



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur

et de la Recherche Scientifique

Université Echahid Hamma Lakhdar d'El Oued

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de Hydraulique et génie civil



Mémoire de Fin d'Etude

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine: Sciences et Technologies

Filière: hydraulique

Spécialité: Conception et diagnostic des systèmes d'AEP et
d'assainissement

Thème

**Contribution à échelle des nitrates dans les
eaux des nappes souterraines de la région
d'El-Oued (Souf)**

Présenté par:

- SALHI Mohammed
- BAHA Djamel

Enseignante:

GUESSEIR Belgacem

Soutenu en Juin 2019

Résumé:

Dans la région d'El Oued (SE Algérie), l'augmentation de la demande sur l'eau, pour l'alimentation en eau potable, l'irrigation et pour l'industrie, à provoquer la multiplication du nombre des forages dans les deux nappes captives (continental intercalaire et le complexe terminal), existants dans la région.

La région a connu un grand développement dans l'agriculture durant les dernières années qui est suivi par une massive utilisation des engrais, des pesticides,.. etc. l'infiltration des ces matériaux provoquerait une pollution nitrique au niveau des eaux souterraines .

Le taux de nitrates dans la nappe phréatique (de 5,10 mg/l à 86,33 mg/l) est parfois plus importante et dépassant les normes recommandée par l'OMS. Les valeurs élevées se localisent surtout à les zones agricoles importantes et les zones rurales dépourvues de réseau d'assainissement.

Mots clé: El-Oued, O.M.S, pollution nitrique, nappe phréatique.

Abstract:

In the region of El Oued (Algeria), the increase of request on water, for potable water supply, irrigation and for industry, which caused led to increase of the numbers of drillings in the both captives levels of groundwater (continental intercalary and the complex terminal). existent in the region.

The region passed with a great agricultural development during the last few years which followed by a massive use of fertilizers, pesticides,.. etc. The infiltration of these materials caused a nitric pollution of the underground water.

The rate of nitrates in the groundwater (from 5,10 mg/l to 86,33 mg/l) sometimes is upper then the recommended norms of the O.M.S. The higher values localized at the important agricultural areas and rural areas that haven't a sanitation system.

Keywords: El Oued, O.M.S, nitric pollution, groundwater.

ملخص:

في منطقة الوادي (جنوب شرق الجزائر) زيادة الطلب على المياه الصالحة للشرب، الري أو الصناعة أدت إلى زيادة عدد الآبار في المنطقة.

شهدت المنطقة خلال السنوات الماضية تطورا كبيرا في مجال الزراعة، صاحبه إستعمال هائل للأسمدة الكيماوية و المبيدات الحشرية و تسبب ذلك بتلوث المياه الجوفية بالنترات.

أثبتت الدراسة أن تركيز النترات الموجود في الطبقة الحرة (من 5,10 مع/ل إلى 86,33 مع/ل) أحيانا أعلى من المعدل الموصى به من قبل منظمة الصحة العالمية و تتواجد هاته المعدلات العالية في المناطق الزراعية الهامة و المناطق النائية التي تفتقر إلى وجود شبكة الصرف الصحي.

الكلمات المفتاحية: الوادي، منظمة الصحة العالمية، التلوث بالنترات، الطبقة الحرة.

Liste des abréviations

D.P.A.T : Direction de la Planification & de l'Aménagement du Territoire.

P.D.A.U: Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme.

D.P.S.B : Direction de La Programmation et du Suivi Budgétaires.

M.N.T : Modèle Numérique du Terrain.

C.D.T.N : Centre de Développement des Techniques Nucléaires.

C.T : Complexe Terminal.

C.I : Continental Intercalaire.

A.N.R.H : Agence Nationale des Ressources Hydriques.

D.H.W : Direction de l'hydraulique de la Wilaya.

U.N.E.S.C.O : Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture.

A.E.P : Alimentation en Eau Potable.

O.N.M : Office National Météorologique.

O.M.S : Organisation Mondiale de la Santé.

T.H : Titre Hydrotimétrique.

C.E.E : Comité européenne des eaux.

P.H : Potentiel d'Hydrogène.

A.D.E : Algérienne Des Eaux.

C.D.S.P : Comité européenne De la Santé.

D.S.A : La Direction des Statistiques Agricoles et des systèmes d'Information.

Table des matières

Dédicace

Remercement

Résumé

Liste des abréviations

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des photos

Introduction générale 1

CHAPITRE I

Présentation de la zone d'étude

I.1. Situation géographique La zone d'étude 3

I.2. Cadre sociologique de la zone d'étude 5

I.3. Cadre économique de la zone d'étude 6

 I.3.1. l'artisanat 6

 I.3.2. le commerce 6

 I.3.3. L'industrie 6

 I.3.4. L'agriculture 6

I.4. Cadre géologique de la zone d'étude 8

 I.4.1. Relief 9

 I.4.2. Géomorphologie 9

I.5. Cadre stratigraphie 9

 I.5.1. L'ère Secondaire (le crétacé) 10

 I.5.2. Formations de l'ère Tertiaire 11

 I.5.3. Formations du Quaternaire 11

I.6. Climatologie 13

 I.6.1. Climat de la région d'étude 13

 I.6.2. Etude des paramètres climatique 14

 I.6.3. Synthèse climatique 18

I.7. Cadre hydrogéologique de la zone d'étude 21

 I.7.1. Présentation de système aquifère de sahara septentrional 21

 I.7.2. Présentation des nappes aquifères de la région du Souf 22

 I.7.3. Stratigraphie des nappes aquifères d'El-Oued 25

I.8. Conclusion 26

CHAPITRE II

Synthèse bibliographique concernant les nitrates

II.1. Pollution nitrique 28

 II.1.1. Cycle d'azote 28

II.2. Généralités à propos de des nitrates 29

II.3. Principaux éléments responsable d'existence des nitrates 30

II.4. Conséquences des nitrates 31

 II.4.1. Conséquences sanitaires 31

 II.4.2. Conséquences sur les eaux superficielles 32

 II.4.3. Conséquences sur les eaux souterraines 33

 II.4.4. Conséquences économiques 33

II.5. Normes et recommandations: 33

II.6. Les effets des nitrate dans les nappes 34

II.7. Conclusion 36

CHAPITRE III

Matériel & Méthodes

III.1. Choix des stations d'étude 38

III.2. Prélèvement des échantillons 38

III.3.Appareillage d’analyse 39

 III.3.1.Mesure de la température 39

 III.3.2.Mesure du pH..... 39

 III.3.3.Mesure de la turbidité 40

 III.3.4.Dosage de la dureté totale 41

 III.3.5.Dosage de calcium 42

 III.3.6.Calcul du magnésium..... 42

 III.3.7.Dosage de l’alcalinité..... 43

 III.3.8.Calcul des bicarbonates..... 44

 III.3.9.Dosage des sulfates 44

 III.3.10.Dosage des chlorures 45

 III.3.11.Dosage des nitrates..... 46

 III.3.12.Dosage des nitrites 49

III.4.Conclusion 50

CHAPITRE IV

Partie expérimentale

IV.1. Caractéristique chimique de l’eau 52

 IV.1.1. But..... 52

 IV.1.2. Methode d’analyse..... 52

 IV.1.3. Discussion..... 54

IV.2. Echantillonnage 55

IV.3. Prélèvement..... 55

IV.4. Conservation..... 55

IV.5. Analyse des nitrates..... 55

 IV.5.1. Résultats et discussion 57

IV.6. Recommandations 58

IV.7. Conclusion..... 60

Table des matières

Conclusion Générale..... 62

Référence bibliographique 63

ANNEXESI,VI

Liste des tableaux

Tableau.I.01: Répartition de la superficie de la zone d'étude par commune (D.P.S.B.,2018). 4

Tableau.I.02: Distribution de la population d'Oued-Souf par commune (D.P.A.T.,2018). 5

Tableau.I.03: Répartition générale des terres pour l'année agricole (D.S.A.,2016). 7

Tableau.I.04: Caractéristiques géographiques de station climatique de Guemar..... 13

Tableau.I.05: Données climatiques moyennes de la région d'Oued Souf (1978- 2016) 14

(O.N.M., d' El-Oued, 2018). 14

Tableau.I.06: Classement de l'indice d'aridité 18

Tableau.I.07: Données des précipitations et des températures moyennes mensuelles..... 19

Tableau.II.01: Normes algériennes pour l'eau minérale naturelle et l'eau de source. 34

Tableau.III.01: Les différentes capsules utilisées dans l'essai. 47

Tableau IV.01: Analyses physico-chimique de l'eau de quatre (04) stations : El-Magren,
Bayadha, Debila et 19 Mars. 53

Tableau.IV.02: La teneur en NO₃⁻ dans les échantillons..... 56

Tableau.IV.03: Rendement de quelques procédés des polluants différents. 59

Liste des figures

Figure.I.01: Situation géographique de la wilaya d'El-Oued (P.D.A.U.,2005).....	3
Figure.I.02: Répartition des communes de la zone d'étude.	4
Figure.I.03: Carte géologique d'Oued-Souf (G.Busson, 1970).	8
Figure.I.04: Colonne stratigraphique du forage au Mio-Pliocène (Ghamra) existant dans la zone d'étude.	12
Figure.I.05: Histogramme des températures moyenne mensuelle (1978- 2016).	15
Figure.I.06: Histogramme des précipitations moyenne mensuelle (1978- 2016).	15
Figure.I.07: Histogramme des vitesses du vent moyenne mensuelle (1978- 2016).....	16
Figure.I.08: Histogramme des l'humidité relative moyenne mensuelle (1978- 2016).	16
Figure.I.09: Histogramme de l'insolation moyenne mensuelle (1978- 2016).	17
Figure.I.10: Histogramme de l'évaporation moyenne mensuelle (1978- 2016).	17
Figure.I.11: Courbe pluvio-thermique de région d'El-Oued (1978/2016).	19
Figure.I.12: Climagramme d'Emberger pour la région d'Oued-Souf.	20
Figure.I.13: Coupe hydrogéologique des aquifères du Sahara septentrionale (U.N.E.S.C.O.,1972).	22
Figure.I.14: Présentation des formations aquifères du complexe terminal à El Oued.	23
Figure.I.15: Colonne stratigraphique des aquifères d'El Oued (D.W.H.,2004).....	25
Figure.II.01: Le cycle de l'eau et de l'azote.	29
Figure.II.02: Les effets d'une forte dose de nitrate à l'organisme (BOUZIANI, 2002).	32
Figure.III.01: Carte de localisation montrant les station d'étude échantillonnés.	38

