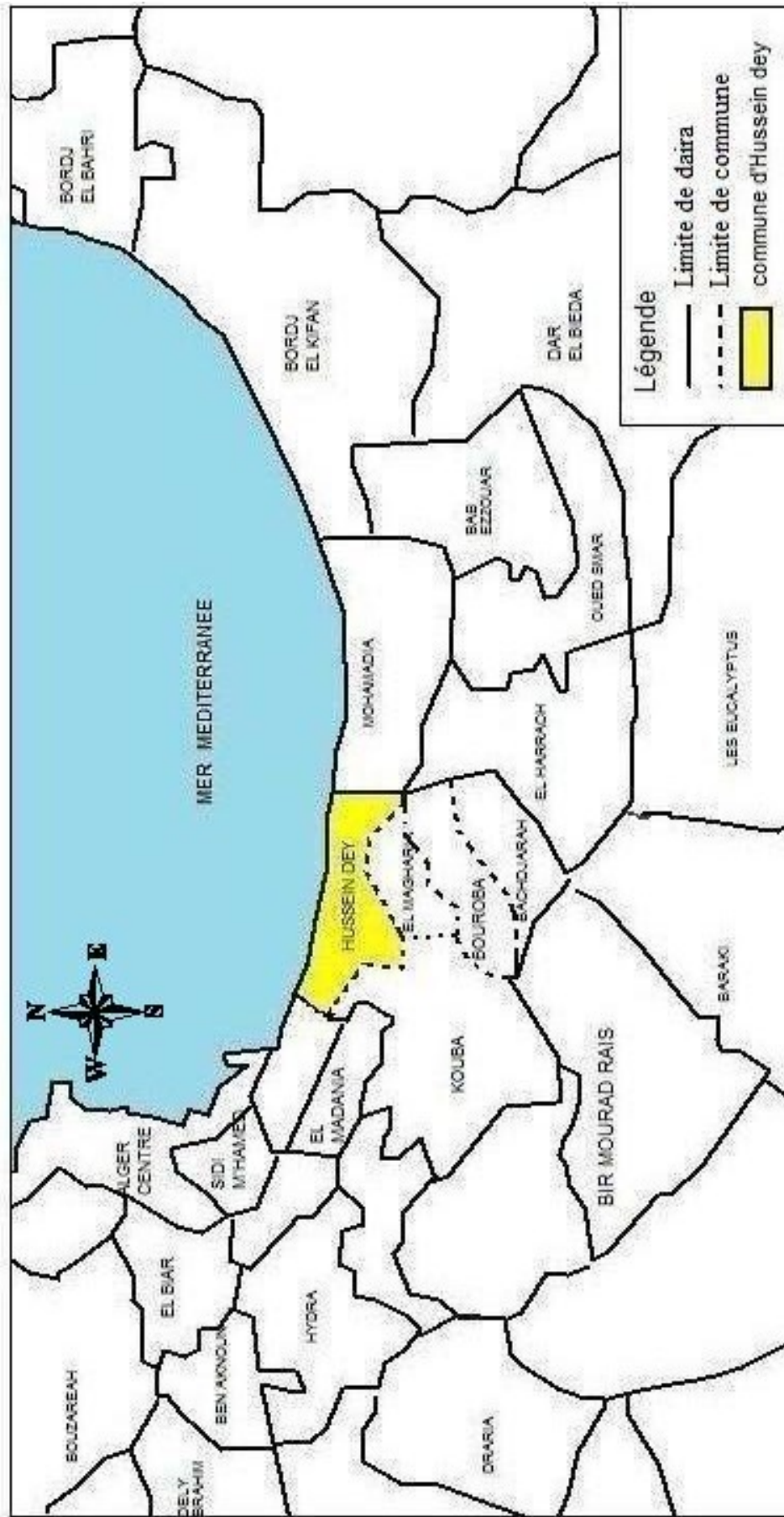
3.1 Localisation géographique, aspect géomorphologique du site

3.1.1 Localisation géographique

La zone d'étude fait partie de la commune d'Hussein Dey, de la circonscription administrative de Hussein dey, et qui située à l'est d'Alger(*Carte.1*). Le site est compris entre les latitudes **36° 44'** et **36° 45'** Nord et les longitudes **3° 60'** et **3° 75'** Est. Il s'étend sur une superficie de **490** hectares (**4,9 km²**) avec une population estimée à **82 824** habitants (recensement de la population (2002)).

Elle est délimitée à l'Est par Oued El Harrach, la bretelle d'autoroute du Caroubier, au nord par la mer, à l'ouest par le chemin des fusillés qui la sépare de la commune de Belouizdad (ex-Belcourt) (*Carte.2*)

Le littoral de long de **3 Km** et large de **50** mètres, lieu de la plage " *Les Sablettes* " (Notre zone d'étude) est marquée par une forte industrialisation et une forte urbanisation.



Source: Wikipedia (site internet)

Carte.1- Limite administrative de la zone d'etude



Carte.2-Localisation géographique de la zone d'étude

3.1.2 Caractéristiques des aménagements

Plusieurs aménagements industriels et urbains ont été réalisés dans ce site. Le centre de carburant de la société **NAFTAL** et le centrale du béton de **COSIDER** sont les plus importants.

- Le Centre carburant NAFTAL

Est implanté sur un terrain d'une surface de 14500 m², à l'ouest d'oued El-Harrach

- L'unité COSIDER

L'entreprise COSIDER a implanté une unité pour l'exploitation du béton au bord de la mer .

L'entreprise a choisit ce site pour deux raisons :

- La proximité du site à l'AutoRoute qui facilite la sortie des engins et le transport du béton.
- La présence d'une nappe d'eau assurée les besoins de l'entreprise en eau.

- La station du stockage de l'essence

La station est située à l'Est de Oued El Harrach qui a une capacité de stockage de 8000 m³.

Au delà de ces trois constructions il existe d'autres aménagements dans ce site parmi lesquelles :

Une infrastructure sportive, un chemin de fer et un nouveau projet de rénovation du dépôt carburants. Les habitations sont présentes dans le site.

Il est important aussi de signaler le pipeline traversant le site et qui assure la réception des produits à partir de la raffinerie d'Alger NAFTEC.

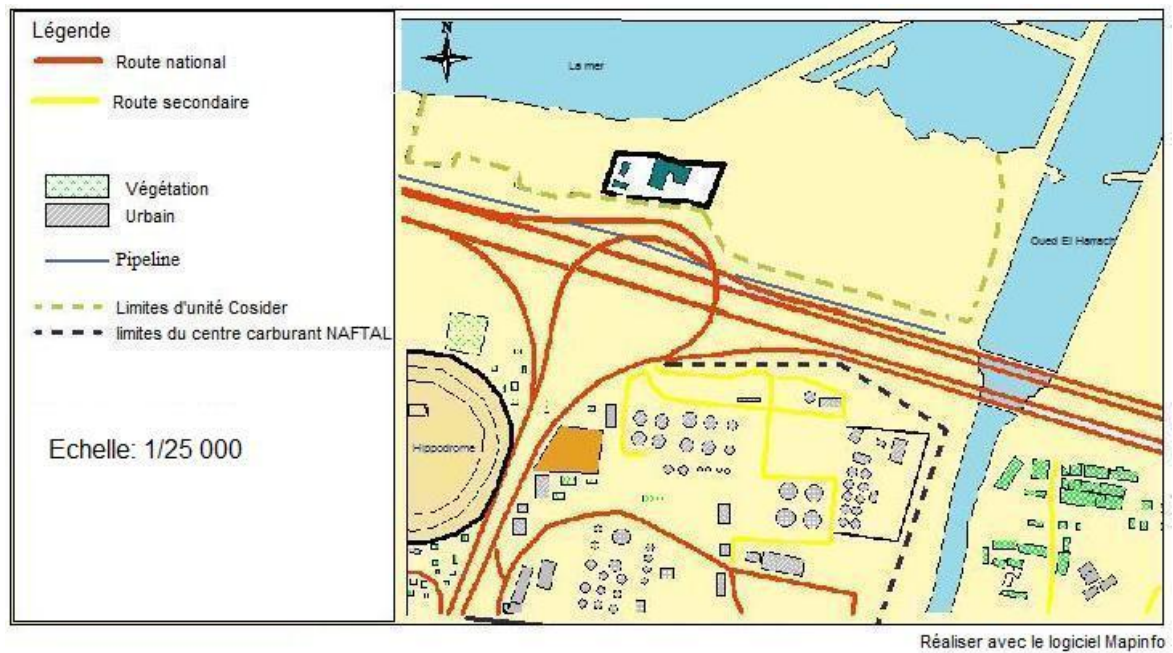
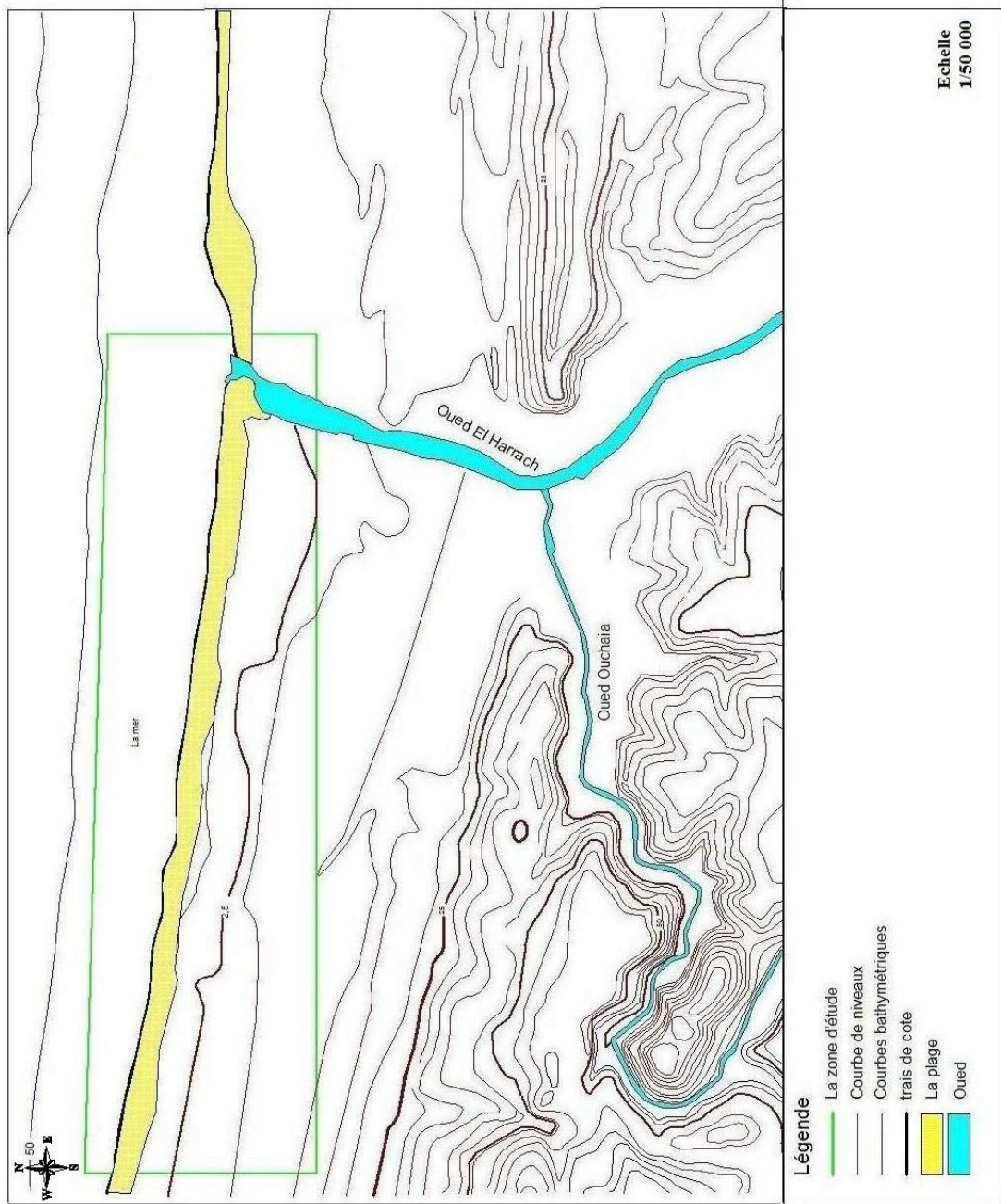


FIG. 3.1 – Les principaux aménagements dans la zone d'étude

3.1.3 Topographie

La zone d'étude se situe dans une zone à topographie plane, sur une faible pente ; le point culmine est situé sur 15 m au sud du périmètre d'étude ; l'altitude varie entre 0 et 25 m. Cette topographie a facilité l'implantation de l'industrie ; et les infrastructures routières nécessaires. (*Carte.3*)



Carte N°3: la topographie de la région d'étude

3.1.4 Le réseau hydrographique

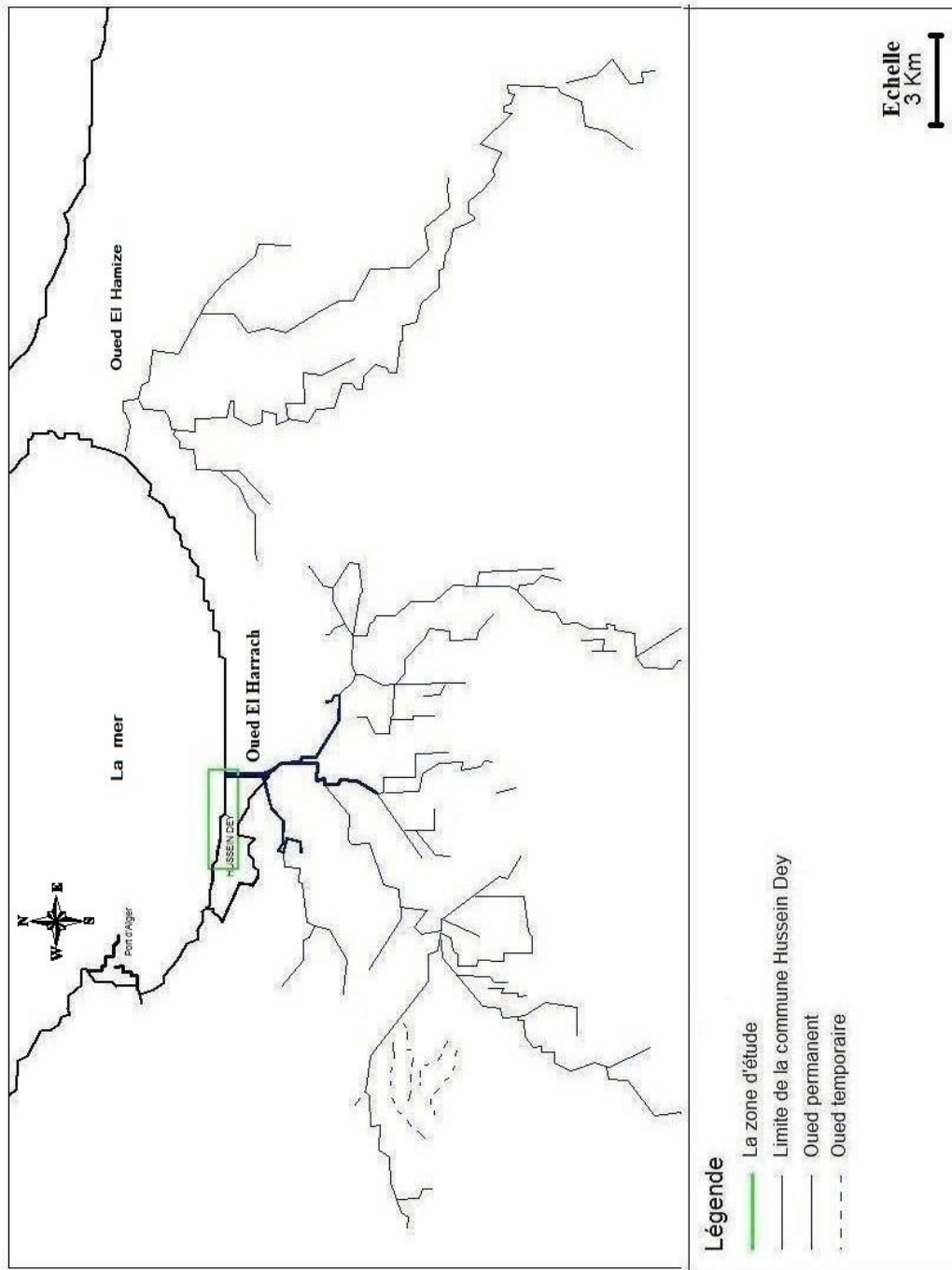
Le réseau hydrographique est peu dense, représente principalement par Oued El Harrach qui constitue la plus importante rivière au voisinage de notre secteur d'étude. Son bassin se partage en trois parties appartenant l'une à l'Atlas tellien, l'autre à la plaine de la Mitidja et l'autre au versant du Sahel(*Carte.4*). Ses principaux affluents sont :

- L'oued Baba Ali avec Oued Terrou issus de la Mitidja
- Oued Kerma issu du Sahel
- Oued Smar issu de la Mitidja
- Oued Ouchaiah issu du Sahel.

La baie d'Alger recueille par le biais de Oued El Harrach et Oued El Hamize des diversément de plusieurs industries et complexes urbains installés le long du littoral.

Il faut savoir que les décharges de matières organiques provenant d'industries de type agro-alimentaire comme les laiteries, conserveries abattoirs, etc. sont mélangés aux effluents urbains des collectivités.

En fin les eaux de pluie ont une part non négligeable dans le transport des polluants et autres produits du milieu continental vers le milieu marin.