Liste des photos

Photo.III.01: Thermomètre électronique portable..... 39

Photo.III.02: PH-mètre électronique. 40

Photo.III.03: Turbidimètre Hatch utilisé. 40

Photo.III.04: Photomètre dureté totale. 41

Photo.III.05: Dessiccateur et balance d'humidité. 45

Photo.III.06: Testeur de qualité d'eau (PH et chlorure)..... 46

Photo.III.07: Spectrophotomètre utilisé pour le dosage des nitrates..... 49

Introduction générale

La ressource en eau dans la région d'Oued-Souf est presque exclusivement souterraine. Elle est contenue dans des réservoirs présentant des caractéristiques hydrodynamiques et hydrochimiques généralement favorables. Ces réservoirs assurent l'alimentation en eau potable ainsi que les besoins domestiques, et d'une façon plus importante aussi l'irrigation des terrains agricoles de cette zone.

Tous ces besoins sont satisfaits grâce à des forages de captage, des puits domestiques et des puits agricoles.

Dans une région où l'activité principale tourne autour de l'agriculture et l'élevage qui a connu ces dernières années un essor considérable, le risque de pollution par les nutriments en général et par les nitrates en particulier menace la ressource hydrique. Ce risque s'accroît davantage dans une zone caractérisée par l'absence de couvert protecteur entraînant, par conséquent, un contact direct entre les formations du réservoir et les polluants. Les nitrates, composés oxygénés de l'azote, sont présents dans les rejets d'eaux usées et dans les engrais. Ils sont le témoin de la dégradation de la qualité de l'eau.

Les nitrates dans l'eau de boisson présentent des risques à la santé suite à l'ingestion des ions nitrates/nitrites tels que la méthémoglobinémie du nourrisson due à l'action des nitrites ainsi que des risques potentiels de cancérogénicité via la formation de composés N-nitrosés.

Dans ce travail nous essayerons de rechercher le taux de pollution dans certains puits et forages et la mise en évidence du problème de contamination des nitrates en général.

Ce travail est structuré dans notre étude en quatre chapitres qui sont :

Chapitre I : présentation de région d'étude dans son contexte géographique, secondée d'une étude climatique, géologique et hydrogéologique et aperçu socio-économique.

Chapitre II : synthèse bibliographique concernant les nitrates

Chapitre III : matériel et méthodes d'analyses des eaux.

Chapitre IV : partie expérimentale et interprétation des résultats suivie d'une Conclusion.

I.1. Situation géographique La zone d'étude

La wilaya d'El-Oued se trouve à la Sud-est d'Algérie, limité par ; Biskra, Khenchela et Tébessa au Nord, Djelfa au Nord-Ouest, Ouargla au Sud et Sud-ouest et la Tunisie à l'Est (Fig.I.01). Elle occupe une superficie de 44 586,8 Km2 , elle se trouve entre les coordonnées UTM : X = 290000 E/315000 E, et Y = 3680000 N/3700000 N.

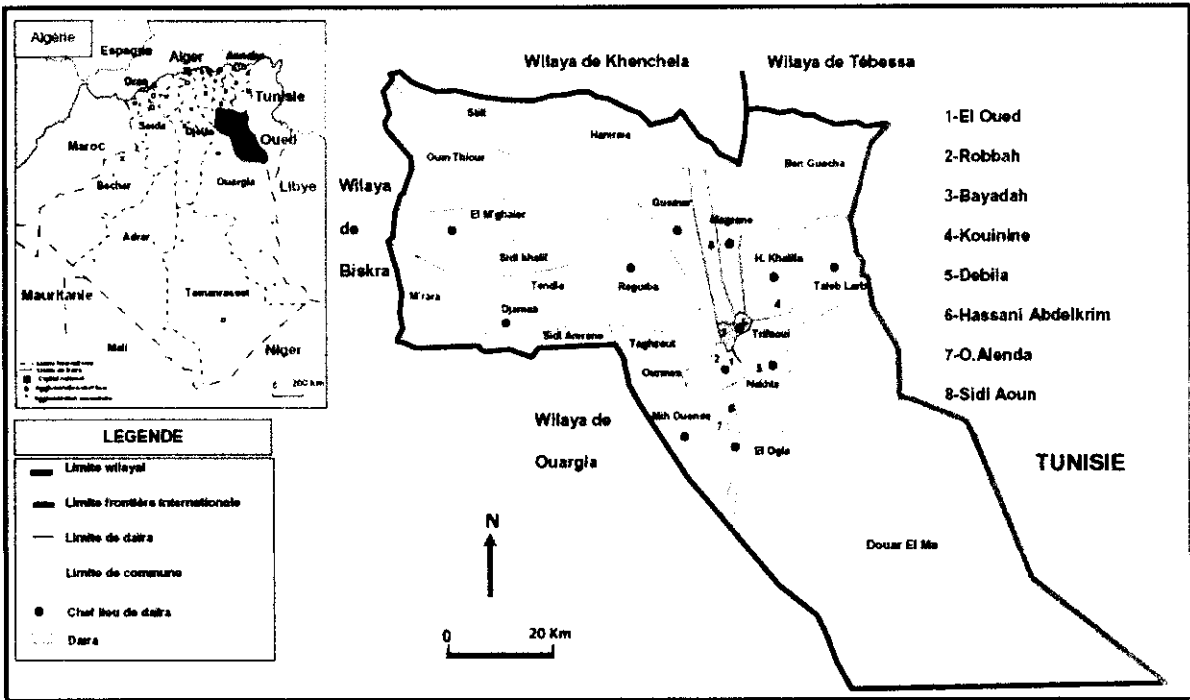


Figure.I.01: Situation géographique de la wilaya d'El-Oued (P.D.A.U.,2005).

La wilaya d'El-Oued est formé de deux parties: Oued Righ et Oued Souf et notre zone d'étude est Oued Souf (fig.I.02) qui représente par vingt-deux (22) communes et occupe une superficie de 35 752 km² (tab.I.01).

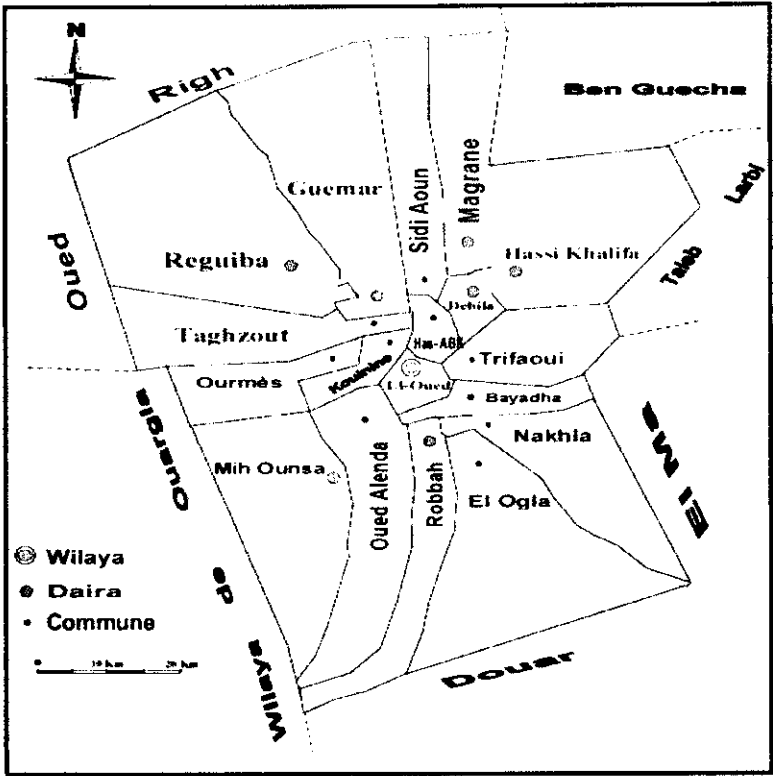


Figure.I.02: Répartition des communes de la zone d'étude.

Tableau.I.01: Répartition de la superficie de la zone d'étude par commune (D.P.S.B.,2018).

N°	Communes	Superficie (km ²)	N°	Communes	Superficie (km ²)
1	El-Oued	77,2	12	El-Magren	618
2	Kouinine	116	13	Sidi Aoun	480
3	Reguibia	1965,6	14	Robbah	499,2
4	Hamraia	2444	15	Nakhla	700
5	Guemar	1264,4	16	El-Ogla	1352
6	Taghzout	539,2	17	Bayadha	138,8
7	Ouermes	442,8	18	Taleb Larbi	1110
8	Debila	78	19	Ben Guecha	2646
9	H.Abdelkrim	58	20	Douar El-Ma	17813,6
10	H.Khelifa	1112	21	Mih Ouensa	1111,2
11	Trifaoui	474	22	O.El-Alenda	712
Total : 35 752 Km ²					

I.2.Cadre sociologique de la zone d'étude

La zone d'étude fait partie du Souf, elle regroupe le centre urbain le plus important d'El-Oued qui s'étend de l'Ogla au Sud à Kouinine au Nord, avec des zones agricoles sur les bordures à l'Est et l'Ouest des centres urbains. El-Oued est devenue une commune depuis 1957 et une wilaya depuis janvier 1984. Ce découpage a pour but de faciliter les conditions de vie sociale, culturelle, professionnelle et de limiter les difficultés dues à l'isolement.