Source: carte réalisée à partir de la carte topographique de la région d'Alger (INCT) avec Mapinfo

Carte.4-Le réseau hydrographique

3.2 Contexte géologique, et lithologie

Trois formations géologiques participent à la constitution du secteur compris entre *Gui de Constantine* et *Maison Carrée*

- a) Les grès et les sables (partie supérieure de l'étage astien du pliocène inférieure).
- b) Les alluvions anciennes :(étage villafranchien pliocène supérieure).
- c) Les alluvions récentes déposés par Oued El Harrach (Flandrien néopliocène).

A. Grès et sables

Ce sont des sables avec des bancs de grès souvent réduits à de minces plaquettes. Ils constituent donc un milieu extrêmement perméable ce qui explique la grande aptitude de notre nappe à la pollution.

B. Alluvions anciennes

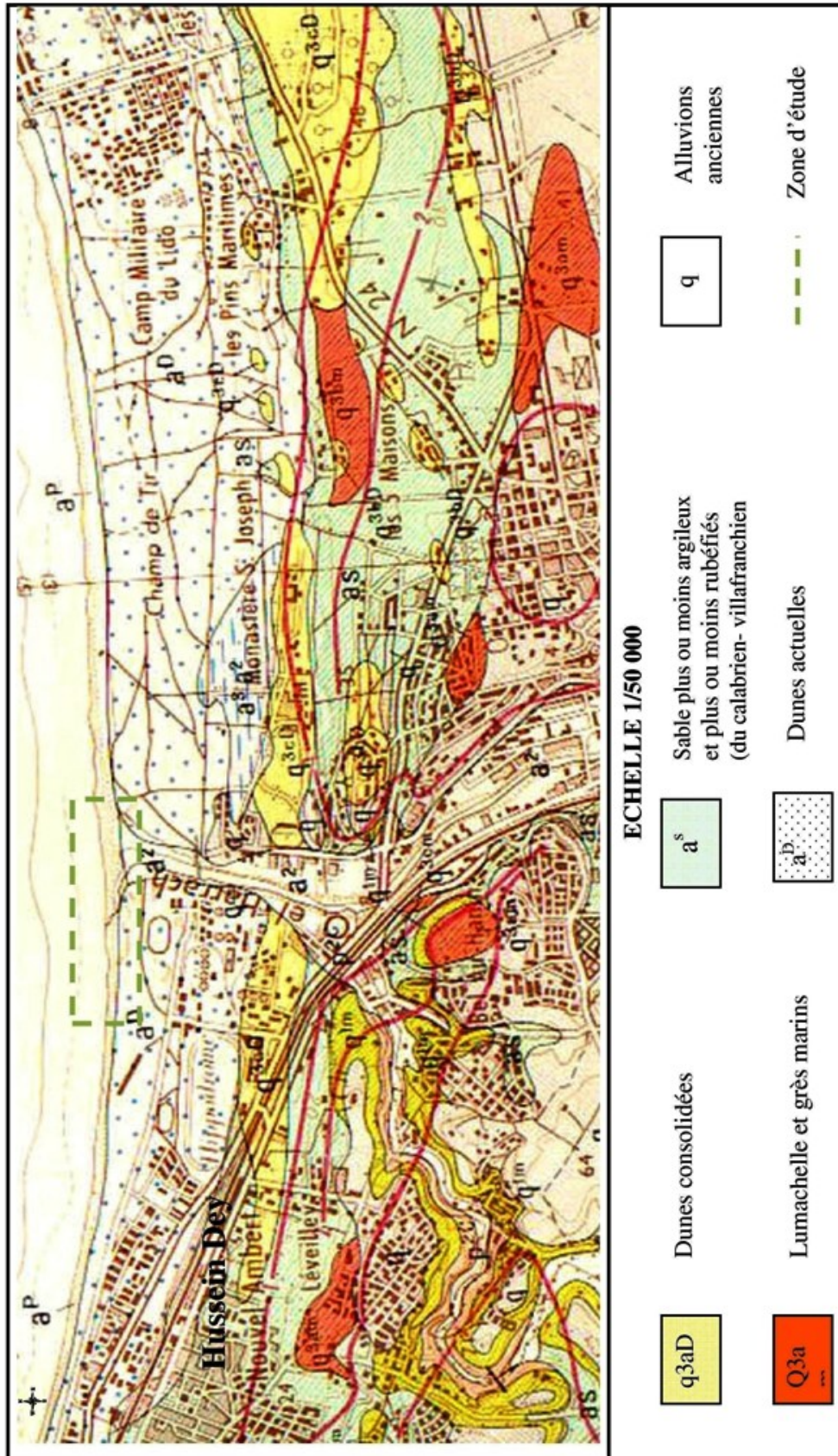
Comme composition lithologique ; on y rencontré une succession de couches formant des lentilles très allongés de limon (argiles et marnes, jaunes ou bleues ; bistres ou noires), alternances avec des couches de galets de l'atlas généralement consolidés en poudingues par un ciment calcaire, les sables et les grès sont exceptionnels de faible épaisseur.

Poudingues ; galet, grès et sables constituent des horizons perméables, tandis que les limons argileux ou marneux forment des niveaux imperméables.

C. Alluvions récentes

Ces derniers dépôts formés aussi des débris de l'atlas, sont demeurés dans la position où ils se sont stratifier, ils sont donc quasi horizontaux, à peine inclinés vers la mer conformément à la pente de la rivière qui les a déposés, pente légèrement supérieur à celle de Oued El Harrache.

Lithologiquement, les alluvions récentes comprennent une alternance de lits de galets et de limons argileux, souvent tourbeux, ces derniers dominat vers le haut.



Source : NAFTAL/CBR/DAR EI BEIDA/DHSEQ

Carte.5-Géologie de la zone d'étude

3.3 Le cadre hydrogéologique

L'extrait de la carte hydrogéologique de la région d'Alger présenté ici, nous a permis d'étudier en détail la situation hydrogéologique du site.

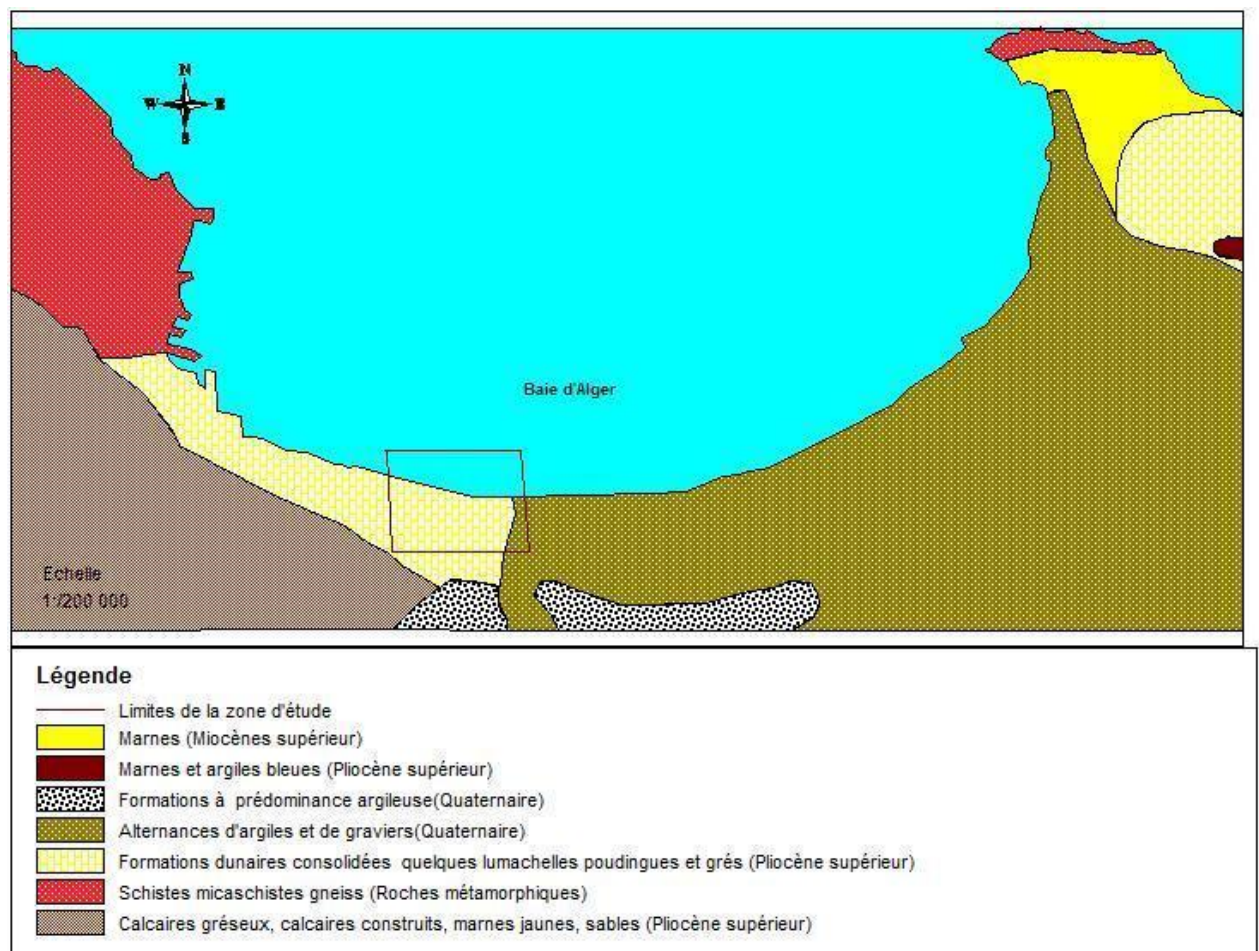
La zone d'étude comprise entre **Oued El Harrach** et le **port d'Alger** est bordée par trois zones de comportement hydrogéologique différent :

Une zone avec **des sables**, du **gravés** et **d'argile** (d'origine quaternaire), avec une perméabilité élevée ce qui explique les ressources en eaux importantes dans cette zone,

Une zone avec **calcaires gréseux**, **calcaires construite**, **marne jaune** (d'origine pliocène supérieure) avec une perméabilité variable, cette zone contient une nappe libre devenant captive sous la Mitidja.

Une zone avec **schistes**, **micaschistes**, **génisse** (roches d'origine métamorphiques), à cause du comportement des roches cette zone n'a aucun rôle hydrogéologique.

La zone elle-même (les sablettes) est constituée par des **formations dunaires consolidés** quelques **lumachelles** , **poudingues** et **grés**, d'origines quaternaires avec une bonne perméabilité, la zone contient une nappe phréatique.



Réalisée à partir de la carte hydrogéologique de la région d'Alger (1973) à l'aide du logiciel ER Mapper et du Mapinfo
Source: Direction des Etudes de Milieu et de la Recherche Hydraulique.

Carte.6-Hydrogéologie de la région d'étude

3.4 Les données climatiques : pluviométrie, température, vents, ...

La région de la baie d'Alger (ou se trouve notre zone d'étude) est caractérisé par :

- Un climat subhumide ;
- Des pluviométries qui varient entre 500 et 1000mm par an ;
- Une température moyenne annuelle de 18°C.

3.4.1 Température

Globalement la température est douce dans la région, due à la proximité de la mer ; les moyennes mensuelles des températures varient entre 11.15 C° (mois de février) et 26.5 C° au mois d'Août (Fig.3.2).

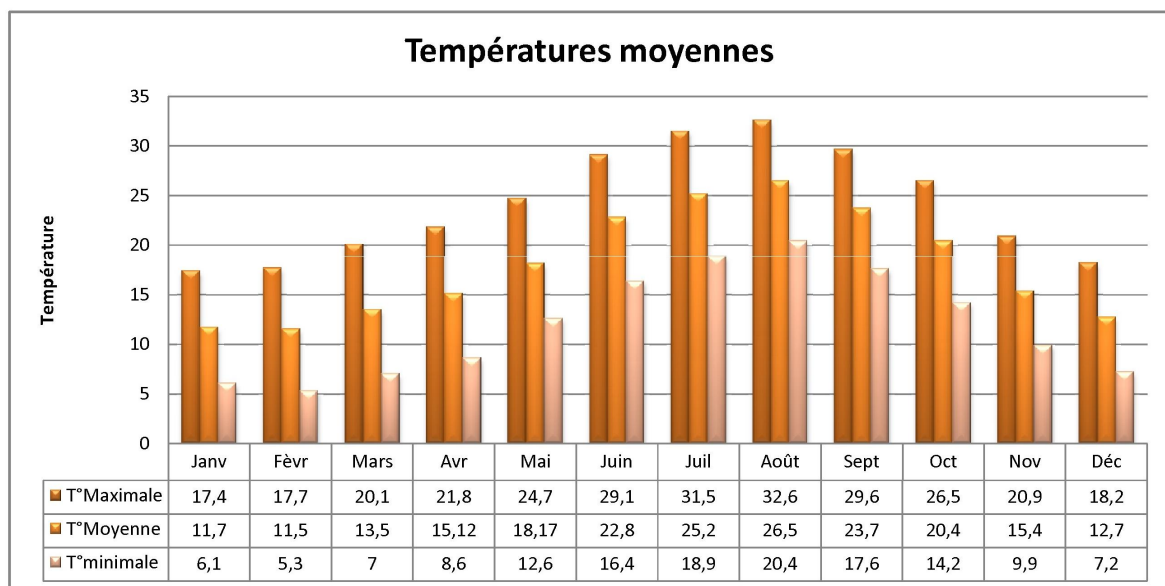


FIG. 3.2 – Moyenne mensuelle des températures

3.4.2 Vents

La moyenne mensuelle des vitesses du vent calculés entre 1995 et 2004 est de 2,5m/s.

3.4.3 Pluviométrie

Les pluies dans cette zone sont relativement importantes en automne et surtout en hiver.

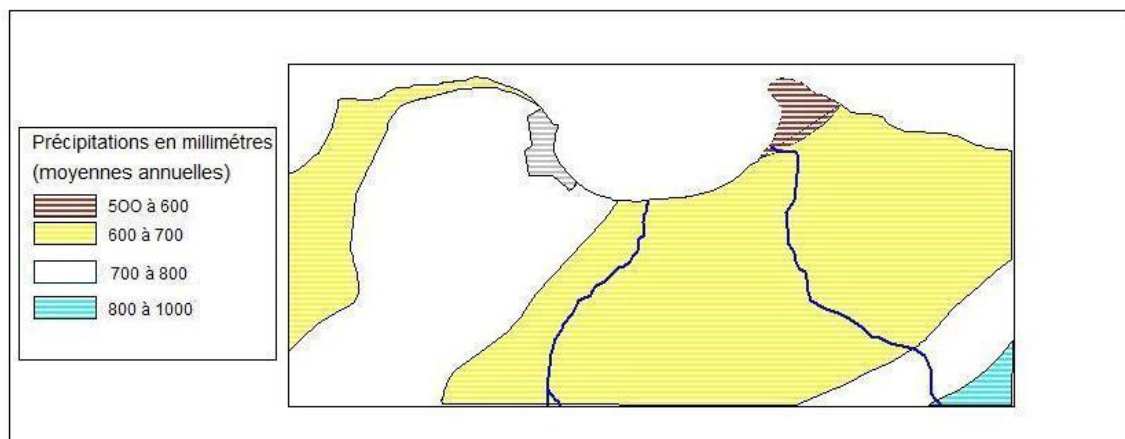
La période pluvieuse s'étale du mois de septembre jusqu'au mois de mai avec une moyenne maximale de 103.82 mm au mois de décembre ; alors que la période d'été est pratiquement sèche (Tbleau 3.1).

La moyenne des précipitations annuelles est d'environ 600mm.

On note aussi que la pluviométrie est uniforme sur toute la région (voir carte.8).

Mois	Précipitation Moyennemmm
Janv	92,2
Févr	74,5
Mars	45,2
Avril	64,1
Mai	46,3
Juin	7,3
Juil	2,0
Aout	16,5
Sept	24,7
Octo	43,3
Nove	93,1
Dece	87,4
Annuel	596,5

TAB. 3.1 – Pluviométrie moyenne mensuelle



Carte.7-Pluviométrie dans la région algéroise

D'après les données de l'ONM¹, synthétisées dans les histogrammes qui suivent (Fig.3.3) on peut distinguer l'existence d'une saison humide allant du mois de novembre au mois de mars, avec une moyenne mensuelle maximale de 93,1 mm au mois de novembre.

Et une saison sèche qui dure du mois de mai au mois d'octobre, avec un minimum de 2 mm calculée au mois de juillet, entre ces deux saisons on note l'existence d'une période transitoire(mars-avril), où les précipitations varient de 45 mm à 64 mm en moyenne.

¹Office nationale de la météorologie

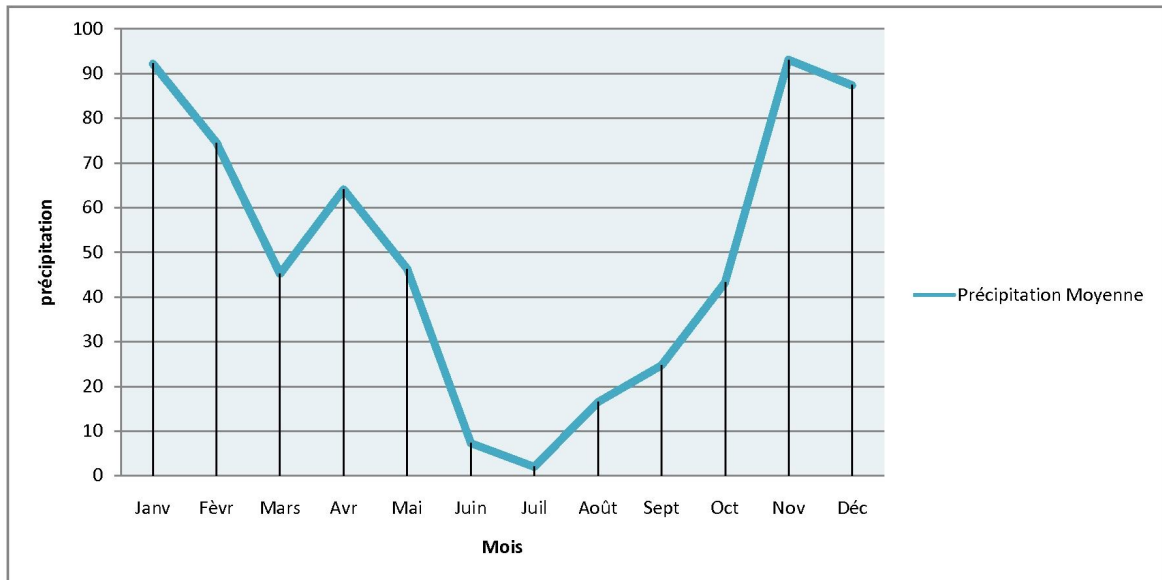


FIG. 3.3 – cumuls mensuels des précipitations (en mm) (1995-2004)

3.4.4 Diagramme Ombrothermique

Le diagramme ombrothermique permet de visualiser et de quantifier la période sèche "P.S" et la période humide "P.H".

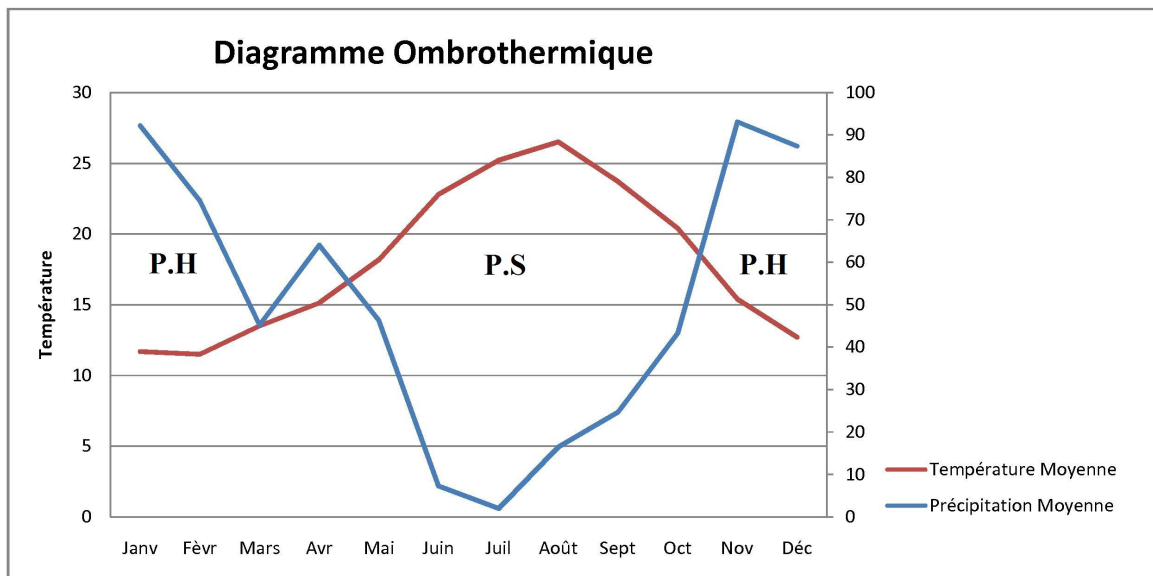


FIG. 3.4 – Diagramme ombrothermique

D'après le diagramme ci-dessus (Fig. 3.4) la période humide s'étend sur quatre mois de l'année (de novembre à février), La période sèche qui dure du mois de mai au mois d'octobre.

Entre les deux mois de mars et d'avril on relève une période de transition.

Donc la saison sèche est plus importante que la saison humide

Pour l'appréciation de la nature de l'étage bioclimatique dont lequel se positionne notre région il faudrait de positionner le quotient pluviothermique dans le climagramme d'EMBERGER.

Le quotient pluviothermique d'après la formule de STEWART (1969)

$$Q_3 = (3,43 \times P) \div (M - m)$$

Avec :

M : T° moyenne maximale du mois le plus chauds, $M = 32.6^\circ\text{C}$

m : T° moyenne minimale du mois le plus froids, $m = 5.3^\circ\text{C}$

P : moyenne annuelle des précipitations, $p = 596.5\text{mm}$

Ce quotient est presque égal à 75

$$Q_3 \cong 75$$

D'après le climagramme pluviothermique d'EMBERGER, la région fait partie de l'étage bioclimatique subhumide (*fig.3.5*)

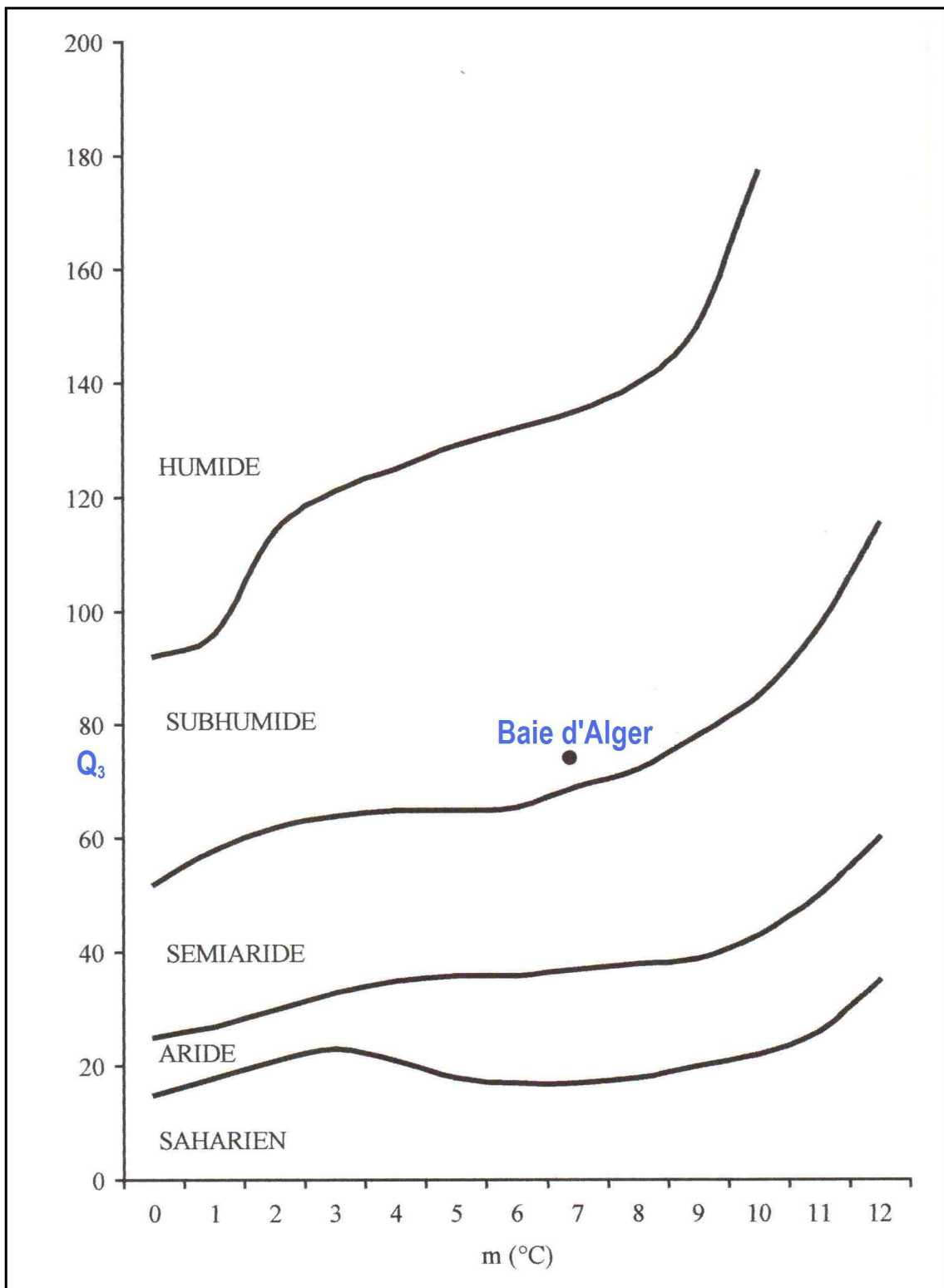


FIG. 3.5 – Position du site "Les sablettes" dans le climagramme d'EMBERGER

3.5 La nappe phréatique "Les Sablettes"

3.5.1 Caractéristiques, description, type,...

C'est une nappe libre côtière, dont le périmètre délimite une superficie d'environ 7 km², Située au Nord-est d'Alger, elle occupe une position géographique particulière sur la bonde littorale (ANRH)².

3.5.1.1 Caractéristiques générales

La nappe est située dans le domaine sédimentaire du bassin astien ; elle est contenue dans un réservoir multicouche composé de grès, sable, marnes et cailloutis.

C'est une nappe libre qui s'alimente de manière quasi exclusive par les pluies efficaces de son domaine d'affleurement et contribue à l'alimentation naturelle des cours d'eau situés sur son territoire et en périphérie (Oued EL Harrache, Oued Ouchayah).

Dans cette nappe, il existe deux niveaux aquifères :

- Une première nappe entre 55 et 58 m.
- Une deuxième (moins importante) vers 80 m.

Les puits creusés dans la zone ont donné : le moins profond (le plus ancien) un débit de 250 à 300 m³ et le plus récent 700 m³.

L'alimentation de cette nappe est assurée uniquement par l'infiltration des pluies. Les précipitations dans cette zone sont en moyenne comprises entre 600 et 800 mm/an (voir 2.3.3) et présentent une variabilité intersaisonnière très marquée (saison sèche : carême ; saison des pluies : hivernage). (voir 2.2.4)

La recharge moyenne annuelle est faible et peut être nulle certaines années (ANRH).

3.5.1.2 Biseau salé

La nappe du site "Les Sablettes" est en équilibre hydrostatique avec les eaux marines selon le principe exposé en Figure (fig.3.6). Cet état de fait implique un risque

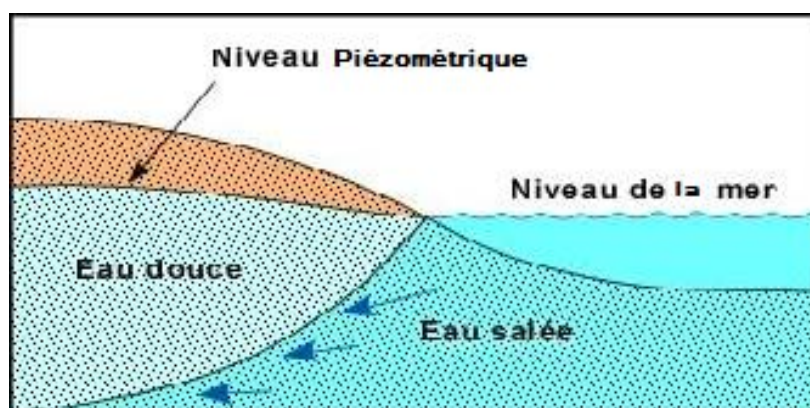


FIG. 3.6 – schéma représente le biseau salé dans une nappe côtière

²Agence national des ressources hydriques

de pénétration d'eau marine dans la nappe, soit à la faveur de zones favorables à la circulation (zones de fractures), soit au droit de site en surexploitation.(Le central béton)

3.5.1.3 Disposition de la nappe

D'après l'allure souterraine des terrains qui reforme ces nappes et dans les couches perméables présentent une inclinaison constante du Nord vers le Sud. Il paraît démontré que le niveau des eaux souterraines sont d'autant plus rapprochés du sol que l'on se trouve plus au Nord. En d'autre terme que la profondeur des forages à effectuer augmente en allant du Nord vers le Sud pour la même nappe.

Cet accroissement de profondeur pourrait être compensé par une augmentation de débit dans la partie plus profonde de la nappe.(ANRH)

Les courbes hydro-isohypses³ (Carte.9) montrent que le sens d'écoulement de la nappe suit la topographie du terrain et se fait à partir des reliefs vers la côte où se trouve le point de perte de la nappe.

3.5.1.4 Exploitation de la nappe

La zone connaît actuellement un essor démographique et une intensification des activités industrielles et commerciaux. Ceci a été accompagné par un accroissement important des besoins en eau. Ces eaux souterraines sont essentiellement exploitées pour la production d'eaux industrielles par le biais de plusieurs forages et puits répartis dans la Commune d'Hussein dey, Le centrale du béton de COSIDER utilise trois de ces puits .

On note que la réserve d'eau souterraine, seule ressource dans cette zone, à été fortement sollicitée, provoquant ainsi un abaissement du niveau de la nappe et un déséquilibre hydrodynamique du biseau d'eau salée. Cela se traduit par une pollution saline. En effet, nous avons pu recenser dans ces secteurs sensibles à l'intrusion marine un certain nombre de puits abandonnés à cause de leur forte contamination.

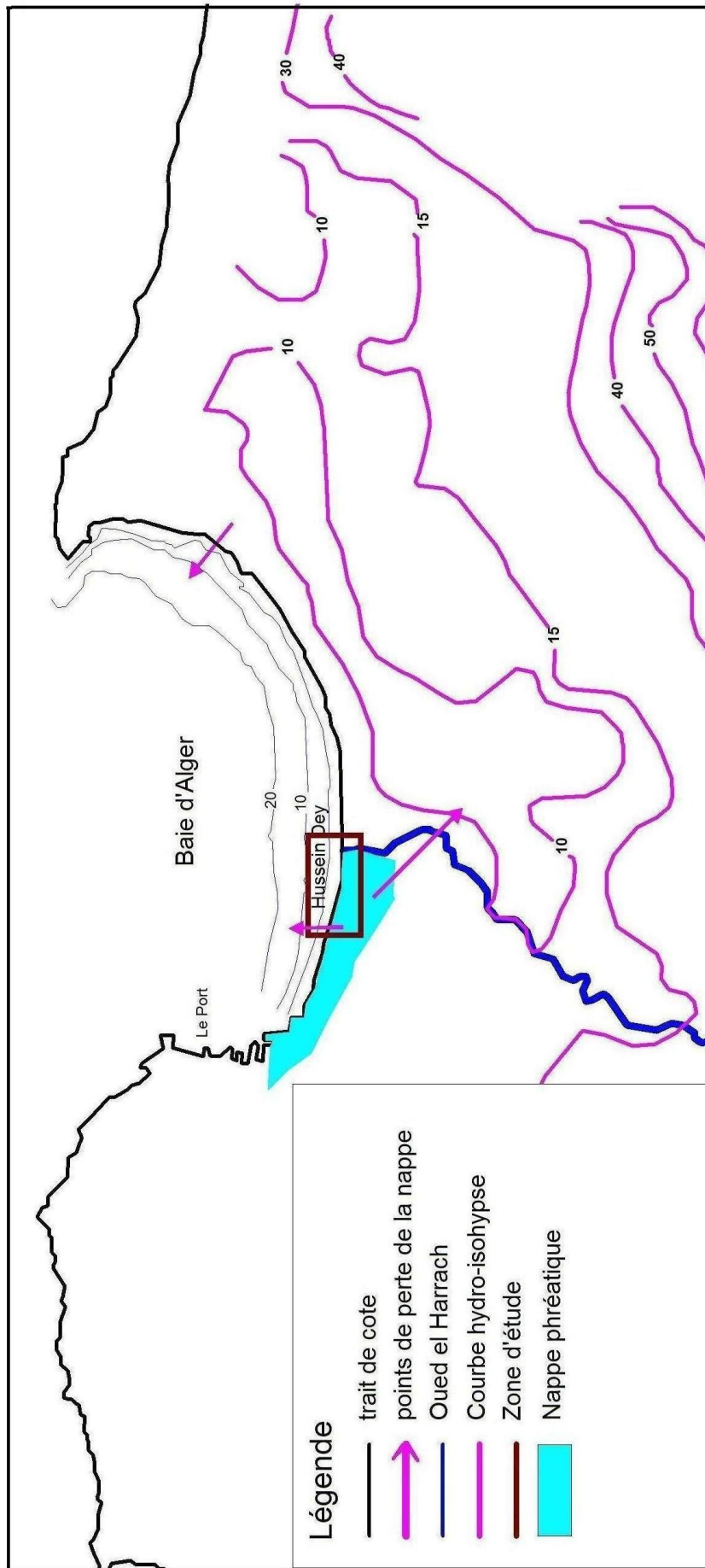
Cependant on a suivi les variations de niveau de l'eau de la nappe pendant 9 jours au cours d'un essai de pompage effectuée par l'entreprise NAFTEC dans un puits d'eau.

Jour	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Niveau de plan d'eau	17,37	10,15	10,15	9,10	9,00	8,85	8,70	8,60	8,40	8,40

TAB. 3.2 – Variation du niveau du plan d'eau pendant 10 jours

En effet après 94 heures de pompage continu (en Avril 2008) au débit de $234 \text{ m}^3/\text{h}$. le niveau, qui était au début des pompages 13.23m , est descendu à 17.2m de profondeur.

³Un Courbe hydro-isohypses est un courbes qui lie tous les points de mêmes niveau d'eau dans une nappe libre. Ce sont des courbes de même pression hydrostatique.



Carte.8-Courbes Piézométriques

9 jours après l'arrêt des pompages, le niveau était encore à 1m, du niveau initial (voir graphe de remontée (fig.3.7). Donc un pompage de l'eau provoque une diminution de niveau de l'eau.