Notre zone d'étude s'étend sur une superficie égale à 35752 km² divisé en 22 communes avec une population de 6601765 habitants (tab.I.02) et une densité de 19,58 hab/km2 , le taux d'accroissement de la population est de 3,4‰ selon le recensement de l'O.N.S de 2016. Les habitants d'El Oued ont une culture religieuse ; l'art des lettres, des gens voyagent durant des années pour s'instruire. La langue arabe reste très pure, permet même aux analphabètes, habitants sous la tente, de composer des poésies. Les manifestations de la vie quotidienne traduisent un système d'organisation qui tient compte des possibilités économiques, de la vocation agricole, commerciale et artisanale.

Tableau.I.02: Distribution de la population d'Oued-Souf par commune (D.P.A.T.,2018).

N°	Communes	Population	N°	Communes	Population
1	El-Oued	179955	12	El-Magren	31275
2	Kouinine	13930	13	Sidi Aoun	15550
3	Reguiba	56225	14	Robbah	28915
4	Hamraia	7155	15	Nakhla	17580
5	Guemar	54950	16	El-Ogla	8385
6	Taghzout	18080	17	Bayadha	42615
7	Ouermes	7315	18	Taleb Larbi	14260
8	Debila	32930	19	Ben Guecha	6180
9	H.Abdelkrim	31150	20	Douar El-Ma	9050
10	H.Khelifa	42015	21	Mih Ouensa	23235
11	Trifaoui	11085	22	O.El-Alenda	8340
Total : 660 175 habitants					

I.3. Cadre économique de la zone d'étude

Les manifestations de la vie quotidienne traduisent un système d'organisation qui tient compte des possibilités économiques, de la vocation agricole, commerciale et artisanale. Les principales activités nous donne un aperçu général sur l'économie d'El-Oued dont :

I.3.1. l'artisanat

El Oued à toujours était un centre artisanal, notamment pour les objets liés à l'ancienne technologie de l'agriculture. On note les activités artisanales, il s'agit des tailleurs, des tapissiers, des maçons, des cordonniers, des menuisiers, des bijoutiers, des forgerons.

I.3.2. le commerce

grâce à la position géographique entre trois Etats (Algérie, Tunisie, Libye), El-Oued à acquis une position stratégique exceptionnelle, on peut dire que la ville d'El Oued est un centre d'échange commercial, très actif, ainsi elle constitue le centre d'achat de toute la région d'El-Oued, d' où l'importance de son marché. Cette activité commerciale se traduit également par le grand axe commerçant qui, sur plus de 15km, s'allonge le long de la route nationale de Kouinine-Robbah où la densité commerciale forte au centre 15 à 20 établissements pour 100 m pour décroître vers les extrémités 4 à 5.

I.3.3. L'industrie

Dans la foulée du commerce, un phénomène tout nouveau est apparu à El-Oued, l'industrie, depuis la décennie 1980, de petites unités privées se sont installer. On note des activités industriels dans cinq branches essentiels: les parfums et cosmétique, l'agroalimentaire, les plastique, les matériaux de construction, les boissons. Aujourd'hui plus de 16000 personnes travaillent dans l'industrie.

I.3.4. L'agriculture

La Wilaya d'El Oued dispose d'une superficie agricole totale égale à 4 458 680 Ha, mais la superficie réellement exploitée est 2 866 811 Ha, la superficie irriguée est égale à 54 534 Ha. L'agriculture est la principale activité dans la région d'El-Oued, comme culture dominante, la Pomme de terre, le tabac (Guemar), le Palmier dattier dans les ghouts (Tab.I.03).

Tableau.I.03: Répartition générale des terres pour l'année agricole (D.S.A.,2016).

Répartition des terres		Superficie(ha)
Terres la bourables	Cultures herbacées	35 237
	Jachères	1 310
Cultures permanents	Vignobles	140
	Arbers fruitiers	450
	Agrumes	43
	Oliviers	2 913
	palmiers	36 317
Superficie agricole utile (SAU)		76 410
Dont SAU irriguée		75 100
Pacage et parcours		1.444.181
Terres improductive des exploitations		71 278
Terres utilisé espar l'agriculture		1 591 869
Superficie totale de la wilaya		4.458.680

Les Ghouts fonctionnent comme un agro-système, reposant sur la trilogie eau/habitat/palmeraie; pour ne pouvant faire venir les eaux à eux, les soufis ont imaginé d'aller à elle, d'excaver suffisamment le sable pour que l'épaisseur restante soit 2m. planter alors les palmiers dans sol de façon à ce qu'ils aillent puiser l'eau par leurs propres racines. c'est le principe de la culture Bour (en sec), on n'importe pas d'eau d'irrigation mais le palmier va chercher lui-même ce dont il a besoin.

Les limites des ghouts atteignent la frontière libyenne au sud et voisinent avec les Monts des Nemamchas, suivant une ligne passant par Negrine, s'étire à l'Est à la frontière tunisienne et à l'Ouest par l'immense oasis d'Oued Righ. Selon la D.S.A(2016), actuellement il existe près de 2500000 palmiers dattiers dont 1830000 seulement sont productifs. La moyenne d'exportation est de 40000 t/an L'élevage est une autre activité qui se répartie comme suit :

- Ovin : 500 000 têtes.
- Caprin : 153 000 têtes.
- Camelin : 27300 têtes.
- Bovin : 4700 têtes.
- Cela permet d'avoir : Une production de viande rouge estimée à : 4700 tonnes a

- Une production de viande blanche estimée à : 2240 tonnes/an;
- Une production d'œufs estimée à : 27500000 (Eufs/an);
- Une production laitière : 44000000 litres/an.

I.4. Cadre géologique de la zone d'étude

La géologie est un moyen d'investigation très utile en hydrogéologie car elle permet la détermination des horizons susceptibles être aquifères. La région d'étude est exactement dans la partie Nord de la plate forme saharienne caractérisée par des formations détritiques particulièrement sableuses, elles apparaissent sous forme de dunes et anti dunes car le sous-sol de la région étant sableux et assurant l'infiltration et la circulation souterraine des eaux est essentiellement représenté par des formations sablo-gréseuses du Continental Intercalaire, et des accumulations sableuses fluvio-lacustres de tertiaire continental. Sur l'ensemble de la région d'EL-Oued, les formations Mio-pliocènes sont recouvertes par une considérable épaisseur de dépôts Quaternaires présentés sous forme de dunes donnant naissance à un immense erg qui lui-même fait partie de l'extension du grand erg oriental (Fig.I.03).

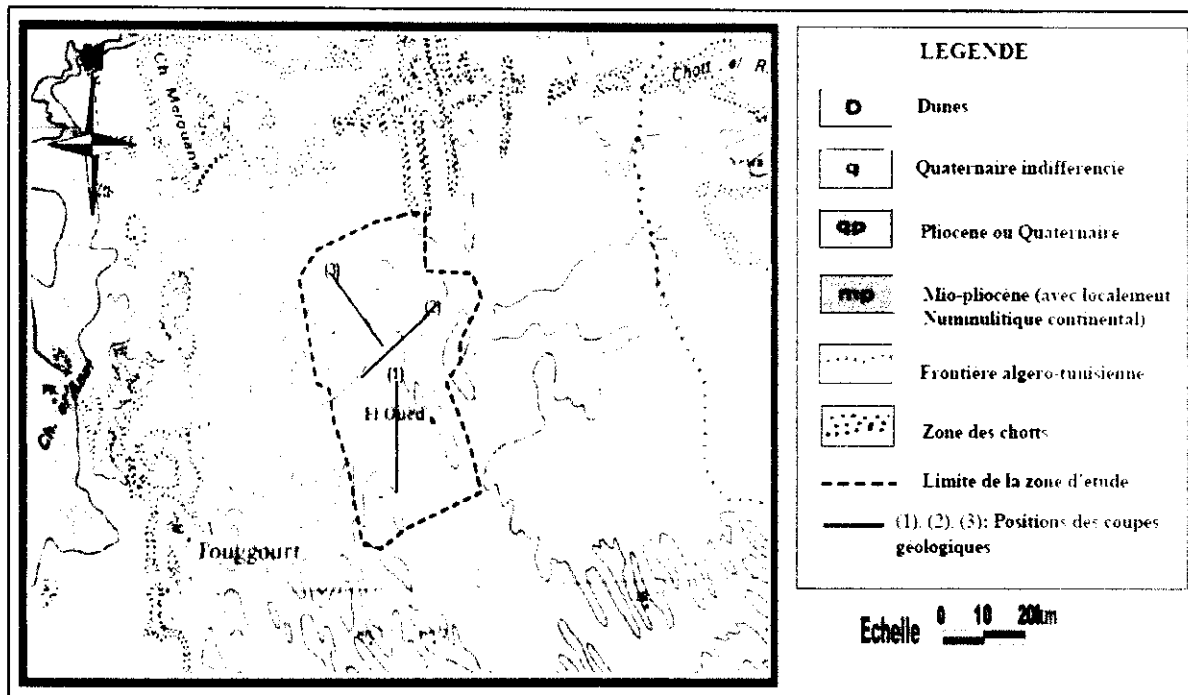


Figure.I.03: Carte géologique d'Oued-Souf (G. Busson, 1970).