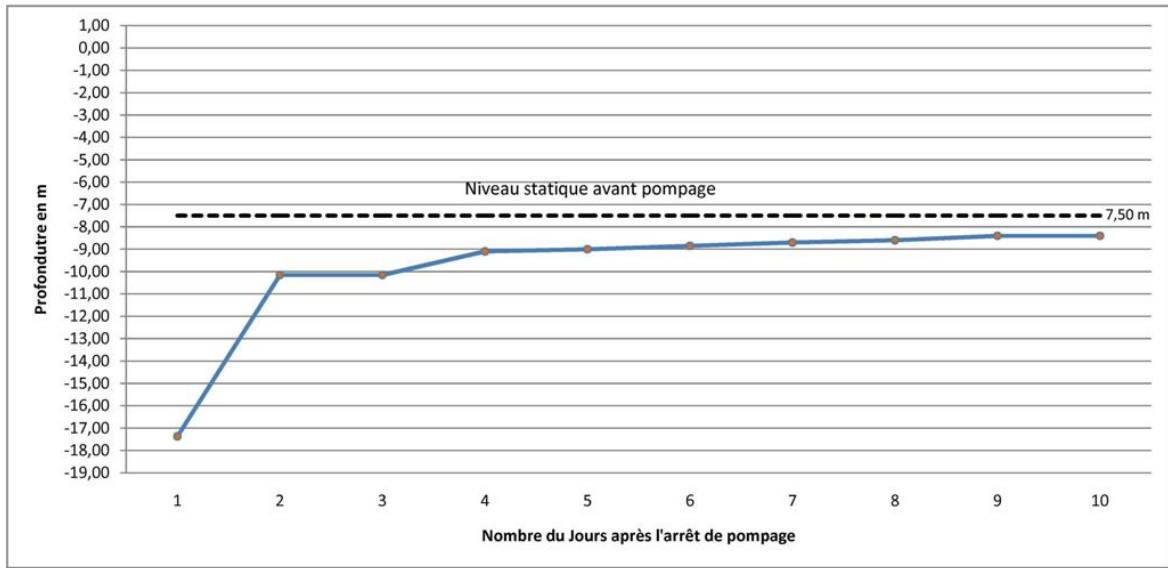


FIG. 3.7 – Graphique de remontée du plan d'eau après le pompage

ETUDE DE LA CONTAMINATION PAR LES HYDROCARBURES DE LA NAPPE "LES SABLETTES"

4.1 Présence d'hydrocarbures dans la nappe d'eaux souterraines du Site "les sablettes"

Les eaux souterraines du site "les sablettes" ont subi une pollution par les hydrocarbures.

Cette contamination a été détectée durant le mois de novembre 2006 au niveau de deux forages lors de l'exploitation de l'eau de ces derniers pour les besoins de la centrale de béton (COSIDER) située sur le site.

Il a été constaté la présence d'hydrocarbures aux niveaux du Trois puits :

- En novembre 2008, un puits (F1) d'une profondeur de 25m, foré en 1993 ; ce puits dégage une forte odeur de carburant hydrocarbure (probablement de l'essence) ; cette contamination a été constatée depuis novembre 2006.

- En avril 2007, un autre puits (F2) à une distance de 10m du premier d'une profondeur de 50m, apparemment moins pollué.

- Un troisième puits (F3) distant d'une vingtaine de mètre du premier, d'une profondeur de 30 à 35m, il dégage également une forte odeur d'hydrocarbure comme celle du puits (F1).

Le diagramme ci-dessous (*fig.4.1*) représente les principales étapes suivies pour l'étude de la problématique de la pollution de la nappe phréatique "les sablettes".

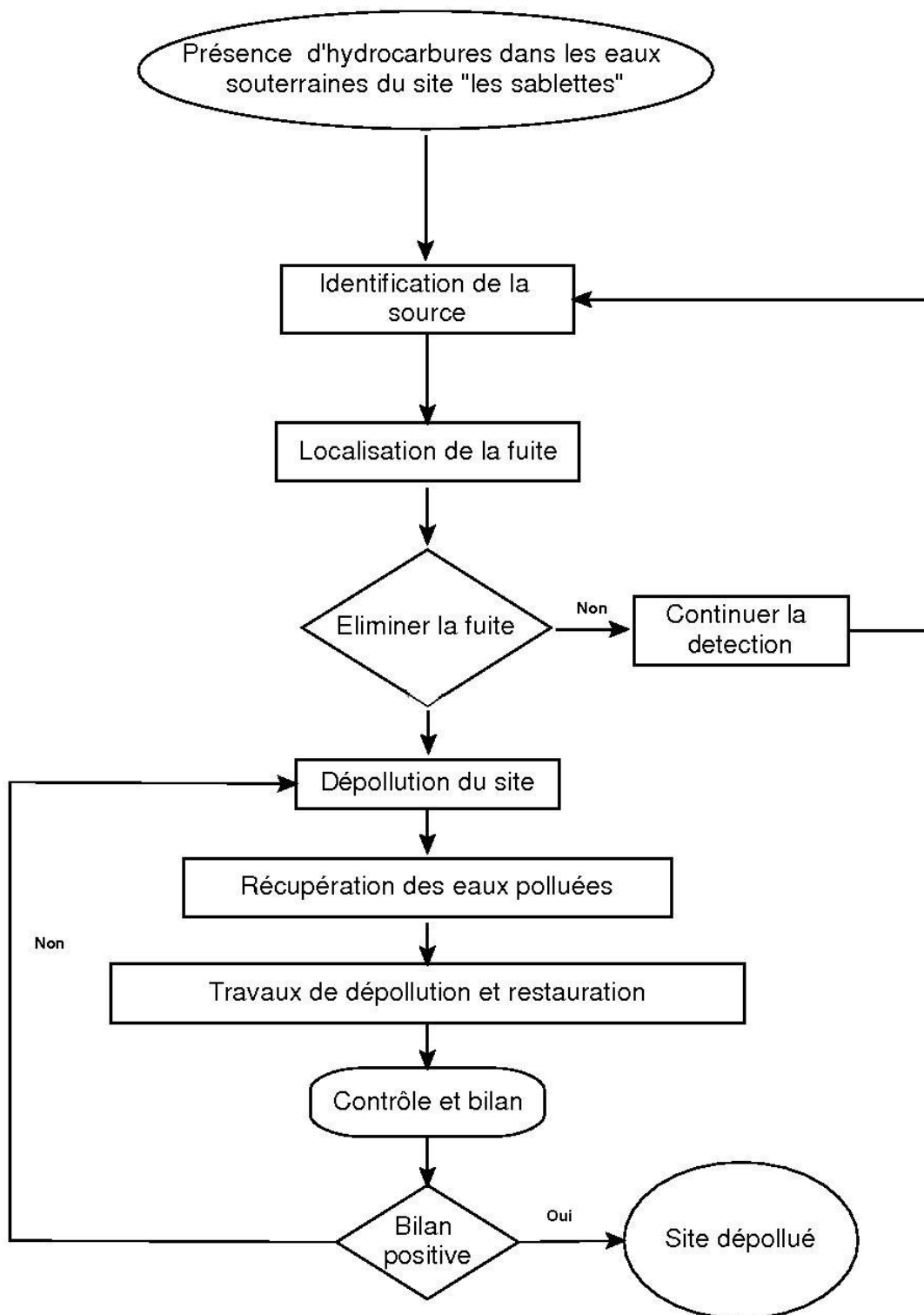


FIG. 4.1 – Présentation de la démarche séquentielle d'investigation

4.2 Inspection du site

Pour la connaissance du site nous avons effectué une visite du centre carburant et de l'unité COSIDER de béton. La situation se présente comme suit :

La présence de plusieurs taches d'hydrocarbures de 1 à 2m de longueur, sur le sol dans le site COSIDER. Les déchets solides et liquides sont rejetés directement sur le sol.

Nous avons également visité le réseau de conduit ainsi que les bacs de stockage

En ce qui concerne le centre carburant, l'aspect de la propreté générale est acceptable.

On a remarqué aussi que quatre forage du site NAFTAL , sont hors service depuis dizaine d'années à cause de la pollution par les hydrocarbures.

Ainsi nous avons remarqués l'existence des puits et des forages abandonnés ou mal entretenus. Ces derniers constituent un point d'entrée directe des polluants dans la nappe d'eau souterraine. Un forage profond mal conçu peut traverser plusieurs nappes et ainsi permettre une communication entre la surface, point d'entrée de polluants, et une nappe plus profonde ; ou bien entre une nappe polluée et une autre saine et par conséquent il est fort probable qu'elle soit à l'origine de la pollution des forages de COSIDER.

- Mesures prises par NAFTAL et NAFTEC

Les entreprises NAFTEC et NAFTAL ont entrepris plusieurs opérations de localisation de la source de pollution.

En effet NAFTAL a procédé à l'expertise des bacs n°7 et n°8, situés au parc de stockage carburant de Mohammedia, en amont du puits pollués, supposés être à l'origine des fuites. Les expertises ont été réalisées par **l'Entreprise Nationale d'Agréage et de Contrôle Technique (ENACT)** et les résultats indiquent que les bacs n°7 et n°8 sont en bon état.

4.3 Évaluation de la pollution

L'évaluation de la pollution permet, à partir de tous les critères pris en compte dans l'inspection du site, d'apprécier l'ampleur de la pollution au niveau des cibles identifiées. Elle comprend :

- L'identification de la nature du produit polluant.
- La caractérisation des sources de la pollution.
- L'évaluation des impacts de la pollution sur l'écosystème et les personnes vivant sur le site ou à proximité,

4.3.1 Identification du produit polluant

-Prélèvement d'échantillon

Pour l'identification du produit polluant dans la zone d'étude (centrale de béton COSIDER) nous avons effectué des prélèvements de trois échantillons (*fig.2*) :

- Un prélèvement au niveau du puits N°1, L'échantillon est prélevé à l'aide d'une pompe ;
- Un prélèvement au niveau du puits N°2 ;
- Un échantillon de l'eau de mer, prélevé à la main.

Pour la conservation des échantillons, nous avons utilisés des bocaux en verre (d'un L) car La seule matière ayant un fonctionnement inerte vis-à-vis des composés organiques volatiles est le verre.

Analyse chimique de l'eau

Les résultats d'analyse chimique des eaux prélevées des différents sondages, réalisées au niveau de **SEAL**, montre que l'eau analysée, présente un taux très élevé en hydrocarbures.

On note que L'échantillon prélevé dans le puits numéro 1 présente une forte contamination par les hydrocarbures tandis que les deux autres puits sont moins pollués.

4.3.2 Les sources probables de la pollution

À cause de la forte concentration industrielle de la région, plusieurs hypothèses peuvent expliquer l'origine de la pollution.

1. Soit, la contamination était provoquée par des fuites d'hydrocarbures provenant :
 - (a) Des installations de transport d'hydrocarbures (passage pipelines NAFTEC /Alger).
 - (b) Des bacs de stockage appartenant à l'entreprise NAFTAL.
 - (c) De La station de stockage située sur la rive droite de l'oued el Harrach.
2. Soit, La contamination à été provoquée par les polluants provenant par voie maritime.

Vérification des hypothèses

1. **Le pipeline**

Des tranchés et des sondages (réalisés par l'entreprise NAFTEC) sous les pipes longeant le site COSIDER ainsi que les tests hydrostatiques confirment qu'il n'y a aucune fuite.

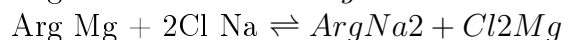
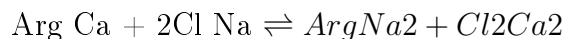
2. **La station de stockage**

Cette hypothèse est peu probable, à cause de son éloignement du site contaminé ainsi que le bilan matière n'enregistre aucun déficit des produits stockés.

3. **Pollution par l'intrusion marine**

Une analyse chimique effectuée sur les eaux des puits situés à proximité d'oued el Harrach montre que les concentrations en sels dissous des puits situés en

bordure de l'oued el Harrach sont nettement élevées (Tableau 4.1), il s'agit de phénomène d'échange d'ions entre les eaux chlorurées alcalines et de l'argile calc-magnésiennes selon la réaction :



	En g/l
Carbonate de calcium	0,187
Carbonate de magnésium	0,156
Sulfate de magnésium	0,815
Sulfate de sodium	0,950
Chlorure de sodium	14,324

TAB. 4.1 – Concentrations des sels dissous dans un litre d'eau de la nappe

Les terrains quaternaires argileux semblent, en effet responsables de salure constatée dans la plupart des puits de la zone

Mais la forte concentration du chlorure de sodium (NaCl) remarquer dans le tableau précédent ne peuvent être expliqués que par le phénomène de l'intrusion marine donc, nous pouvons dire que les eaux de la nappe phréatique de cette zone est certainement en contact avec les eaux de la mer. Donc la nappe peut être affectée par des polluants provenant par voie maritime.

4.3.3 Nature de la pollution

- La nappe est contaminée par l'essence sans plomb donc la pollution est organique.
- la nappe est contaminée par un seul produit on dit que la pollution est mono-produit.
- Selon la dispersion des polluants la pollution est de type diffuse d'origine chronique (les polluants sont répandus dans le milieu par petites quantités mais de façon régulière).

4.4 Impacts de la pollution

Elle consiste à estimer l'ampleur de cette pollution sur la santé des populations résidentes dans le voisinage du site et sur l'environnement et l'écosystème.

Impact sur la santé publique

Il s'agit d'évaluer le risque pour la population de recevoir une certaine dose de polluant ou être en contact avec lui, à partir d'une pollution du milieu. Dans notre cas nous allons analyser les nuisances que peut subir la pollution de la nappe sur toutes les populations qui peuvent être touchées par cette pollution.

– **Résidents au voisinage du site**

l'eau de la nappe située à Hussein Dey n'est pas destinée à la consommation humaine, donc la contamination de la nappe ne provoque aucun risque direct sur les habitants.

Mais les hydrocarbures miscibles dans l'eau, peuvent atteindre d'autres nappes de l'aquifère de Mitidja et provoquent une contamination des eaux souterraines qui sont utilisés pour la consommation humaine et par conséquent un risque direct sur la santé des habitants.

– **Personnel exerçant sur le site**

Les gens travaillant dans la centrale du béton sont exposés au risque d'incendie qui peut être provoqué par le produit polluant inflammable (essence).

Les dangers d'explosion doit être pris en compte, lorsque des travaux de dépollutions sont en exécution et en particulier sur le forage (**F1**) où les travaux de dépollution par pompage sont continuent, et sur le futur site de dépollution.

Des chutes de pluie peuvent provoquer la montée du niveau de la nappe et par conséquent la remontée de la couche d'hydrocarbures vers le sol qui engendrent un risque d'explosion.

Les personnes manipulant ces eaux auront un contacte direct avec le produit polluant, ce qui implique un risque dermique éventuel ou un cancer à long terme.

Cette fraction légère du pétrole brut est un irritant pour la peau et les yeux. Elle dissout les graisses protectrices.

Elle peut produire des vertiges et des maux de tête, de la somnolence, voire des nausées.

L'ingestion de ces hydrocarbures provoque toux et maux de gorge, des diarrhées. La seule espèce moléculaire présentant un danger réel d'intoxication est le benzène qui, inhalé sur un laps de temps assez long et en concentrations élevées, conduit à un risque reconnu de carcinogenèse (leucémie).

La présence éventuelle d'hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les sols et les puits n'est pas une menace relevant dans le cas présent.

Impact sur l'écosystème

L'altération du milieu naturel sera considérée comme polluante à partir du moment où elle devient susceptible de nuire aux ressource écologiques (faune et flore) et à la santé humaine.

Dans le cas où la pollution est urbaine, le phénomène de l'intrusion marine cause des échanges entre la mer et la nappe d'eau souterraine. Ainsi les hydrocarbures peuvent se disperser dans la mer et provoquer des perturbations de l'écosystème marin et engendrer la disparition de plusieurs espèces marins. Risques pour les végétaux et les sols.

Un déversement d'hydrocarbures sur un sol, ou sa pénétration, a un effet immédiat de nature à tuer la vie microbienne et la microfaune. Les plantes et la végétation

meurent aussitôt car les systèmes racinaires microbiens sont détruits. Les sols contaminés mettront beaucoup de temps, parfois plusieurs années, à reconstituer les systèmes bactériens permettant aux végétaux de se développer dans la diversité des espèces.

Le risque, pour l'homme, d'ingérer des légumes contaminés par les hydrocarbures est négligeable dans notre cas.

4.5 Faisabilité d'une dépollution

Dès l'évaluation de la contamination que c'est avéré importante comme mentionné ci-dessus, il devient nécessaire d'examiner la faisabilité d'une dépollution du site.

Il s'agit de procéder à l'arrêt de la fuite dès sa localisation. En même temps de procéder à des opérations de récupération des eaux contaminées dans les puits et les forages, à travers le pompage des eaux contaminées par les moyens de NAFTAL.

- Il faut inspecter les bacs, le pipe afin d'éliminer toute les sources éventuelles de la pollution.
- Utiliser des techniques de dépollution.
- Contrôler périodiquement les puits pour s'assurer de l'absence ou la présence de produit polluant avec la mise en place et l'utilisation d'un réseau de forage permettant d'évaluer la qualité de l'eau souterraine à l'endroit ou à proximité du site. Le suivi de la qualité de la nappe sera basé sur des prélèvements effectués régulièrement dans les différents puits, ces prélèvements devront être analysés par un laboratoire spécialisé en analyse de l'eau.
- Un pompage suffisant pour assuré le renouvellement de l'eau de la nappe Dans le cas de persistance de ces produits on revient à la phase d'inspection afin d'identifier les sources de la contamination, en utilisant des techniques plus efficace.

4.5.1 Techniques de dépollution

Lorsque le diagnostic est établi et le risque évalué, il faut envisager une procédure de décontamination, pour cela nous avons essayé de proposer des méthodes et des techniques pour la dépollution du site.

Pour les eaux souterraines il existe trois modes de fonctionnement des opérations de dépollution Ces modes sont les suivants :

- **Application du traitement hors site**
- **Application du traitement sur le site**
- **Application du traitement in situ**

Dans chacun de ces modes on va étudier les points forts et, les inconvénients et les limitations ainsi que leur efficacité pour la décontamination de la nappe phréatique du site " les sablottes ".

A. Le traitement hors site

Il s'agit dans ce cas d'enlever, par pompage, les eaux polluées de la nappe et de les transporter hors du site jusqu'à un centre spécialisé dans la technique choisie ou elles seront traitées.

On note que ce mode de traitement est le seul qui est appliqué dans le site " les sablottes " par l'entreprise NAFTEC. En effet l'entreprise NAFTEC procède à trois pompages par jour.

Avantage

- Ce mode de dépollution offre l'avantage de d'évacuer la totalité de ce qui est à traiter
- De ne pas devoir faire l'opération sur place (par exemple sur un site en activité comme le centre carburant NAFTAL ou encore le centrale de béton d'unité COSIDER)
- Ce mode de traitement est le plus facile à mettre en œuvre

Inconvénients

- Ce mode de dépollution exige une opération de transport sur des distances pouvant être longues entre le centre de traitement et le site qui peut provoquer un danger surtout pour le transport des hydrocarbures.
- Le traitement " hors site " augmente le risque de dispersion de la pollution lors de l'enlèvement et lors du transport.
- Le traitement " hors site " est plus coûteux par rapport aux autres modes de traitement

B. Le traitement in situ

Le traitement in situ offre la particularité de travailler directement dans le site pollué, sans procéder au préalable à l'enlèvement des parties contaminées. Ce mode de dépollution est appliqué en place, en installant sur le site le système de dépollution.

Ce système de dépollution comporte deux entités : la première, mobile et installée sur le site représente la machinerie de surface, réutilisable d'un site sur l'autre ; la seconde représente le dispositif installé au sein même du milieu à traiter (ce sont les forages d'injection et les forages).

Avantage

- Ce mode de dépollution supprime toutes les opérations de pompage de l'eau, il est très utile dans notre cas (le site " les sablottes " ou les eaux de la nappe est en contact directe avec les eaux de la mer et le pompage de l'eau de la nappe n'est pas recommandé.
- Il supprime ainsi le transport de la matière contaminée.
- Le traitement in situ offre la particularité de pouvoir traiter en même temps le sol et la nappe phréatique, la terre et l'eau souterraine, ce qui est indéniablement un avantage important.
- Il est facile à mettre en place.

Inconvénient

- Il présente une difficulté au niveau du contrôle et de suivi de l'avancement de l'opération.
- Nombreux paramètres peuvent interférer qui seront complexes à décrypter, à mesurer et à contrôler.
- Le rayon d'action de traitement effectué est généralement difficile à estimer

C. Le traitement sur site

Le principe consiste à enlever de la nappe les eaux polluées (pompage de l'eau) comme le mode " hors site " mais le traiter sur place avec une installation de décontamination mobile, qui pourra être transportée et réutilisée ailleurs.

Avantages

- Ce mode de traitement n'est pas réalisé dans le milieu lui-même, mais dans une installation amenée sur le site.
- Par rapport au système " hors site ", on économise le cout de transport et on supprime le risque de polluer en dehors du site.
- On évite aussi les nuisances liés à tout transport, tels que bruit, poussières, encombrement routier

Conclusion

Le pompage de l'eau nécessite de très longues périodes d'intervention, parfois étalé sur plusieurs années et le fait de pomper l'eau de la nappe pour la traiter ne supprime pas la source de pollution présente dans la nappe phréatique. Ainsi, le produit polluant présent dans la nappe continuera à disperser et à alimenter l'eau souterraine au fur et à mesure qu'elle est pompée.

Donc il faut Procéder à des techniques plus efficaces et plus rapides de dépollution de la nappe

PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENT ET DE GESTION DE LA NAPPE "LES SABLETTES"

Dans ce chapitre nous allons utiliser la méthode d'**analyse de durabilité**. C'est une méthode Analytique, explicative au mieux, de la logique de fonctionnement d'une réalité plus ou moins complexe en utilisant des indicateurs pertinents qui permettent d'expliquer, de décrire et d'évaluer le niveau de durabilité de la nappe " Les Sablettes ".

L'évaluation de la durabilité, se fait à travers un schéma dit **AMOEBBA** (l'acronyme signifie en néerlandais "**méthode générale de description et d'évaluation d'éco-système** ").

Cette représentation a été développée au départ par *Ten Brink (Ten Brink et al. 1991)*. D'après la détermination de la bande d'équilibre on portera toutes les valeurs des indicateurs clés par rapport à cette bande et les positionner sur l'AMOEBBA qui est un diagramme radar qui nous permet rapidement et d'une manière visuelle à voir l'écart ou les écarts de chaque indicateurs clés par rapport à la bande d'équilibre et par conséquent les interventions et les modifications à prévoir pour une partie du système défectueuse.

Présentation de la méthode

En résumé la démarche générale peut s'établir selon quatre phases :

- **Phase N° 1** : réfléchir sur le système (la nappe "Les Sablettes "). Relier et étudier les indicateurs de durabilité pour comprendre le système étudié.

- **Phase N° 2** : évaluation de la durabilité du système (la nappe "Les sablettes ") par le schéma AMOEBBA qui est un diagramme radar qui nous informe sur le niveau de durabilité globale du système.

Ceci est possible par la définition de la bande d'équilibre par indicateur-clé.

On distingue trois échelles de valeurs pour déterminer cette bande d'équilibre :

- a) Non durable par déficit.
- b) Durable.

c) Non durable par excès.

Il s'agit ensuite de positionner ces indicateurs clés sur un cercle pour voir l'écart de chaque indicateur par rapport à la bande d'équilibre.

- **Phase N° 3** : modéliser et explorer par la méthode des scénarios le devenir de la nappe phréatique étudié.

- Projection des indicateurs vers le futur par l'extension de l'AMOEBEA à divers horizons temporels (2013, 2020, 2030.).
- Conserver les tendances (scénarios tendanciels).
- Infléchir les tendances si besoin est (scénarios alternatifs).

- **Phase N°4** : suggérer et agir en établissant un plan d'action pour la protection et la gestion de la nappe "Les sablettes ".

- Il s'agit de confirmer la position de l'AMOEBEA par rapport à la bande d'équilibre.
- Mise en œuvre des scénarios souhaitables.

Notion d'indicateurs

Les indicateurs sont des composantes d'un système donné, en interaction entre elles. Elles renseignent sur l'état de l'environnement (composantes sociales, économiques, écologiques,...) et les pressions qui pèsent sur lui (dégradation et impacts). Dans un système donné.

Les indicateurs constituent un moyen d'agrèger et de synthétiser l'information quantitative, ils sont surtout un moyen privilégié de communiquer et " d'objectiver " les constats et les politiques. (*Plan bleu*).

5.1 Identification des indicateurs en rapport avec la gestion de l'exploitation durable de la nappe phréatique "Les Sablettes "

Les indicateurs en rapport avec la gestion de l'exploitation durable de la nappe phréatique "Les sablettes " sont représentés dans le tableau suivant :

N°	Indicateurs
1	HCT (dosage) (qualité de l'eau)
2	HAP (dosage) (qualité de l'eau)
3	Volume d'infiltration
4	Pompage de l'eau
5	Salinité de l'eau
6	Coûts d'entretien
7	Coûts de suivi et de contrôle
8	Pollution portuaire
9	Pollution côtière
10	Pollution urbaine (station service)
11	Traitement des eaux industrielles (domestiques)
12	Traitement des eaux urbaines
13	Règlementations (nombre de textes)
14	Administration du site
15	Occupation du site
16	Niveau piézométrique
17	Activité industrielle
18	Application des lois

TAB. 5.1 – Les indicateurs en rapport avec la gestion de l'exploitation durable de la nappe phréatique "Les Sablettes "

Ces indicateurs constituent les éléments avec lesquels on peut évaluer la situation actuelle de la nappe et les pressions qui pèsent sur elle (dégradation et impacts).

5.1.1 Choix des indicateurs clés

Les indicateurs peuvent être très nombreux, c'est pourquoi, plusieurs indicateurs de mêmes caractéristiques sont regroupés en un "indicateur clé". Les Indicateurs clés permettent de traiter le système en sa totalité et avec plus efficacité.

Ces indicateurs doivent être choisis selon les critères suivants :

- **Pertinence**
- **Fiabilité**
- **Calculabilité.**

Nous avons choisi parmi la liste des indicateurs pertinents 9 indicateurs clés représentés dans le tableau ci dessous.

N°	Indicateur clés
1	HCT (dosage) (qualité de l'eau)
2	Pompage de l'eau
3	Salinité de l'eau
4	Coûts d'entretien (système de détection des fuites)
5	Traitement des eaux urbaines
6	Occupation du site
7	Niveau piézométrique
8	Règlementations (nombre de textes)
9	Application des lois

TAB. 5.2 – Les indicateurs clés

5.1.2 La bande d'équilibre

Après l'identification des indicateurs clés, il s'agit maintenant de déterminer une bande d'équilibre par rapport à laquelle ces derniers seront positionnés afin qu'on puisse évaluer la durabilité du système.

Elle consiste à estimer les valeurs minimum et maximum que chaque indicateur peut atteindre puis on établit une bande d'équilibre qui encadre cette valeur, c'est à dire l'intervalle de durabilité compris entre la valeur durable supérieure et la valeur durable inférieure de l'indicateur (*Fig.5.1*), et pour chaque indicateur, on détermine les valeurs de 4 points :

- A. Non durable par déficit
- B. Limite inférieure de durabilité
- C. Limite supérieure de durabilité
- D. Non durable par excès.

On considère que l'indicateur est à un niveau durable lorsqu'il se trouve à l'intérieur de la bande d'équilibre.



FIG. 5.1 – La bande d'équilibre

5.1.3 Limite des indicateurs clés

La définition de la bande d'équilibre, se traduit par la détermination d'un maximum et d'un minimum pour chaque indicateur clé. On positionne ensuite les valeurs de chaque indicateur clé dans un schéma AMOEBA.

Indicateur 1 : Concentration des HCT

Selon les normes autorisées par l'OMS

- Min : 0 μ g/L d'eau
- Max : 10 μ g/L d'eau

Indicateur 2 : Pompage de l'eau

Selon des mesures prises par NAFTEC, le volume d'eau pompé par jour ne doit pas dépasser 100 litre par jour.

- Min : 40L/jour, c'est la quantité permettant de dépolluer les puits contaminés.
- Max : 100L/jour, pour récupérer les eaux contaminés sans provoquer un appauvrissement de la nappe.

Indicateur 3 : Salinité de l'eau

Selon les normes autorisées par l'OMS

- Min : 0 mg/L
- Max : 500 mg/l, une eau est douce au dessous de 500mg/L

Indicateur 4 : Coûts d'entretien (système de détection des fuites)

Ces valeurs ont été estimées approximativement, par rapport au budget dépensé jusqu'à maintenant.

- Min : 5 M DA /an
- Max : 10 M DA /an

Indicateur 5 : Traitement des eaux urbaines

- Min : 80%
- Max : 100%

Indicateur 6 : Occupation du site

- Min. : 10 %, en tenant compte du besoin qu'éprouve une certaine catégorie de la société et de l'industrie à se retrouver à proximité du site "Les sablettes" et au bord de la mer.
- Max. : 20 %, au maximum, car beaucoup d'aménagements peuvent provoquer une contamination de l'eau de la nappe.

Indicateur 7 : Niveau piézométrique

- Min : 0, c'est la valeur ou les eaux de la nappe seront en équilibre hydrostatique avec les eaux de la mer
- Max : /

Indicateur 8 : Règlementations (nombre de textes)

- Min : /
- Max : /

Indicateur 9 : Application des lois

Pour cet indicateur nous avons attribué les valeurs suivantes :

- Min : /
- Max : 100% appliquées(dans ce cas la totalité des lois est appliqué)

5.1.4 Fiches techniques

Ce sont des fiches explicatives réalisées pour chacun des indicateurs, dans le but de faciliter leur compréhension, car elles renseignent sur :

- Le contexte général de chaque indicateur clé (type, définition, unité de mesure) ;
- La méthode de mesure à partir des données collectées dans différents secteurs.

Voici le type de fiche technique à présenter pour une étude de durabilité

<p>Libelle Titre de l'indicateur renseignant sur la thématique.</p> <p>Type Selon qu'il appartient à l'un des a volets de références : environnemental, sociale, économique et institutionnel</p> <p>Intitulé et signification Définition de l'indicateur d'une manière explicite à fin de prendre connaissance de sa signification.</p> <p>Unité de mesure Selon qu'il se mesure en : pourcentage, volume, etc.</p> <p>Méthodologie et hypothèse de calcul Il s'agit d'expliquer toutes les méthodes et les paramètres pris en compte (éventuellement l'échelle temporelle) et toutes les hypothèses retenues pour le calcul.</p> <p>Source de données Critères ou bases sur lesquelles on se fonde pour évaluer l'indicateur.</p>

5.1.5 Fiche technique par indicateur clé

1-les hydrocarbures totaux (HCT)

Type
Environnemental

Intitulé et signification
Les hydrocarbures totaux sont des composés chimiques formes uniquement de carbone et d'hydrogène. (Lefebvre,1983)[15].

Unité de mesure
En $\mu\text{g/l}$ (microgramme par litre)

Méthodologie et hypothèse de calcul
En chimie organique on utilise souvent la spectrophotométrie à rayonnement infrarouge (S.I.R), pour analyser les hydrocarbures totaux.

Pour cet indicateur nous n'avons pas effectué des analyses à cause de manque de matériel.

Source de données

Rapport d'analyse chimique des eaux prélevées des différents sondages, effectué par le Laboratoire National de l'Habitat et de Construction (LNHC) 2007/2008 (Voir Annexe N°4).

2-Pompage de l'eau

Type

Environnementale

Intitulé et signification

C'est le volume d'eau puisé à partir de la nappe "Les Sablottes" et qui sert à récupérer les eaux contaminées de cette nappe.

Unité de mesure

En L/j (Litre/jour)

Méthodologie et hypothèse de calcul

C'est des méthodes qui relèvent proprement des institutions et des organismes de l'état tel que : les services de l'hydraulique, ministère des ressource en eau, ANRH.

Dans notre cas NAFTEC, a mis en place une citerne d'une capacité de 27m³ pour la récupération quotidienne de 40L/j.

Source de données

MATET (Ministère de l'aménagement du territoire de l'environnement et de tourisme).

3- salinité de l'eau

Type

Environnemental

Intitulé et signification

La salinité désigne la quantité de sels dissous dans les eaux de la nappe.

Unité de mesure

En gramme par litre (g/l)

Source de données

Rapport d'analyse chimique des eaux prélevées des différents sondages, effectué par Laboratoire National de l'Habitat et de Construction (LNHC) 2007/2008.

4- Coûts d'entretien (système de détection des fuites)

Type

Institutionnel

Intitulé et signification

Le coût total fournis pour la mis en place d'un système de détection des fuites.

Unité de mesure

En DA/an.

Méthodologie et hypothèse de calcul

Selon Monsieur GUALETI directeur de la direction technique et de maintenance (DTM) branche carburant Dar El Baida (aéroport). Le montant total est de 3 Million. DA.

Source de données

DTM : La direction technique et de maintenance (branche carburant Dar El Baida (aéroport)).

5- Traitement des eaux urbaines

Type

Institutionnel

Intitulé et signification

Les eaux usées urbaines Contiennent de nombreux éléments polluants, provenant de la population (eaux ménagères, - eaux "vannes", etc.) et des activités commerciales et industrielles. Elles sont acheminées vers une station d'épuration où elles subissent plusieurs phases de traitement.

Le but de ces différents traitements est de diminuer suffisamment la quantité de substances polluantes contenues dans les eaux usées pour que l'eau finalement rejetée dans le milieu naturel ne dégrade pas ce dernier.

Unité de mesure

En pourcentage (%)

Méthodologie et hypothèse de calcul

On a utilisé les données publiées sur Internet concernant le traitement des eaux usées dans la baie d'Alger. (Plan bleu).

Source de données

Programme d'Aménagement Côtier (PAC) "Zone côtière algéroise"

Gestion intégrée des ressources en eau et assainissement liquide -Tendances et alternatives- (Plan bleu).

6-Occupation du site

Type

Sociale

Intitulé et signification

C'est l'ensemble des bâtis répartis notamment dans notre zone d'étude (commune d'Hussein Dey), licites ou illicites, personnels ou étatiques, qui peuvent avoir un intérêt économique (NAFTAL carburant), ou qui peuvent dégrader le milieu littoral (les constructions sur la bande littorale qui est de long de 3 km et de large 50 m).

Unité de mesure

Pourcentage (%)

Source de données

Ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme.

7-Niveau piézométrique

Type

Institutionnel

Intitulé et signification

Le niveau piézométrique est l'altitude ou la profondeur (par rapport à la surface du sol) de l'interface entre la zone saturée et la zone non saturée dans une formation aquifère.

Unité de mesure

En mètre.

8 - Règlements (nombre de textes)

Type

Institutionnel

Intitulé et signification

Différentes lois et décrets selon le besoin en matière d'environnement ont été élaborés dans notre pays. Le but est de fixer les dispositions particulières relatives à la protection et à la valorisation du littoral, et de définir les règles de protection de l'environnement dans le cadre du développement durable et institue les prescriptions de protection :

Source de données

APPL (Agence de la Promotion et de la Protection du Littoral)

Méthodologie et hypothèse de calcul

Le niveau piézométrique est le niveau auquel peut monter l'eau d'une nappe dans le tube lorsqu'on réalise un forage. Certains forages non exploités servent à mesurer ce

niveau, ce sont des piézomètres.