I.4.1. Relief

Le relief de la ville d'El Oued est caractérisé par l'existence de trois principales formes :

- Une région sableuse : qui se présente sous un double aspect ; l'Erg et le Sahara.
- Une forme de plateaux rocheux : qui s'étend vers le Sud avec une alternance de dunes et de crêtes rocheuses.
- Une zone de dépression : caractérisée par la présence d'une multitude de chotts qui plongent vers l'Est. Il est à signaler que l'altitude diminue du Sud vers le Nord et de l'Ouest vers l'Est pour devenir négative au niveau des chotts.

I.4.2. Géomorphologie

Le sous-sol présente des contrastes frappants. C'est ainsi qu'au Sud, à 6 kilomètres d'El Oued et jusqu'à El-Ogla 24 Km plus loin, on remarque l'absence totale de « Tefza » (pierre à plâtre calcaire), tandis que sur un autre axe allant de El-Oued à Ghamra (en passant par Tiksebt, Kouinine et Guemar) la « Tefza » y occupe tous le terrain.

Ainsi deux bandes de terrains sédimentaires, de formations différentes, renfermant des roches dissemblables dont dépend de la qualité de la nappe aquifère, prolongent de part et d'autres sur les principaux axes du Souf.

Une coupe dans le sol, nous permet de distinguer :

- ♦ **Tercha** : Formé de fins cristaux qui lui donnent un aspect de grès ; se rencontre en plaques continues ou en bancs extrêmement durs, il est composé de cristaux en fer.
- ♦ **Louss** : Le Louss est fait de cristaux de gypse en fer de lames imbriqués, il se rencontre sous forme de couches continues, très dures de réseaux mélangés au sable, de bancs isolés ou de colonnes qui semblent être constituées autour d'anciennes racines gypseuses.
- ♦ **Salsala ou Smida** : Se trouve en plaques continues ou en bancs extrêmement durs, il est composé de cristaux en fer comme le Louss, mais c'est plus fins et plus serrés.
- ♦ **Tefza** : C'est un grès blanc assez dur, et constitue la pierre à chauffer qui donnera le plâtre. (Tercha, Louss, Salsala, Smida et Tefza sont les appellations locales, utilisés pour les différentes couches géologiques).

I.5. Cadre stratigraphie

D'après (Cornet 1964, Bel 1968) et les coupes de sondages établies à partir des forages, les profondeurs des étages varient d'une région à l'autre. Sur la base des logs de forage de l'Albien faite par l'ANRH(1993) sur la région d'El-Oued, nous citons les

principales strates répétées dans cette région, en allant de la plus ancienne vers le plus récente (fig.03) :

I.5.1. L'ère Secondaire (le crétacé)

♦ **Le Barrémien** : Cet étage est capté par tous les forages du Continental Intercalaire réalisés dans cette région ; il présente une lithologie d'alternance de grès avec passages d'argiles et parfois des intercalations de calcaire dolomitique, on rencontre également des sables avec présence de silex. L'épaisseur moyenne de cet étage est de l'ordre de 200 à 230 mètres.

♦ **L'Aptien** : Comme le Barrémien, ce dernier est constitué principalement par des formations dolomitiques, marneuses et marno-calcaires. D'après les coupes géologiques des forages réalisés dans la région, l'Aptien est le seul étage dont l'épaisseur ne dépasse pas les 30 mètres.

♦ **L'Albien** : Cet étage est constitué par une alternance de marnes, de grès de sables et par des calcaires avec passages de silex et d'argile. La limite inférieure est constituée par le toit de la barre aptienne, alors que sa limite supérieure se caractérise par l'apparition des faciès argilo carbonatés. D'après les coupes de sondages des forages Albien, l'épaisseur de cet étage varie de 100 à 150 mètres ; dans d'autres endroits elle peut atteindre 200 mètres.

♦ **Vraconien** : C'est en fait, une zone de transition entre l'Albien sableux et le Cénomanién argilo carbonaté. Cet étage est constitué principalement d'une alternance irrégulière de niveaux argilo dolomitiques. On montre aussi des argiles sableuses et de rares passées de grès à ciment calcaire. Dans la zone d'étude, l'épaisseur de cet étage varie entre 250 et 300 mètres. En raison de l'importance de ses niveaux argileux, il constitue une importante couverture de l'Albien.

♦ **Le Cénomanién** : Tous les forages réalisés dans cette région ont montré que cet étage est constitué par une alternance de dolomies, de calcaires dolomitiques, de marnes dolomitiques, d'argiles et d'anhydrites. Cet étage joue le rôle d'un écran imperméable. Quant aux limites de cet étage, on peut dire que la limite inférieure est caractérisée par l'apparition d'évaporites et de dolomies qui la distingue nettement, la limite supérieure caractérisée par l'apparition d'évaporites et de calcaires correspondants à la limite inférieure du Turonien.

♦ **Le Turonien** : Cet étage représente la base du Complexe Terminale. Il est généralement carbonaté et constitué par des calcaires dolomitiques et des dolomies micro cristallines compactes avec des intercalations de calcaires Turoniens et parfois de marnes. Les forages de

la région montrent clairement que son épaisseur varie d'un endroit à un autre, elle dépasse parfois 650 mètres.

♦ **Le Sénonien** : La plupart des études géologiques effectuées à travers le Sahara algérien montrent que le Sénonien est formé de deux ensembles très différents du point de vue faciès : l'un correspond au Sénonien lagunaire situé à la base et l'autre au Sénonien carbonaté au sommet.

• **Sénonien lagunaire** : La limite de ce sous étage est bien distinguée. Le Sénonien lagunaire est caractérisé par un faciès évaporé avec des argiles où ces derniers sont aisément différenciés de ceux du Turonien. Il est constitué également d'anhydrites, de calcaires dolomitiques d'argiles et surtout les bancs de sel massif dont l'épaisseur avoisine 150 mètres. La limite supérieure de cette formation coïncide avec le toit de la dernière intercalation anhydride.

• **Sénonien carbonaté** : Ce second sous étage est constitué par des dolomies, des calcaires dolomitiques avec des intercalations marno argileuses et en grande partie par des calcaires fissurés. Son épaisseur dépasse parfois les 300 mètres. Il faut mentionner par ailleurs l'existence d'une continuité lithologique entre le Sénonien carbonaté et l'Eocène, qui présentent des calcaires de même nature avec présence de nummulites.

I.5.2. Formations de l'ère Tertiaire

♦ **L'Eocène** : Il est formé par des sables et des argiles, parfois on rencontre des gypses et des graviers. Dans cette région, l'Eocène est carbonaté à sa base, sa partie supérieure est marquée par des argiles de type lagunaire. L'épaisseur de cet horizon varie entre 150 et 200 mètres.

♦ **Le Mio-pliocène** : Il repose en discordance indifféremment sur le Primaire d'une part et sur le Crétacé inférieur, le Turonien, le Cénomanien et l'Eocène d'autre part, il appartient à l'ensemble appelé communément Complexe Terminale (C.T). La plupart des coupes de sondages captant cet horizon, montrent que le Miopliocène est constitué par un empilement de niveaux alternativement sableux, sablo argileux avec des intercalations gypseuses et des passées de grès.

I.5.3. Formations du Quaternaire

Elles se présentent sous forme des dunes de sable dont le dépôt se poursuit sans doute encore de nos jours. Les terrains quaternaires représentent la couverture superficielle qui se localisent surtout au niveau des dépressions et couvrent la plus grande extension au niveau du bas

Sahara. ils sont formés d'un matériel et éolien d'où on trouve la formation des alluvions sableuses et argileuses (fig.1.04).