Source de données

Consultation de dossier 112/07 " investigation géotechnique " (LNHC)

9-Application des lois

Type

Institutionnel

Méthodologie et hypothèse de calcul

Le nombre des textes appliqués par rapport au nombre total des textes

5.2 Evaluation de la situation actuelle (AMOEBA 2006-2007)

L'évaluation de durabilité se fait à l'aide d'un diagramme dit AMOEBA, qui informe sur le niveau de durabilité globale de la nappe.

Sachant que l'échelle de durabilité est la suivante :

1	Très non durable par déficit
2	Non durable par déficit
3	Durable, limite intérieure
4	Durable
5	Durable, limite supérieure
6	Non durable par excès
7	Très non durable par excès

Le tableau suivant est une indication préliminaire de l'état de durabilité du site "Les Sablettes", il résume les 9 indicateurs cités précédemment, avec leurs limites (maximum et minimum), la valeur réelle de chaque indicateur ainsi que sa valeur sur l'échelle de durabilité.

Indicateurs N°	Valeurs minimales	Valeurs maximales	Valeurs actuelles	Valeurs sur l'échelle de durabilité
1	0µg /L	10µg /L	1,82×10 ⁶ µg /l	7
2	40L/jour	100L/jour	40 L/j	2
3	250mg/l	500mg/l	16 g/l	7
4	5MD/an	10MD /an	3MD /an	2
5	80%	100%	17%	1
6	10%	20%	43%	6
7	0m	/	4	3
8	/	/	/	4
9	/	100%	30%	1

On utilise un graphe de type AMOEBA (fig.5.2), établi sous format Radar Excel 2007, pour représenter simultanément tous les indicateurs, ce qui permet de comparer leur positionnement par rapport à la bande d'équilibre et de donner une image de la durabilité d'ensemble du système. Dans une vision idéale de durabilité, tous les indicateurs doivent se trouver à l'intérieur de la bande d'équilibre. Tout dépassement, en déficit ou en excès, montre une occurrence non durable de la valeur des indicateurs correspondants. L'AMOEBEBA 2013 (fig.5.2) est un polygone très irrégulier, la nappe

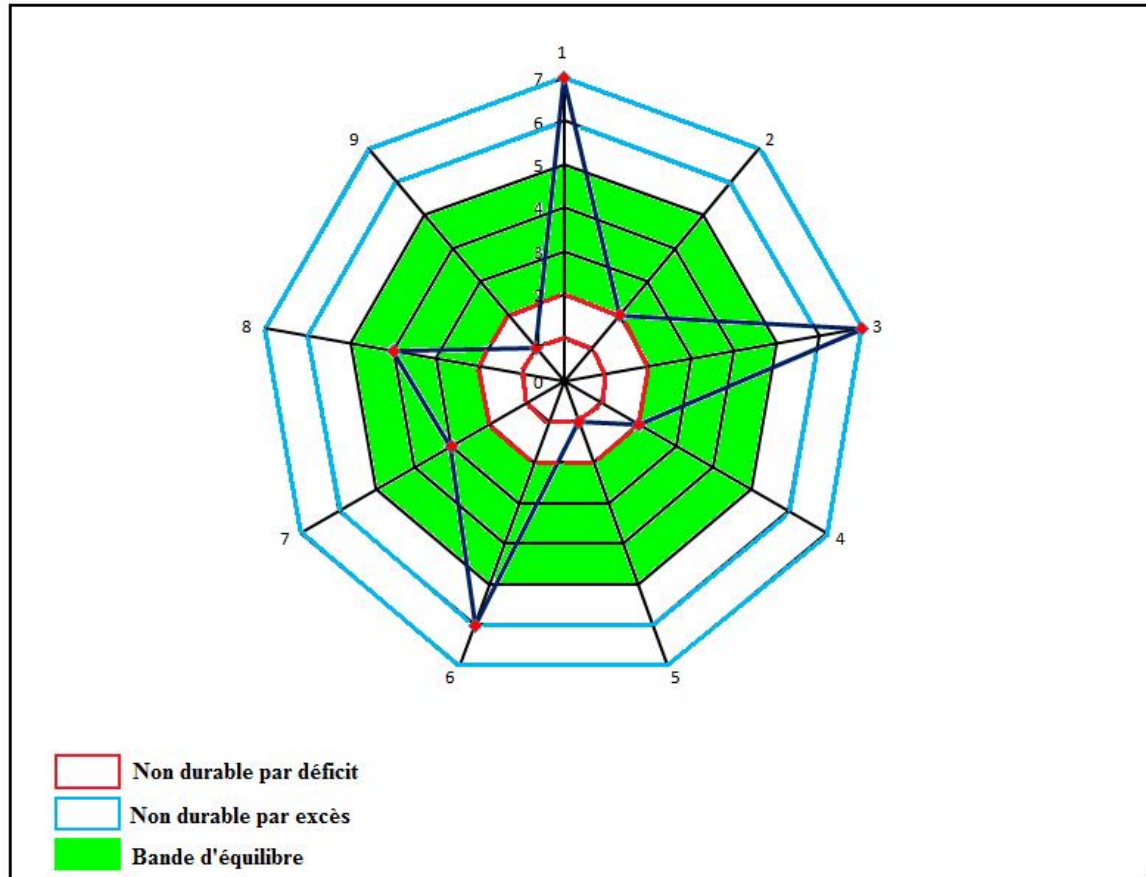


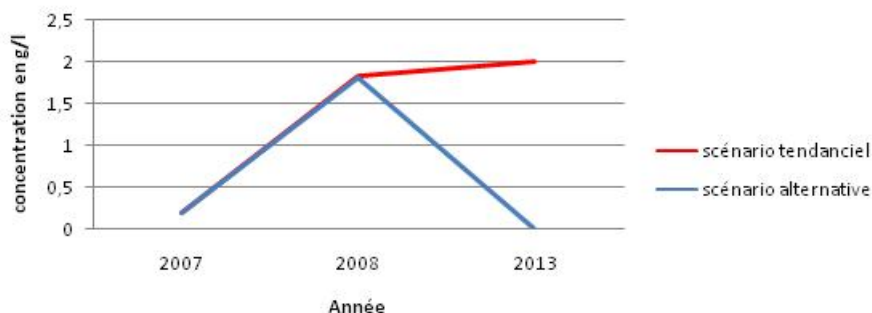
FIG. 5.2 – AMOEBA 2008 : durabilité de la nappe d'eau souterraine " Les Sablettes "

d'eau du site "Les Sablettes" est placée non durable par excès pour environ 30 % des indicateurs numérotés 1, 3, 6. Les indicateurs 4, 5 et 9 sont classés non durables par déficit, ils représentent 30 %. Seulement 25 % des indicateurs sont restés dans la bande d'équilibre, ce sont les indicateurs numéros 7 et 8.

5.3 Scénarios

1. Concentration des Hydrocarbure totaux

Scénario tendanciel	Scénario alternatif
<p>En 2007 : la concentration des HCT était $[HCT] = 0,2 \text{ g/l}$</p> <p>En 2008 : $[HCT] = 1,82 \text{ g/l}$</p> <p>Augmentation de la concentration des hydrocarbures de l'eau de la nappe si la source de la pollution ne sera pas détecté.</p> <p>Dans ce cas la valeur de la concentration des hydrocarbures peut dépasser 2 g/l à l'horizon 2013.</p>	<p>A cause de la toxicité élevée des hydrocarbures, on supposant qu'il faut ramener la concentration des HCT jusqu'à $10 \mu\text{g/L}$ d'eau à l'horizon 2013.</p> <p>Pour atteindre cette valeur, il faut renforcer les travaux de dépollution de la nappe.</p> <p>Identifie les sources de la pollution</p> <p>Procéder à un examen capital des bacs de stockage incriminé.</p> <p>Effectuer des testes hydrostatiques dans le réseau de canalisation (pipeline).</p> <p>Déterminer l'étendue des fuites et leurs origines dans les meilleurs délais pour diminuer la concentration des HCT et par la suite décontamination totale de la nappe</p>



Action à entreprendre

- L'élaboration d'un programme de suivi de la qualité des eaux souterraines pour déceler l'occurrence de fuites, prévoyant notamment la mise en place des mesures nécessaires pour contenir cette pollution dans les limites du site.
- En réalisant un suivi analytique semestriel sur le seul paramètre hydrocarbure.
- Etudier l'élimination de la source de pollution encore présente dans la zone et dans la nappe. " En vue d'un traitement radical du problème il est nécessaire d'effectuer une étude de caractérisation de l'ensemble du site abritant les dépôts d'hydrocarbures, les nappes de pipelines et les installations de chargement et déchargement, pouvant être à l'origine de ces fuites.
- De proposer un planning de réalisation des travaux de dépollution.

2. Pompage de l'eau

Scénario tendanciel	Scénario alternatif
<p>En 2008 : 40 L/jour</p> <p>Pour l'instant le pompage de l'eau n'est pas suffisant pour limiter la pollution de la nappe.</p> <p>Si les sources de la pollution ne seront pas identifiées, Le volume d'eau pompé augmente ce qui entraînera un abaissement du niveau piézométrique de la nappe d'eaux " Les Sablettes ".</p>	<p>On préfère qu'il n'y'aura pas de pompage de l'eau de la nappe. Puisque il risque de provoquer un appauvrissement en volume d'eau ; surtout dans les périodes chaudes où les apports d'eau sont faibles.</p> <p>Dés que la récupération des eaux contaminées dans les puits et forages aura été atteinte il sera prudent d'arrêter le pompage afin de ne pas provoquer un déséquilibre hydrostatique entre la nappe et la mer.</p> <p>Procéder à d'autres techniques de dépollution de la nappe pour diminuer le volume d'eaux pompées.</p> <p>Consolider les bilans entrés/sorties, pour déterminer la quantité maximum des eaux qui peuvent être pompées</p>

Action à entreprendre

- Réduire le pompage d'eau souterraine dans les zones sensibles.
- Le débit de pompage doit être bien étudié.

3. Salinité de l'eau de la nappe

Scénario tendanciel	Scénario alternatif															
<p>en 1952 : la salinité était S=14g/l en 2008 : S=16 g/l</p> <p>actuellement, aucune action n'est mise en place pour diminuer la salinité des eaux de la nappe.</p> <p>La salinité des eaux de la nappe restera dans les environs de 16g/l à l'horizon 2013.</p>	<p>Diminuer la salinité des eaux de la nappe par la recharge artificielle de la nappe avec de l'eau douce.</p> <p>Dans ce cas la salinité peut atteindre des valeurs raisonnables dans les prochaines années.</p>															
<p>Le graphique illustre l'évolution de la salinité en g/l de la nappe d'eaux "Les Sablettes" de 1952 à 2025. L'axe vertical représente la salinité en g/l, allant de 0 à 20. L'axe horizontal représente l'année, avec des points marqués à 1952, 2008, 2013 et 2025. Deux scénarios sont comparés : le scénario tendanciel (ligne rouge) et le scénario alternatif (ligne bleue). Les deux scénarios partent d'une salinité de 14 g/l en 1952 et augmentent à 16 g/l en 2008. À partir de 2008, le scénario tendanciel continue d'augmenter, atteignant environ 18 g/l en 2025. Le scénario alternatif, en revanche, diminue progressivement, passant à environ 7 g/l en 2025.</p> <table border="1"> <caption>Données du graphique de salinité</caption> <thead> <tr> <th>Année</th> <th>Scénario tendanciel (g/l)</th> <th>Scénario alternatif (g/l)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1952</td> <td>14</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>2008</td> <td>16</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>2013</td> <td>16</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>2025</td> <td>18</td> <td>7</td> </tr> </tbody> </table>		Année	Scénario tendanciel (g/l)	Scénario alternatif (g/l)	1952	14	14	2008	16	16	2013	16	12	2025	18	7
Année	Scénario tendanciel (g/l)	Scénario alternatif (g/l)														
1952	14	14														
2008	16	16														
2013	16	12														
2025	18	7														

Action à entreprendre

Pour cet indicateur nous avons proposés les actions suivantes :

- La réalimentation artificielle de la nappe par l'eau douce.
- Arrêter le fonctionnement des forages qui captent l'interface eau douce - eau salée.
- La mise en place d'un réseau de surveillance de la salinité de la nappe d'eaux "Les Sablettes" est nécessaire.
- Le pompage des eaux salées de la nappe d'eaux "Les Sablettes".

4. Cout d'entretien

Scénario tendanciel	Scénario alternatif
<p>En 2008 : L'entreprise NAFTAL a consacré un budget de 3millions de dinars algérien pour la détection des fuites d'hydrocarbures.</p> <p>Ce budget est insuffisant pour la mise en place d'un système de détection des fuites.</p> <p>Pour le scénario tendanciel on suppose que le budget consacré à la détection des fuites sera aux alentours de 5 M/DA.</p>	<p>Ajouter un budget pour le nettoyage des bacs.</p> <p>Consacrer un budget pour la mise en place d'un système de détection des fuites d'hydrocarbures.</p>

Action à entreprendre

Finance les actions de dépollution.

5. Traitement des eaux urbaines

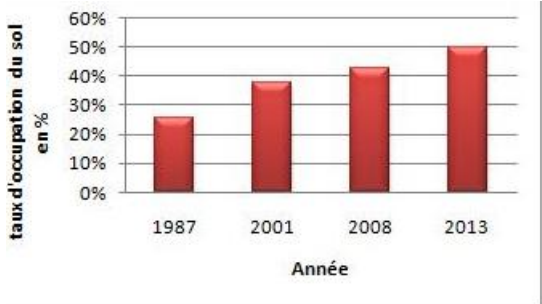
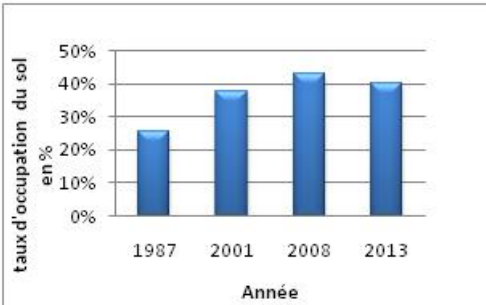
Scénario tendanciel	Scénario alternatif																				
<p>En 1998 : le traitement des eaux usées était 17%</p> <p>Actuellement le traitement des eaux usées est de 17%.</p> <p>Dans le scénario tendanciel. La réutilisation des eaux épurées est quasi nulle et ne devrait pas évoluer positivement d'ici 2013, donc on suppose une valeur approximative de 14%</p>	<p>Dans le scénario alternatif, il est aussi admis que les stations d'épuration existantes ou à réaliser seraient fonctionnelles et auraient un rendement épuratoire acceptable (50% au minimum)</p>																				
<table border="1"> <caption>Données du graphique tendanciel</caption> <thead> <tr> <th>Année</th> <th>Traitement des eaux en %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1998</td> <td>17%</td> </tr> <tr> <td>2005</td> <td>17%</td> </tr> <tr> <td>2013</td> <td>14%</td> </tr> <tr> <td>2025</td> <td>12%</td> </tr> </tbody> </table>	Année	Traitement des eaux en %	1998	17%	2005	17%	2013	14%	2025	12%	<table border="1"> <caption>Données du graphique alternatif</caption> <thead> <tr> <th>Année</th> <th>Traitement des eaux usées en %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1998</td> <td>17%</td> </tr> <tr> <td>2005</td> <td>17%</td> </tr> <tr> <td>2013</td> <td>50%</td> </tr> <tr> <td>2025</td> <td>80%</td> </tr> </tbody> </table>	Année	Traitement des eaux usées en %	1998	17%	2005	17%	2013	50%	2025	80%
Année	Traitement des eaux en %																				
1998	17%																				
2005	17%																				
2013	14%																				
2025	12%																				
Année	Traitement des eaux usées en %																				
1998	17%																				
2005	17%																				
2013	50%																				
2025	80%																				

Action à entreprendre

- Réhabilitation des systèmes d'épuration existants : stations d'épuration de Réghaïa (capacité théorique de 400 000 équi-hab) et de Baraki (capacité théorique de 900 000 équi-hab).
- Augmentation des capacités des stations d'épuration : Réghaïa (+273.000 Eq.Hab¹), Baraki (+405.000 Eq. Hab.),
- Augmenter la dépense pour améliorer et augmenter les volumes des eaux usées traitées.

¹Equivalent par habitant

6. Occupation du site

Scénario tendanciel	Scénario alternatif																				
<p>En 1987 : Le taux d'occupation anthropique était 25,6 %</p> <p>En 2001 : Le taux d'occupation anthropique était 37,7 %</p> <p>Actuelles : Le taux actuel est de 43 % en moyenne.</p> <p>La concentration d'activités industrielles dans cette zone et non maîtrise de l'urbanisation ont provoqués la dégradation de la qualité esthétique et paysage.</p> <p>Le taux actuel élevé de 43 % en moyenne atteindra, en 2013, entre 45 et 50 % .Cela pose des problèmes d'équipement, d'environnement côtier, et la dégradation de la qualité des eaux de la nappe.</p>	<p>Une délocalisation des activités industrielles vers des régions non côtières entraînerait une moindre réduction de l'espace littoral, utilisable pour des actions futures.</p>																				
 <table border="1"> <caption>Taux d'occupation du sol (Scénario tendanciel)</caption> <thead> <tr> <th>Année</th> <th>Taux d'occupation du sol (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1987</td> <td>25,6</td> </tr> <tr> <td>2001</td> <td>37,7</td> </tr> <tr> <td>2008</td> <td>43</td> </tr> <tr> <td>2013</td> <td>50</td> </tr> </tbody> </table>	Année	Taux d'occupation du sol (%)	1987	25,6	2001	37,7	2008	43	2013	50	 <table border="1"> <caption>Taux d'occupation du sol (Scénario alternatif)</caption> <thead> <tr> <th>Année</th> <th>Taux d'occupation du sol (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1987</td> <td>25,6</td> </tr> <tr> <td>2001</td> <td>37,7</td> </tr> <tr> <td>2008</td> <td>43</td> </tr> <tr> <td>2013</td> <td>40</td> </tr> </tbody> </table>	Année	Taux d'occupation du sol (%)	1987	25,6	2001	37,7	2008	43	2013	40
Année	Taux d'occupation du sol (%)																				
1987	25,6																				
2001	37,7																				
2008	43																				
2013	50																				
Année	Taux d'occupation du sol (%)																				
1987	25,6																				
2001	37,7																				
2008	43																				
2013	40																				

Action à entreprendre

- Atténuer les pressions socio-économiques sur le site " les sablettes "
- Maîtrise de l'urbanisation, assainissement, protection des sites sensibles naturels terrestres et marins)
- Interdire tout projet d'aménagement pouvant avoir un impact sur les eaux souterraines et les captages d'eau.
- Interdire toutes constructions dans le site sans la permission de l'autorité compétente.

7. Niveau piézométrique

Scénario tendanciel	Scénario alternatif
En 1973 : le niveau Piézométrique était 10m. En 2008 : le niveau Piézométrique est égale à 4m. Avec le même rythme de l'extraction des eaux de la nappe " Les Sablettes " le niveau piézométrique sera au dessous de 0m. Les dépressions des niveaux piézométriques peuvent entraîner un avancement du biseau salé.	Le niveau piézométrique doit maintenir au moins 10m à l'horizon 2013.

Actions à entreprendre

- Constituer des périmètres de protection des captages d'eau.
- Interdire toute exploitation irrationnelle des eaux de la nappe.
- Diminuer l'exploitation de la nappe d'eau "Les sablettes".
- La mise en place d'un réseau de surveillance du piézométrique niveau de la nappe.

8. Réglementation

Scénario tendanciel	Scénario alternatif
Insuffisance des instruments de gestion foncières et urbaine existants (PDAU..., POS...)	La mise en œuvre de toute action et tout programme de dépollution

Actions à entreprendre

- L'élaboration de normes, dispositifs et textes législatifs et réglementaires permettant la lutte contre la pollution des nappes souterraines en milieu urbain ;
- Elaborer, les textes et dispositifs réglementaires de prévention des risques majeurs et d'organisation des interventions en cas de pollution dans des sites sensibles.

9. Application des lois

Scénario tendanciel	Scénario alternatif
Actuellement seulement 30% des lois sont appliquées. Pas d'impact de la "loi littoral" sur les modalités d'occupation des zones côtières.	Application de la loi littorale, ainsi le principe de l'aménagement en profondeur

Actions à entreprendre

- Respecter les règles de protection du littoral par la mise en œuvre d'une politique de suivi et de contrôle de toutes les activités préjudiciables à littoral ;
- La conception et à la mise en place, des plans d'urgence pour prévenir ou lutter contre les pollutions ordinaires ou accidentelles
- L'application des dispositions réglementaires en matière de protection du littoral.
- Application et respect des lois en liaison avec l'environnement littoral.

Indicateurs			Scénario tendanciel		Scénario alternatif	
N°	Valeurs minimales	Valeurs maximales	Valeurs probables pour 2013	Valeurs sur l'échelle de durabilité	Valeurs probables pour 2013	Valeurs sur l'échelle de durabilité
1	0µg/l	10µg/l	1,82g/l	7	0µg/l	4
2	40 L/j		100l/jour	2	0 L/j	4
3	250mg/l	500mg/l	16g/l	7	5g/l	6
4	5M /DA	10M/DA	5M/DA	3	10M/DA	5
5	80%	100%	14%	1	50%	2
6	10%	20%	49%	7	43%	6
7	0m	/	0m	3	10m	4
8	/	/	/	3	/	4
9	50%	100%	30%	2	50%	3

TAB. 5.3 – Valeurs et correspondances en durabilité pour l'horizon 2013

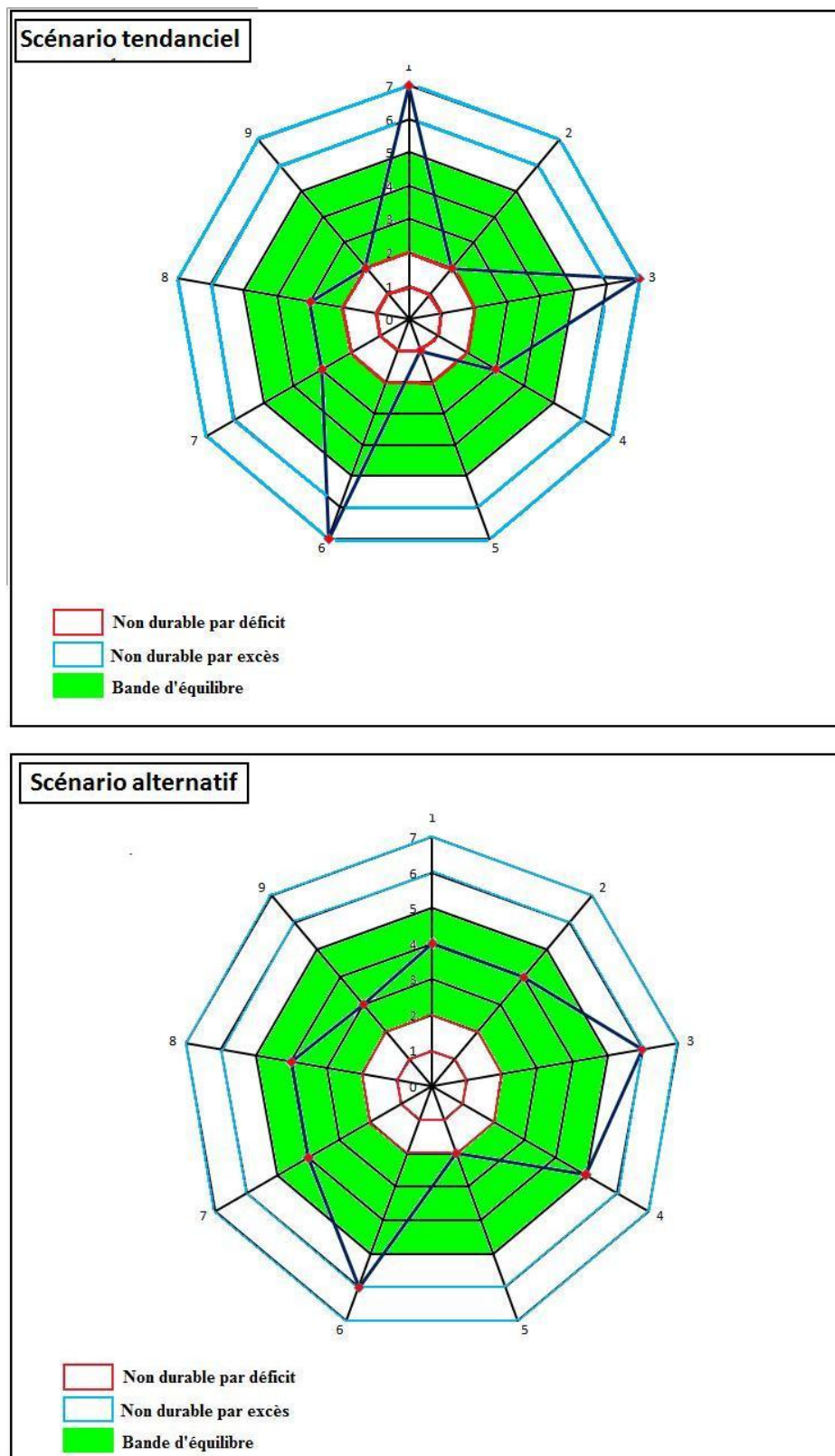


FIG. 5.3 – Projection de l'AMOEBa vers l'horizon 2013

Conclusion

Les schémas AMOEBA correspondant montrent les degrés de durabilité de la nappe d'eau "Les Sablettes" dans le cas du scénario alternatif et dans celui du scénario tendanciel en 2013.

L'AMOEBA du scénario tendanciel n'est pas tellement différente de l'AMOEBA 2008 car 65% de ces indicateurs sont hors de la bande d'équilibre, et on ne peut s'attendre à l'horizon 2013 qu'aux mêmes résultats en tant que les tendances restent telles quelles sont.

Dans le scénario alternatif, les actions entreprises permettent une nette amélioration de la durabilité : sept indicateurs sont ramenés à une valeur durable un seul indicateur (4) est en limite supérieure, deux (2 et 5) en limite inférieure et deux indicateurs (3 et 6) encore en dehors de la bande d'équilibre a tout de même progressé vers plus de durabilité.

Conclusion Générale

L'objectif de notre travail était l'étude de la contamination de la nappe phréatique du site les Sablettes par les hydrocarbures qui a été détecté depuis 2006.

Ainsi on a introduit notre étude par des généralités au sujet des aquifères et des nappes d'eaux souterraines et leurs vulnérabilité à la contamination.

Par la suite on a abordé le cadre réglementaire qui englobe l'ensemble des lois et des directives qui assurent la protection et la conservation des ressources d'eau souterraines.

Ensuite on a touché aux aspects naturel et anthropique de notre site d'étude pour évaluer et analyser d'une manière quantitative et qualitative les eaux de la nappe phréatique, on a aussi étudié la contamination de cette nappe et son impact environnemental.

En fin on a clôturé notre étude par une analyse de la durabilité de la nappe.

Pendant la durée de notre stage nous avons essayés d'étudier la nappe phréatique " Les Sablettes " qui est lie étroitement à d'autre domaine comme l'hydrogéologie et l'hydrologie.

Cependant, des difficultés pour l'identification de la source de la pollution ont été rencontrés, surtout quand il s'agit d'un site comme celui " les Sablettes" où les activités industrielles sont dominantes, ainsi la période du stage est très courte pour ce genre d'étude.

Malgré, le manque des données sur notre zone d'étude et la multitude des paramètres qu'il faut prendre en compte, une analyse de la durabilité du site était élaborée pour estimer son état dans un futur proche.

Pour la protection et la conservation des ressources d'eau souterraines du site " les Sablettes" nous, nous pensons qu'il faut agir à la racine, c'est-à-dire faire l'étude des sites au début, ce qui permettra d'évaluer les risques de pollution et donc de décider des correctifs à apporter.

Ainsi les consignes suivantes sont recommandées :

- Respecter les règles de protection du littoral par la mise en œuvre d'une politique de suivi et de contrôle de toutes les activités préjudiciables à littoral ;
- La conception et à la mise en place, des plans d'urgence pour prévenir ou lutter

-
- contre les pollutions ordinaires ou accidentelles
- L'application des dispositions réglementaires en matière de protection du littoral.

Bibliographie

- [1]. **ATTEIA Olivier.**, 2005 Chimie et pollution des eaux souterraines. Edit *TEC&DOC.*, p. 200 216 324.
- [2]. **AWONO S, COLLART C et DENGIS P.**, 2003. Etude des hydrocarbures aromatiques polycycliques (hap) dans les rejets d'eaux usées des CET. LIEGE
- [3]. **BANTON Olivier et LUMONY M Bangoy.**, 1997. Hydrogéologie (multi sciences environnementales des eaux souterraines). Edit. *Presse de l'université de Québec AUPELF*, p.61-99
- [4]. **BECET J M.**, 1987. L'aménagement du littoral. Edit. *Presses Universitaires de France.*
- [5] **CHABOU Sarah.**, 2003 /2004. Contribution à l'analyse de durabilité du littoral sableux du MAZAFRAN " plage colonel ABBES ". *Mémoire d'ingénieure d'état ISMAL. Alger*
- [6] **CHALAL Farid.**, 2004/2005. Contribution à l'analyse de durabilité d'une zone humide côtière " le cas du lac reghaia " Mémoire d'ingénieure d'état ISMAL. Alger
- [7]. **Chippaux J P [et al.]** Étude de la pollution de l'eau souterraine de la ville de Niamey, Niger. - Niamey : [s.n.],
- [8]. **COULOMBIE Henri.**, 1996. Les règles d'aménagement et de protection du littoral.
- [9]. **Diop E S et Tandia A A.**, 1997 Qualité de l'eau de la nappe phréatique à Yeumbeul, Sénégal [Rapport].
- [10]. Étude de Microzonage Sismique de la Wilaya d'Alger [Rapport]., 2006 / Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA). - Alger, p. 9-12.
- [11]. **HAZBEROUCK Benoit, GAY Guillaume et Jacques BUREAU .**, 2005. Avis sur la détermination systématique d'objectifs de dépollution pour station service autoroutière [Rapport d'étude]. France.
- [12]. **LAOUINA abdellah** .Le littoral marocain, milieux côtier et marin.

-
- [13]. **LARID M.**, 1993. Cours d'aménagement du littoral. *ISMAL - Alger*.
- [14]. **LARID Mohamed et YAKER Farid.**, 2003. Analyse de durabilité dans le cadre du PAC " Zone côtière algéroise" (Algérie) [Rapport]. - Boumerdès : Sophia Antipolis
- [15]. **Lefebvre G.**, 1983. Chimie des hydrocarbures. *Edit. TECHNIP., p. 53-70*.
- [16]. **Musy A et Higy C.**, 1997; Hydrologie une science de la nature de l'environnement. presse polytechnique université romandes. *Vol.1*.
- [17]. **Paul LECOME.**, 1998. Les sites pollués : traitement des eaux souterraines. Edit. *TECDOC, 2e édition, p. 9-39*.
- [18]. **René BEAUDET.**, 1996. Les eaux souterraines. Edit *Québec*
- [19]. **Thais PARIS ANGUELA.**, 2004. Etude du transfert d'eau et de solutés dans un sol a nappe superficielle drainée artificiellement. *Thèse de doctorat, Paris*

Site internet

<http://www.appl.dz>

Site de l'Agence pour la Protection et la Promotion du Littoral Algérois

<http://www.joradp.dz/>

Le site du journal officiel Algérien

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Alger>

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Alger/Hussein Dey \(commune\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Alger/Hussein_Dey_(commune))

<http://itouchmap.com/latlong.html>

<http://www.ec.gc.ca>

<http://www.ene.gov.on.ca/fr>

<http://scholar.google.ca/schola>

Annexe

Annexe 1 : Les données climatiques de la région d'Alger

1- Moyenne mensuelle des températures moyennes (en °C)

	Janv	Fevr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nove	Dece	Annuel
1995	10,9	12,8	12,6	13,6	19,3	22,0	25,1	25,9	22,2	20,4	17,1	14,7	18,1
1996	14,3	11,3	13,3	15,2	17,4	21,0	24,5	25,7	21,6	17,1	15,3	13,6	17,6
1997	13,4	12,0	11,8	15,5	19,7	22,9	23,9	25,7	24,3	21,2	16,3	13,3	18,4
1998	12,0	12,4	12,7	15,4	17,8	21,7	24,8	25,7	24,7	17,9	15,0	11,2	17,6
1999	11,7	10,1	13,9	15,2	20,4	23,3	25,5	27,8	24,6	22,5	14,0	12,1	18,5
2000	9,1	11,6	13,6	16,5	20,3	22,3	25,9	26,6	23,4	18,9	15,9	13,6	18,2
2001	12,2	11,0	16,6	15,0	18,1	23,8	25,4	26,7	23,7	22,5	14,3	10,1	18,3
2002	11,3	11,1	14,1	15,2	18,7	22,9	24,6	25,2	23,1	20,0	16,1	14,0	18,1
2003	10,9	10,4	13,7	15,6	18,4	25,4	27,8	28,5	24,1	20,7	16,3	12,0	18,7
2004	11,5	12,5	13,1	14,9	16,4	22,2	24,8	27,3	24,8	22,3	13,8	12,6	18,0
Moy	11,7	11,5	13,5	15,2	18,7	22,8	25,2	26,5	23,7	20,4	15,4	12,7	18,1

2- Moyenne mensuelle des températures minimales (en °C)

	Janv	Fevr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nove	Dece	Annuel
1995	5.6	6.4	6.4	6.3	12.7	16.8	18.8	19.9	16.2	14.0	10.9	9.6	12.0
1996	9.5	7.0	7.8	9.9	11.4	15.3	18.2	20.2	15.9	11.2	9.5	8.0	12.0
1997	8.5	5.2	4.0	8.9	14.4	16.8	18.8	20.0	18.8	15.5	11.5	8.1	12.6
1998	6.2	6.0	5.8	9.2	12.7	15.4	18.1	19.4	18.8	11.2	9.6	5.3	11.5
1999	6.4	4.8	8.3	7.9	14.2	17.6	18.8	22.4	18.9	16.9	9.2	7.3	12.8
2000	2.1	4.1	6.8	9.9	14.9	16.2	19.6	19.3	17.4	12.9	10.1	7.4	11.7
2001	5.7	4.2	9.2	7.3	11.5	15.5	18.4	20.2	17.6	16.1	9.2	3.7	11.6
2002	4.7	3.5	6.9	8.4	10.9	16.1	18.6	19.5	16.5	13.2	10.5	8.5	11.5
2003	6.3	5.1	7.2	9.6	12.3	18.5	21.6	22.2	18.4	15.7	10.9	6.9	12.9
2004	5.7	6.6	7.9	8.4	11.0	15.5	18.4	20.9	17.9	15.3	7.7	7.6	11.9
Moy	6.1	5.3	7.0	8.6	12.6	16.4	18.9	20.4	17.6	14.2	9.9	7.2	12.1

3- Moyenne mensuelle des temperatures maximales (en °C)