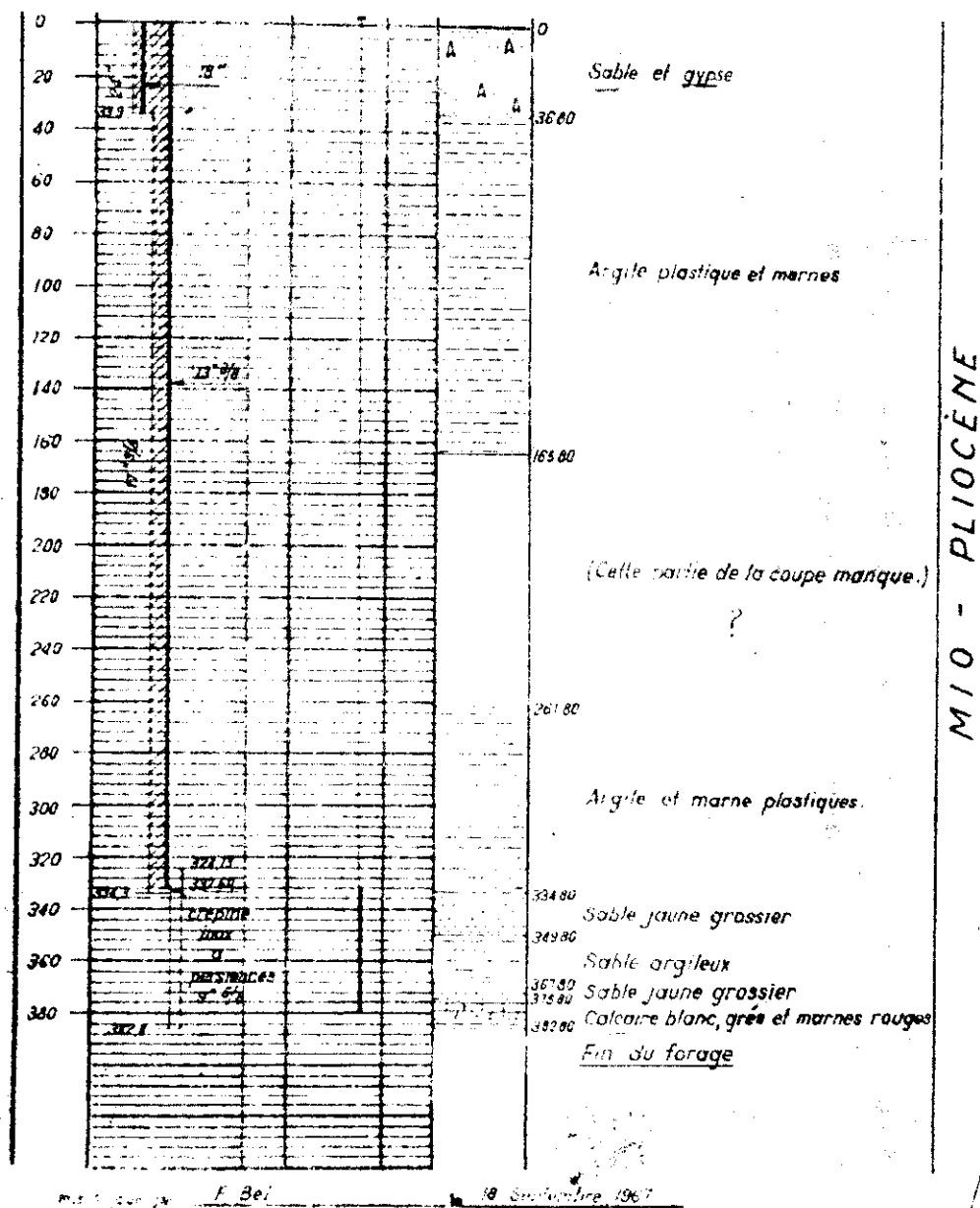


Figure.1.04: Colonne stratigraphique du forage au Mio-Pliocène (Ghamra) existant dans la zone d'étude.

I.6. Climatologie

La connaissance des caractéristiques climatiques est nécessaire pour les différentes études, il est aussi indispensable pour évaluer l'alimentation des eaux souterraines par infiltration, et pour l'établissement d'un bilan hydrique et climatique. Les données climatologiques que nous allons traiter relevées de l'Office National Météorologique d'El-Oued (O.N.M.,2016), sont réparties sur la période de (1978-2016). La station météorologique est située dans la Daïra de Guemar (Tab.I.04)

Tableau.I.04: Caractéristiques géographiques de station climatique de Guemar.

Caractéristiques	Code A.N.R.H	Altitude	Longitude	Latitude
Station de Guemar	13 04 09	64m	06°47'E	33°30'N

I.6.1.Climat de la région d'étude

La région d'étude a un climat de type saharien, caractérisé par un été chaud et sec dont la température peut atteindre 51°C, et un hiver doux jusqu'à 3°C.

Parce que le chaud climat de la zone d'étude et la fréquence régulière de vent et leur violence, notre région a une très connu vent connus sous le nom de "Chehili" ou "le sirocco". Les données relatives aux différents paramètres climatique (précipitations, température... etc) selon l'Office National de la Météorologie (ONM) sont enregistrer par la station de Guemar dans le (Tab.I.05).

Tableau.I.05: Données climatiques moyennes de la région d'Oued Souf (1978- 2016)

(O.N.M., d' El-Oued, 2019).

Paramètre	Temperature			Précip (mm)	Evapo(mm)	Humid (%)	Vent (m/s)	Inso(h/mo)
	T _{min} °C	T _{max} °C	T _{moy} °C					
Mois								
Jan	8.5	13.7	10.39	12.83	80.4	65.01	1.83	222
Fév	10.8	15.7	12.85	6.93	93.1	57.35	2.3	229
mar	10.22	18.8	16.37	7.14	167.6	49.53	2.91	256
Avr	10.8	29.7	20.2	7.95	203	42.92	3.11	240
Mai	22.03	28.4	25.28	4.15	288.2	38.36	3.03	223
Juin	20.3	34.6	30.12	1.84	337.8	33.61	2.96	337
Juil	27.3	39.5	32.84	0.17	361.6	31.99	2.39	365
Août	30.9	35.9	32.75	1.69	321.4	33.54	2.14	351
Sep	26.2	31.9	28.44	5.98	184.2	47.94	2.24	244
Oct	18.4	24.9	22.28	6.43	143.7	53.22	1.69	239
Nov	12.5	25.2	15.74	7.85	106.3	60.02	1.62	263
Déc	8.7	14	11.03	12.82	87.3	66.83	1.54	169
Moyenne	17.22	26.02	21.52	75.78*	2374.6*	48.36	2.31	3165*

* Cumulé

Précip: précipitation.

Evap: évaporation.

Humid: Humidité.

Inso: insolation.

I.6.2. Etude des paramètres climatique

I.6.2.1. La température: les températures moyennes journalières oscillent entre 29 et 42°C à l'ombre pendant l'été. Durant la période allant de 1978 à 2010, la moyenne mensuelle des températures est 21.52°C. D'après l'histogramme des variations moyennes mensuelles des températures (Fig.04), on remarque que la température moyenne mensuelle est maximale au mois de Juillet avec une valeur de 32,84 °C et minimale au mois de Janvier avec une valeur de 10,39 °C.

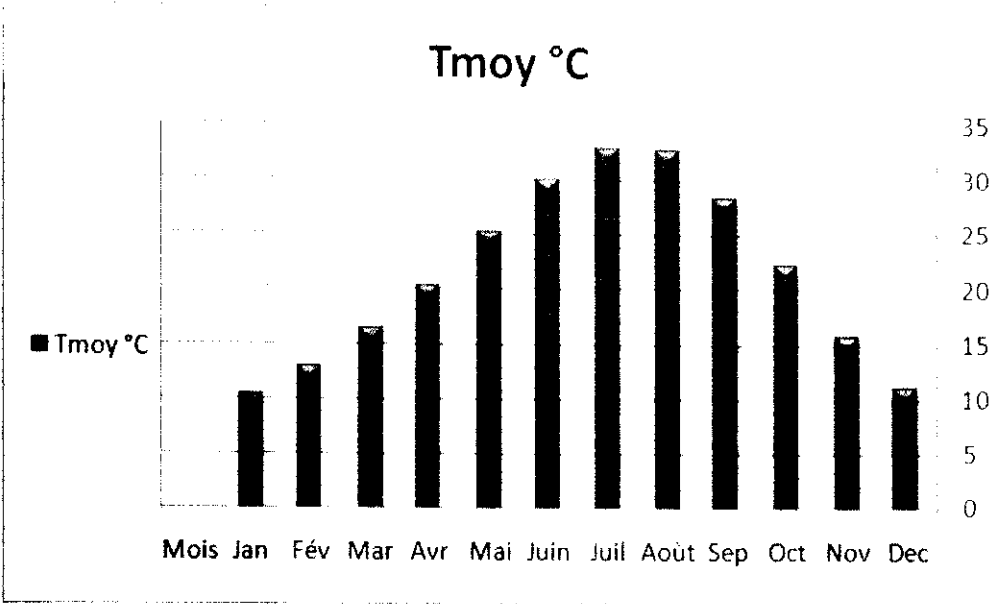


Figure.I.05: Histogramme des températures moyenne mensuelle (1978- 2016).

I.6.2.2. les précipitations: selon les données, nous avons établi l'histogramme de variation moyenne mensuelle interannuelle des précipitations (Fig.I.06). On constate que le mois de janvier est le plus arrosé avec 12,83 mm, et le mois de juillet est le moins arrosé avec 0,17mm. La moyenne annuelle interannuelle est d'ordre de 75.78mm.

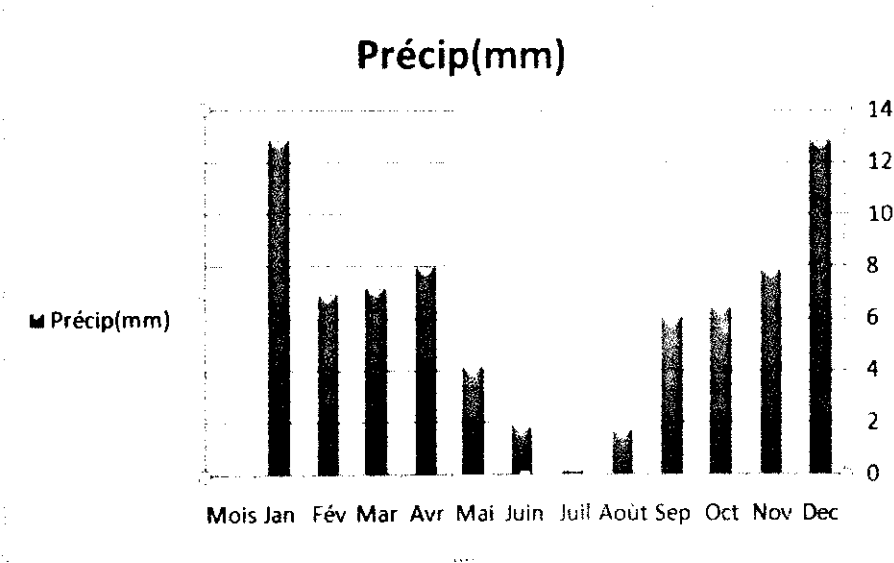


Figure.I.06: Histogramme des précipitations moyenne mensuelle (1978- 2016).

1.6.2.3. Le vent: les vents sont fréquents dans la région, surtout en période printanière, le vent maximum atteint ses valeurs maximales durant la période de Mars à Mai avec des vitesses de 20 à 30 m/s (Fig.I.07), avec une dominance de direction Nord – Nord Est et Est-Ouest.