	Janv	Fevr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nove	Dece	Annuel
1995	16.2	19.3	18.7	20.9	26.0	27.2	31.3	31.9	28.2	26.9	23.2	19.7	24.2
1996	19.1	15.6	18.9	20.4	23.3	26.7	30.8	31.1	27.2	23.1	21.2	19.2	23.1
1997	18.2	18.8	19.7	22.1	25.0	29.1	28.9	31.5	29.8	26.9	21.0	18.4	24.2
1998	17.9	18.8	19.7	21.5	23.0	27.9	31.5	32.0	30.5	24.7	20.4	17.1	23.8
1999	16.9	15.4	19.4	22.5	26.6	29.0	32.1	33.3	30.3	28.0	18.8	16.9	24.2
2000	16.2	19.1	20.3	23.0	25.8	28.4	32.2	33.9	29.4	24.9	21.7	19.9	24.6
2001	18.8	17.8	24.1	22.8	24.7	32.1	32.3	33.2	29.7	28.9	19.4	16.5	25.1
2002	17.8	18.6	21.3	22.1	26.6	29.7	30.6	30.8	29.7	26.8	21.6	19.4	24.6
2003	15.5	15.7	20.1	21.6	24.6	32.2	34.0	34.8	29.9	25.7	21.6	17.0	24.5
2004	17.4	18.4	18.4	21.3	21.9	28.9	31.1	33.7	31.7	29.3	19.8	17.5	24.1
Moy	17.4	17.7	20.1	21.8	24.7	29.1	31.5	32.6	29.6	26.5	20.9	18.2	24.2

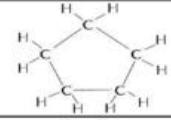

4-Cumuls mensuels des précipitations (en mm)

	Janv	Fevr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nove	Dece	Annuel
1995	171.1	39.9	106.0	28.4	.3	24.3	.2	48.9	17.8	17.3	58.5	40.0	552.7
1996	94.5	222.6	57.1	161.2	35.9	31.6	6.7	4.5	38.7	88.7	27.3	34.3	803.1
1997	38.2	23.6	9.6	94.7	22.3	10.6	9.0	33.4	36.7	45.1	129.6	95.0	547.8
1998	28.4	51.6	36.6	76.1	151.7	1.4	.1	8.2	21.9	49.6	102.9	82.0	610.5
1999	120.3	133.7	86.2	47.4	1.3	1.7	.0	3.6	19.0	21.8	170.3	201.9	807.2
2000	15.6	6.0	19.4	16.9	53.5	.3	1.6	1.0	4.4	47.0	74.0	42.9	282.6
2001	125.4	73.4	/	33.5	14.8	1.2	.1	3.4	45.4	38.9	49.5	56.9	443.3
2002	39.5	14.4	35.0	38.8	14.0	.3	.3	33.7	11.6	42.9	145.3	101.9	477.7
2003	198.9	132.9	21.9	87.0	20.0	.4	.2	27.7	39.3	37.8	57.3	110.0	733.4
2004	89.7	46.5	79.3	56.5	149.0	1.4	1.6	.9	11.9	44.4	116.2	108.9	706.3
Moy	92.2	74.5	45.2	64.1	46.3	7.3	2.0	16.5	24.7	43.3	93.1	87.4	596.5

5-Moyenne mensuelle des vitesses du vent moyen (en m/s)

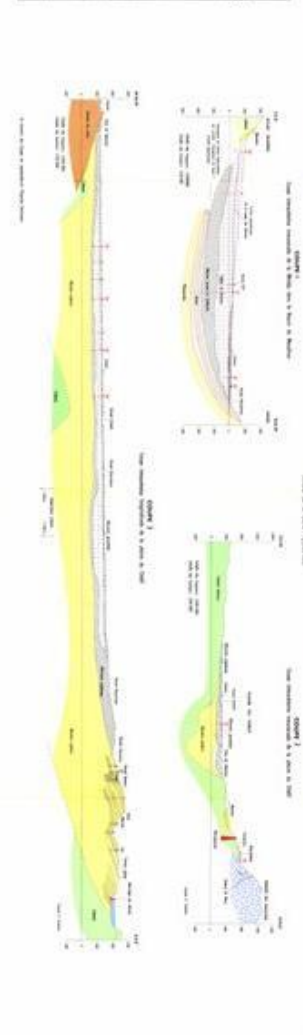
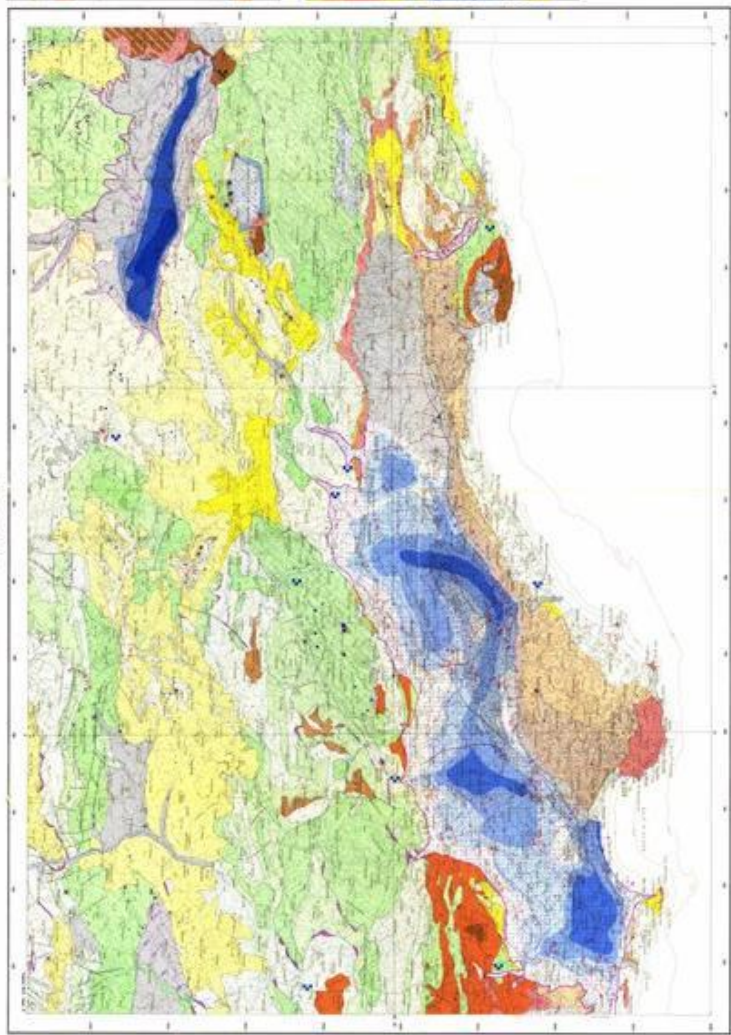
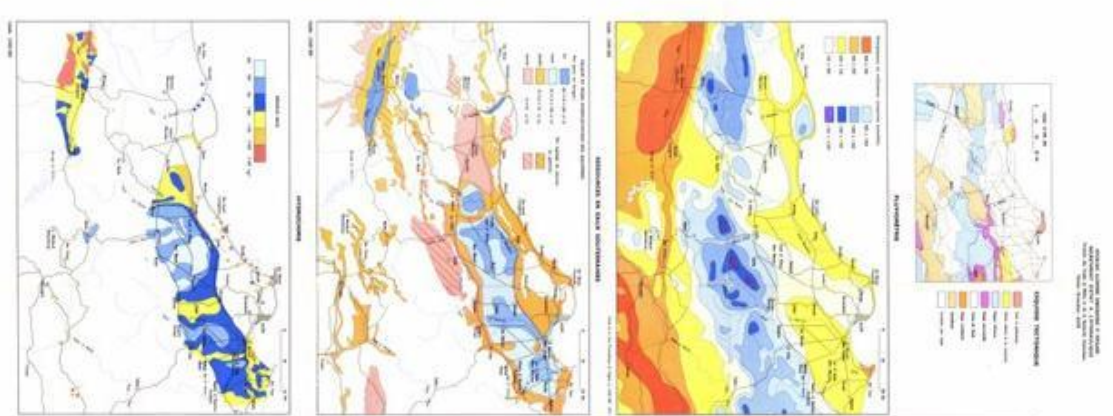
	Janv	Fevr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nove	Dece	Annuel
1995	2.3	1.7	2.2	2.0	2.8	2.8	2.4	2.3	2.3	1.2	2.4	2.9	2.3
1996	2.9	3.6	2.9	2.8	2.4	2.4	2.2	2.0	2.2	1.3	2.3	2.0	2.4
1997	2.6	1.2	1.5	2.1	2.1	2.4	2.7	2.3	2.0	1.8	2.9	2.0	2.1
1998	2.2	1.2	1.4	2.6	2.2	2.1	2.1	2.1	2.5	1.7	1.8	1.3	1.9
1999	2.1	2.2	2.1	1.7	2.8	3.1	2.8	2.2	2.8	2.6	2.4	3.4	2.5
2000	1.2	1.9	2.1	4.2	2.5	3.0	3.2	3.2	2.8	2.9	3.3	3.2	2.8
2001	3.3	2.4	3.1	3.0	3.3	3.6	3.2	2.7	3.0	1.9	2.5	1.4	2.8
2002	1.5	2.0	2.8	2.7	3.1	3.1	3.1	2.4	2.9	2.4	3.0	2.8	2.7
2003	4.0	3.2	2.0	2.7	2.5	2.9	2.6	2.5	2.4	2.0	2.6	3.3	2.7
2004	2.4	2.0	2.3	3.2	3.1	2.4	2.4	2.4	2.0	1.6	1.6	3.2	2.4
Moy	2.5	2.1	2.2	2.7	2.7	2.8	2.7	2.4	2.5	2.0	2.5	2.5	2.5

Annexe 2 : Propriété physique de quelques cyclanes

	Formule globale	Formule développée	Masse molaire	Temp. ébullition (1atm)	Densité	
Cyclopentane	C ₅ H ₁₀		70.1	49.3	0.750	
Méthylcyclopentane	C ₆ H ₁₂		84.2	71.8	0.753	
Ethylcyclopentane	C ₇ H ₁₄		98.2	103.5	0.771	
Cyclohexane	C ₆ H ₁₂		84.2	80.7	0.783	
méthylcyclohexane	C ₇ H ₁₄		98.2	100.9	0.774	
Ethylcyclohexane	C ₈ H ₁₆		112.2	131.8	0.792	
Diméthyl-1.1 cyclohexane	C ₈ H ₁₆		112.2	119.5	0.785	
n-propylcyclohexane	C ₉ H ₁₈		126.2	156.7	0.797	
n-butylcyclohexane	C ₁₀ H ₂₀		140.3	180.9	0.803	
n-décylcyclohexane	C ₂₆ H ₅₂		224.4	297.6	0.822	

Annexe 3 : Carte hydrogéologique de la région d'Alger

خريطة هيدروجيولوجية لمنطقة الجزائر
 CARTE HYDROGÉOLOGIQUE DE LA RÉGION D'ALGER



Unit	Description	Symbol
1	Formation géologique	[Symbol]
2	Formation géologique	[Symbol]
3	Formation géologique	[Symbol]
4	Formation géologique	[Symbol]
5	Formation géologique	[Symbol]
6	Formation géologique	[Symbol]
7	Formation géologique	[Symbol]
8	Formation géologique	[Symbol]
9	Formation géologique	[Symbol]
10	Formation géologique	[Symbol]
11	Formation géologique	[Symbol]
12	Formation géologique	[Symbol]
13	Formation géologique	[Symbol]
14	Formation géologique	[Symbol]
15	Formation géologique	[Symbol]
16	Formation géologique	[Symbol]
17	Formation géologique	[Symbol]
18	Formation géologique	[Symbol]
19	Formation géologique	[Symbol]
20	Formation géologique	[Symbol]
21	Formation géologique	[Symbol]
22	Formation géologique	[Symbol]
23	Formation géologique	[Symbol]
24	Formation géologique	[Symbol]
25	Formation géologique	[Symbol]
26	Formation géologique	[Symbol]
27	Formation géologique	[Symbol]
28	Formation géologique	[Symbol]
29	Formation géologique	[Symbol]
30	Formation géologique	[Symbol]
31	Formation géologique	[Symbol]
32	Formation géologique	[Symbol]
33	Formation géologique	[Symbol]
34	Formation géologique	[Symbol]
35	Formation géologique	[Symbol]
36	Formation géologique	[Symbol]
37	Formation géologique	[Symbol]
38	Formation géologique	[Symbol]
39	Formation géologique	[Symbol]
40	Formation géologique	[Symbol]
41	Formation géologique	[Symbol]
42	Formation géologique	[Symbol]
43	Formation géologique	[Symbol]
44	Formation géologique	[Symbol]
45	Formation géologique	[Symbol]
46	Formation géologique	[Symbol]
47	Formation géologique	[Symbol]
48	Formation géologique	[Symbol]
49	Formation géologique	[Symbol]
50	Formation géologique	[Symbol]
51	Formation géologique	[Symbol]
52	Formation géologique	[Symbol]
53	Formation géologique	[Symbol]
54	Formation géologique	[Symbol]
55	Formation géologique	[Symbol]
56	Formation géologique	[Symbol]
57	Formation géologique	[Symbol]
58	Formation géologique	[Symbol]
59	Formation géologique	[Symbol]
60	Formation géologique	[Symbol]
61	Formation géologique	[Symbol]
62	Formation géologique	[Symbol]
63	Formation géologique	[Symbol]
64	Formation géologique	[Symbol]
65	Formation géologique	[Symbol]
66	Formation géologique	[Symbol]
67	Formation géologique	[Symbol]
68	Formation géologique	[Symbol]
69	Formation géologique	[Symbol]
70	Formation géologique	[Symbol]
71	Formation géologique	[Symbol]
72	Formation géologique	[Symbol]
73	Formation géologique	[Symbol]
74	Formation géologique	[Symbol]
75	Formation géologique	[Symbol]
76	Formation géologique	[Symbol]
77	Formation géologique	[Symbol]
78	Formation géologique	[Symbol]
79	Formation géologique	[Symbol]
80	Formation géologique	[Symbol]
81	Formation géologique	[Symbol]
82	Formation géologique	[Symbol]
83	Formation géologique	[Symbol]
84	Formation géologique	[Symbol]
85	Formation géologique	[Symbol]
86	Formation géologique	[Symbol]
87	Formation géologique	[Symbol]
88	Formation géologique	[Symbol]
89	Formation géologique	[Symbol]
90	Formation géologique	[Symbol]
91	Formation géologique	[Symbol]
92	Formation géologique	[Symbol]
93	Formation géologique	[Symbol]
94	Formation géologique	[Symbol]
95	Formation géologique	[Symbol]
96	Formation géologique	[Symbol]
97	Formation géologique	[Symbol]
98	Formation géologique	[Symbol]
99	Formation géologique	[Symbol]
100	Formation géologique	[Symbol]

Annexe 4 : Rapport d'analyse chimique des eaux prélevées des différents sondages, effectué par le Laboratoire National de l'Habitat et de Construction (LNHC) 2007/2008.



LABORATOIRE CENTRAL

Fiche d'Analyse

Lieu de prélèvement : **PROJET NAFTAL LNHC SC 02**

Date de Prélèvement: **DATE D'ANALYSE 05/01/2008**

LABO CENTRAL

PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	Resultats	Normes NA6360	MINERALISATION GLOBALE	Resultats	Normes NA6360
pH		6,5 - 8,5	Calcium mg/l		200
Conductivité μ S/cm		2800	Magnésium mg/l		150
CO2 mg/l			Sodium mg/l		200
Turbidité NTU		5	Potassium mg/l		20
Temperature °C		25	Chlorure mg/l		500
Oxygene dissous mg/l		8	Sulfate mg/l		400
Chlore résiduel mg/l			U:carbonate mg/l		
Résidu à 105°C mg/l		2000	Dureté T TH mg CaCO ₃ /l		500
Hydrocarbures μ g/l	1820000	<10	Carbonates mg/l		
MES à 105°C mg/l			Dureté T TH °F		
MVS %			TAC mg CaCO ₃ /l		
			TA °F		
TDS mg/l			TAC °F		
PARAMETRES DE POLLUTION	Resultats	Normes NA6360	ELEMENTS INDISIRABLE	Resultats	Normes NA6360
Ammonium mg/l		0,5	Fer total mg/l		0,3
Azote kheldjal m/l					
Nitrites mg/l		0,1	Fer II mg/l		0,3
Nitrates mg/l		50	Manganese Mn mg/l		0,5
O-Phosphate mg/l		0,5	Aluminium Al mg/l		0,2
Phosphate P P/PO ₄					
Matiere oxydable mg/l		3			
ANALYSES FINES	Resultats	Normes NA6360	PARAMETRES BACTERIOLOGIQUE	Resultats	JO N°35 27/05/98
DBO ₅ mg/l			Coliformes totaux UFC/100 ml		0
DCO mg/l			Coliformes fécaux UFC/100 ml		0
Fluor mg/l		0,3 - 2	Streptocoques fécaux UFC/100 ml		0
Nickel Ni mg/l		0,01			
Cadmium Cd mg/l		0,01			
Plomb mg/l		0,05			
Chrome Cr mg/l		0,05			
Cuivre Cu mg/l		0,05			

OBSERVATION :
N.A : 6360 Norm

Les résultats d'analyse sont donnés sous réserve qu'ils ont été obtenus en respectant les protocoles de l'analyse.

L. E. Akar
Responsable

Société des Eaux et de l'Assainissement Algérien

Annexe 5 : Etablissements visités

- Centre carburant NAFTAL (Hussein Dey)
- Centrale du béton (COSIDER, Unité d'Hussein Dey)
- Centre de L'entreprise NAFTAL (Dar El Beida)
- Agence National des ressources Hydriques ANRH (Bir Mourad Rais)