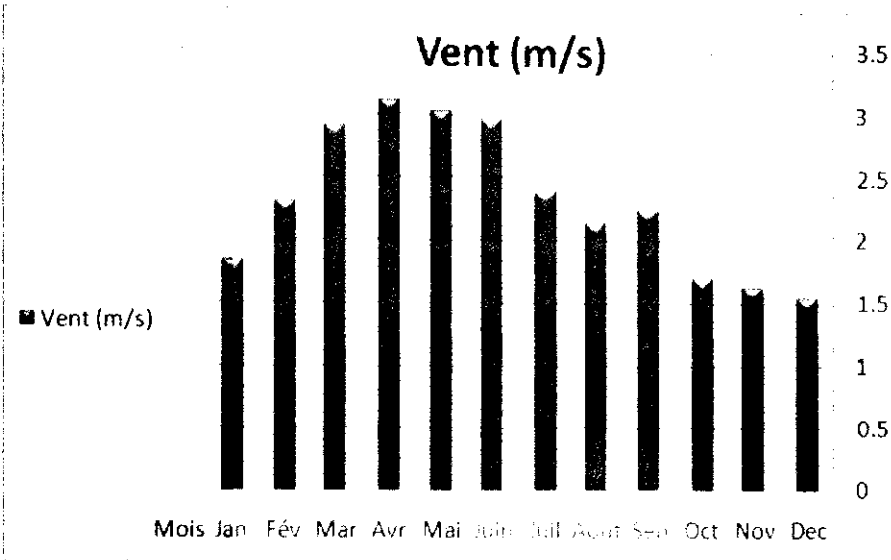


Figure.I.07: Histogramme des vitesses du vent moyenne mensuelle (1978- 2016).

1.6.2.4. L'humidité: l'humidité est un état de climat qui représente le pourcentage de l'eau existant dans l'atmosphère. L'humidité moyenne est minimum au mois de juillet avec une valeur de 31,99 % et maximum au mois de décembre avec une valeur de 66,83 % (Fig.I.08).

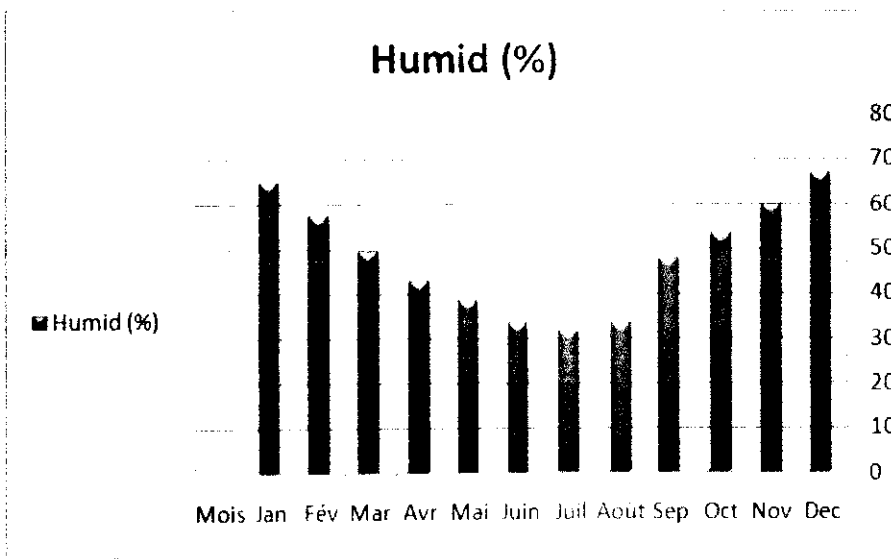


Figure.I.08: Histogramme des l'humidité relative moyenne mensuelle (1978- 2016).

I.6.2.5. La durée d'insolation: la région d'El-Oued reçoit une quantité de lumière solaire relativement très forte, le maximum est atteint au mois de Juillet, avec une durée d'insolation de 365 heures et le minimum enregistré au mois de Décembre avec une durée de 169 heures (Fig.I.09).

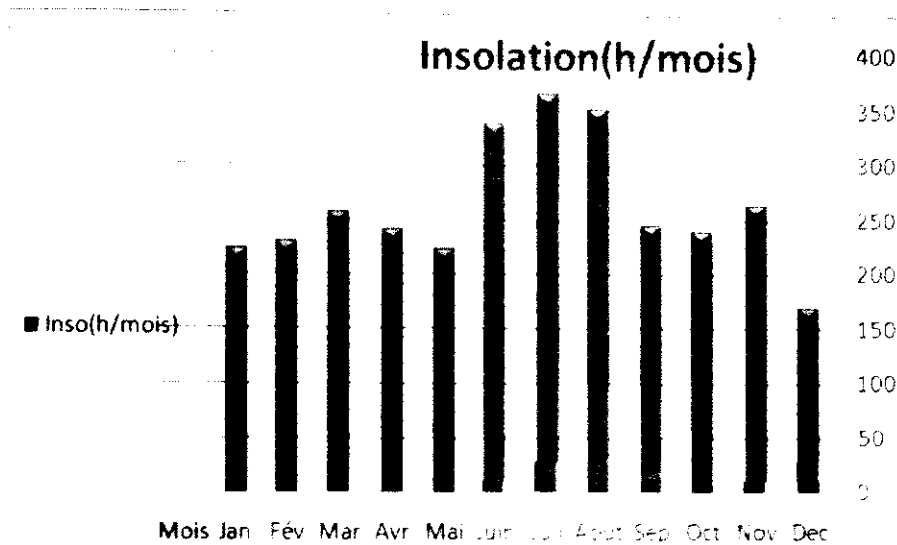


Figure.I.09: Histogramme de l'insolation moyenne mensuelle (1978- 2016).

I.6.2.6. Evaporation: L'intensité de l'évaporation est fortement renforcée par les vents, notamment ceux qui sont chauds tel que le sirocco (TOUTAIN, 1979). Dans la présente zone d'étude, comme partout en zones arides, l'évaporation est toujours la plus importante en surface nue que sous couvert végétal, surtout en été. Elle enregistre une moyenne annuelle de 2417mm en passant par un maximum en juillet avec 361,6 mm à cause des hautes températures et un minimum de 80.4 en janvier (fig I.10).

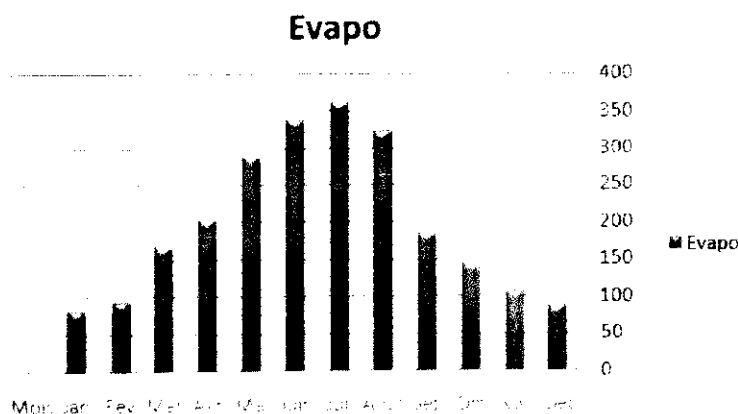


Figure.I.10: Histogramme de l'évaporation moyenne mensuelle (1978- 2016).

I.6.3. Synthèse climatique

La combinaison des données des précipitations et celles des températures permet de mettre en évidence :

- Les périodes sèches et humides au cours de l'année grâce au diagramme pluviothermique de Gaussen;
- Le domaine climatique ou le type de climat suivant la méthode d'Emberger (climagramme d'Emberger) et/ou le calcul de l'indice d'aridité.

I.6.3.1. Indice d'aridité: cet indice dépend essentiellement des précipitations moyennes mensuelles en (mm) et la température annuelle en (°C), en appliquant la formule suivante :

$$I = P / (10+T)$$

I : Indice d'aridité.

P : Précipitation moyenne mensuelle (mm).

T : Température moyenne annuelle (°C).

Application numérique:

$$P = 75.78$$

$$T = 21.52$$

$$\text{Donc: } I = 2.40$$

Tableau.I.06: Classement de l'indice d'aridité.

Classement de l'indice d'aridité	Type de climat
$I < 5$	Climat hyper-aride
$5 \% < I < 7.5$	Climat désertique
$7.5 \% < I < 10$	Climat steppique
$10 \% < I < 20$	Climat semi-aride
$20 \% < I < 30$	Climat tempéré
$I > 30$	Climat humide

Parce que $I = 2.40 < 5$ donc selon le tableau I.06, la zone d'étude étudiée se situe dans la zone de type de climat hyper-aride.

1.6.3.2. Diagramme pluvio-thermique de Gaussen et Bagnouls: en se basant sur les données des précipitations et des températures mensuelles sur la même période d'observation, on peut établir la courbe pluviothermique dont le but est de déterminer la période sèche et celle humide. Un mois sec est celui où le total moyen des précipitations (mm) est inférieur ou égale au double de la température moyenne (°C) du même mois.

Cette relation permet d'établir à partir le tableau.I.07 un diagramme pluviothermique (Fig.I.11) sur lequel les températures sont portées à une échelle double des précipitations. Lorsque les températures passent au dessus de la courbe des précipitations, la période correspondante est déficitaire en eau : et lorsque la courbe des précipitations passe au dessus de celle des températures, la période correspondante est humide.

Tableau.I.07: Données des précipitations et des températures moyennes mensuelles.

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
Précip(mm)	12.83	6.93	7.14	7.95	4.15	1.84	0.17	1.69	5.98	6.43	7.85	12.82
2T (°C)	20.78	25.7	32.74	40.4	50.56	60.24	65.68	65.5	56.88	44.56	31.48	22.06

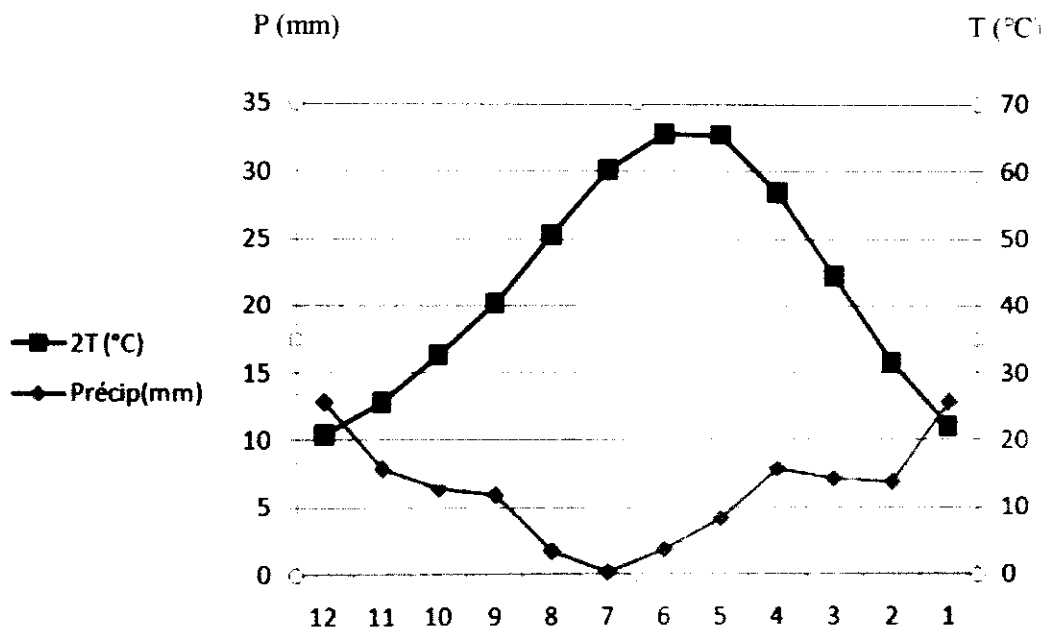


Figure.I.11: Courbe pluvio-thermique de région d'El-Oued (1978-2016).

A partir de ce diagramme, on constate que l'année hydrologique de la région d'étude est caractérisée uniquement par une période sèche et l'absence total de la période humide, même pour le mois de janvier qui est marqué par la température la plus basse (10.39 °C) et la précipitation la plus élevée (12.83 mm). La détermination de cette période a une importance primordiale pour les besoins en eau d'irrigation.

I.6.3.3. Climagramme d'Emberger

$$Q = 3.74 P / M - m$$

Q : Quotient pluviométrique d'Emberger

P : Précipitation moyenne annuelle (mm).

M : Total de température du mois le plus chaud (°C), c'est le mois de juillet.

m : Total de température du mois le plus froid (°C), c'est le mois de janvier.

Application numérique :

$$P = 75.78 \text{ mm}$$

$$M = 948.9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$m = 298.7 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

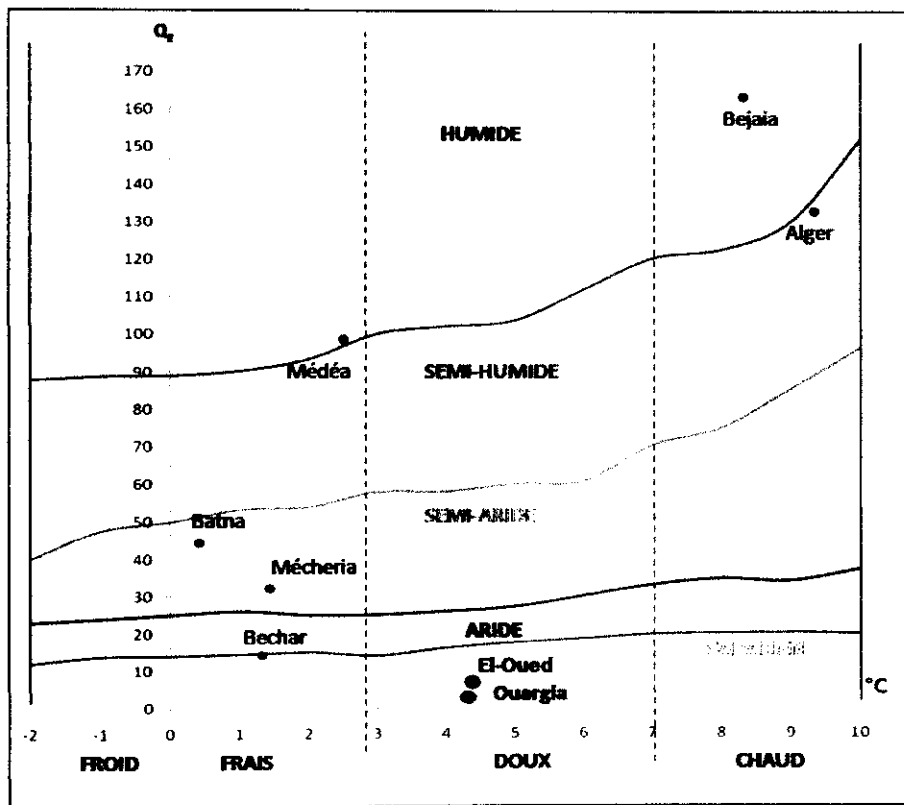


Figure.I.12: Climagramme d'Emberger pour la région d'Oued-Souf.

$$Q = 3.74 * 75.78 / 948.9 - 298.7$$

$$Q = 0.435$$

Selon le climagramme d'Emberger (Fig.I.12), le climat de la région est de type hyper-aride.

I.7. Cadre hydrogéologique de la zone d'étude

I.7.1. Présentation de système aquifère de sahara septentrional

Le système aquifère du Sahara septentrional (SASS) est partagé entre trois pays : l'Algérie, la Tunisie et la Libye. Il recouvre une étendue de plus d'un million de km², dont 70 % se trouvent en Algérie, 6 % en Tunisie, et 24 % en Libye. Le SASS est la superposition de deux principales couches aquifères; la formation du Continental Intercalaire, CI, la plus profonde et celle du Complexe Terminal, CT (Fig.I.13).

Le bassin sédimentaire du Sahara septentrional (BG, 2002) couvre une superficie de 780 000 km². Ce bassin possède une envergure de 1800 km E-W et de 900 km N-S (OSS, 2003). Il est limitée au Nord-ouest par les piémonts du versant Sud de l'Atlas saharien, au Nord par l'accident sud atlasique au Nord des Chotts, relayé vers le golf de Gabès par la faille d'El Hamma - Médenine. A l'Ouest, la limite se situe au niveau de l'Oued Saoura-Reggane, au Sud par un alignement Est-ouest, de plateaux (Hammadas) du Tinrhert et du Tademait. Enfin, la limite Nord-est se situe un peu après les reliefs du Dahart et celle du Sud-est parcourt la région de Syrte et va jusqu'à la ville de Hun en Libye (Castany, 1982). Ce bassin, constitue une importante dépression topographique, laquelle est sous-tendue par une cuvette structurale en forme de synclinal dissymétrique. La série sédimentaire est marquée, au centre de la fosse, par d'importants accidents tectoniques subverticaux. Les pendages des bancs sont en général faibles, à l'exception de la zone bordière située au nord-est du bassin (Busson.G, 1970 ; Fabre.J, 1976 ; SASS 2002). Celui-ci comporte, à sa base, des formations paléozoïques marines surmontées en discordance par les formations continentales du Secondaire et du Tertiaire épaisses de plusieurs milliers de mètres. Le Quaternaire y succède. Il est constitué essentiellement de sables dunaires dont l'épaisseur peut atteindre quelques centaines de mètres. Seule la série supérieure présente un intérêt hydrogéologique.

Le système aquifère d'El-Oued est constitué de trois aquifères (UNESCO, 1972 ; OSS, 2003 ; Guendouz et Al, 2006 ; Khechana, 2014), un aquifère libre, et deux aquifères captifs; (le Complexe Terminal (CT) et le Continentale Intercalaire (CI)).

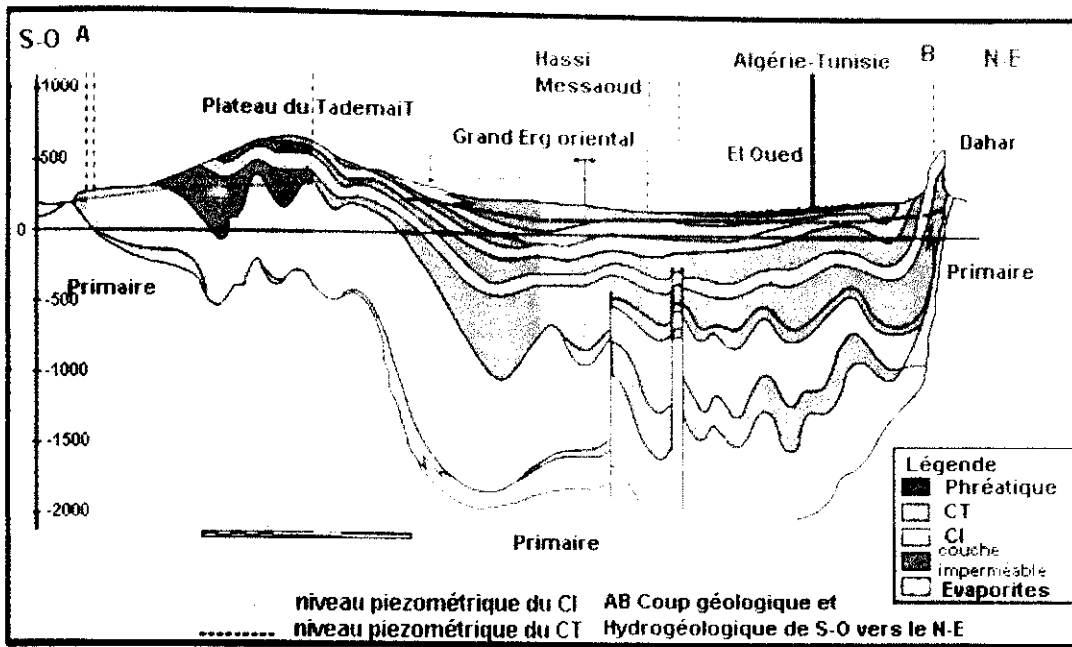


Figure.I.13: Coupe hydrogéologique des aquifères du Sahara septentrionale
(U.N.E.S.C.O., 1972).

I.7.2. Présentation des nappes aquifères de la région du Souf

I.7.2.1. Nappe phréatique (libre): la nappe libre présente dans toute l'Oasis du Souf correspond essentiellement à la partie supérieure des formations continentales déposées à la fin du Quaternaire, elle peut être rencontrée à des profondeurs variant de 1 et 20 mètres (BG2002). Vu son importance, cette nappe représentait la source principale d'irrigation d'importantes palmeraies, elle est surtout exploitée par des puits traditionnels qui sont en nombre de 16000 puits. La nappe libre est constituée de formations détritiques d'âge quaternaire et miopliocène représentées par des sables, grès, sables argileux et des argiles sableuses avec un substratum constitué d'argiles. La profondeur du substratum dans la région de Souf est comprise entre 50 et 90 m (Senoussi et al, 1992 ; Meziani et al, 2011). La porosité efficace a été définie de la nappe libre, comprise entre 6 % et 23 %. Ces valeurs sont usuelles pour des sables fins (BG, 2003). La circulation des eaux dans cette nappe est relativement lente sur toute la région d'El-Oued, particulièrement dans les zones caractérisées par l'existence de lentilles argileuses qui influent sur la perméabilité des sables. Excepté dans la région des Chotts la nappe libre est présente sur toute la région de Souf. Les principales sources d'alimentation de cette nappe sont les pluies torrentielles. l'infiltration des eaux domestiques sous les zones urbaines, viennent s'ajouter depuis quelques années, les eaux d'irrigation provenant des nappes profondes (CT et CI).

1.7.2.2. Nappe du complexe terminal (CT): le terme de complexe terminal regroupe sous une même dénomination un ensemble de nappes aquifères qui sont situées dans des formations géologiques différentes allant du Sénonien supérieur (carbonaté) au Mio-Pliocène (détritique). Dans le bassin oriental, la nappe du complexe terminal s'étale sur près de 350000 Km², et limitée à l'Ouest par la dorsale du M'zab, au Nord par l'accident majeur de l'Atlas saharien, à l'Est par le Dahar, au Sud par la ligne passant au Nord de l'axe d'In Salah Zarzaitine sous l'Erg oriental. D'après (D.H.W, 2005), nous rappelons l'existence de 3 nappes dont les deux premières correspondent respectivement aux nappes des sables d'âge miopliocène et pontien (Fig.I.14), alors que la dernière correspond à la nappe des calcaires d'âge sénonien à éocène supérieur.

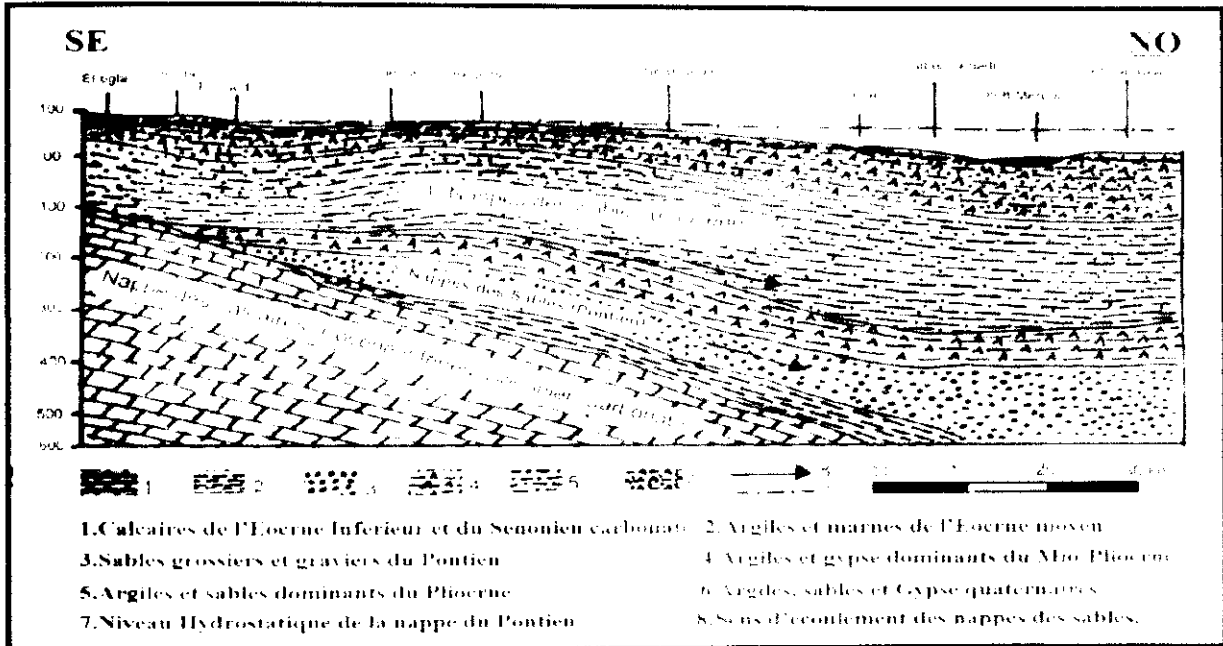


Figure.I.14: Présentation des formations aquifères du complexe terminal à El Oued.

L'écoulement des eaux de la nappe du CT s'oriente vers les chotts du Sahara Oriental : Melghir et Merouane en Algerie, Rharsa et Djerid en Tunisie. Alors que dans le bassin occidental les eaux de la nappe se mélangent avec celles du Continental Intercalaire (OSS 2003 ; Guendouz et al 1992-1995).

♦ **Nappe des Sables:** Au sein de ces niveaux sableux viennent s'engendrer deux nappes de type captif, dont la première correspond à la formation supérieure du complexe terminal appelée communément réservoir du "Sub-Souf". Cette nappe constituée de sables grossiers et faisant partie du Complexe Terminal, émerge progressivement vers le Nord du Sahara en

direction de la fosse Sud au Rustine. Dans la région d'étude elle se situe en moyenne à 100 mètres de profondeur. Il faut mentionner également l'existence d'une deuxième nappe de sables d'âge pontien. Au dessus des bancs supérieurs de la nappe des calcaires et en contact avec les marnes de l'éocène inférieur et des graviers siliceux constituant donc une deuxième nappe captive en continuité avec la nappe du pontien du sud Tunisien, la profondeur de cette nappe varie entre 400 et 450 mètres, quant à l'épaisseur unité de cette nappe elle est de 50 mètres environ. L'écoulement des eaux dans ces deux dernières nappes se fait du Sud-ouest vers le Nord-est, autrement dit vers la zone des Chotts (Melghir et Merouane). Dans les zones à fortes exploitations telles que la ville d'EL Oued, l'extraction des eaux se fait par pompage. Par contre dans les régions où l'exploitation est moindre à Taleb Larbi et Douar EL Maat, la nappe est artésienne. C'est le cas de la nappe de Pontien.

• **Nappe des Calcaires** Le Complexe Terminal du Souf possède une lithographie très complexe. Les forages captant cette nappe montrent l'existence de deux niveaux dans lesquels de repère pour la classification des eaux souterraines. Du Sud au Nord nous observons l'existence d'un premier niveau calcaire mieux individualisé, parfois il est purement marné, quelque fois il est formé par des calcaires gypseux et correspond ainsi au niveau inférieur. Le niveau supérieur, principalement représenté par des calcaires siliceux est considéré comme une zone de transition entre la nappe des calcaires et celle des sables. Dans l'ensemble ces deux niveaux sont séparés par des formations tantôt marnées, tantôt sableuses en passant par des argiles (rouges). Les forages profonds captant cette nappe, nous montrent que sa profondeur varie entre 350 et 700 mètres, mais il faut mentionner également que cette dernière n'est pratiquement pas exploitée dans la région du Souf.

1.2.3. Nappe du Continental Intercalaire Le terme du Continental Intercalaire correspond ainsi aux formations continentales du Crétacé inférieur, qui ne peut être que la période continentale intercalée entre deux cycles sédimentaires: la régression marine marquée d'une transgression du Crétacé supérieur. Le Continental Intercalaire (C.I.) occupe l'inter-réle stratigraphique compris entre la base du Trias et le sommet de l'Albien. Le réservoir aquifère du continental intercalaire est considérable, il représente le plus important aquifère dans le Sahara septentrional, du à son extension (plus de 600 000 Km²) et à son épaisseur moyenne de plusieurs centaines de mètres. L'intérêt majeur de ce système aquifère réside dans la grande quantité d'eau stockée au cours des périodes pluvieuses du Quaternaire et peut être naturellement exploitée. Cependant, en l'absence de toute recharge naturelle par les eaux météoriques, il présente donc un fonctionnement éolien, il se caractérise par une alimentation, un écoulement

et une série d'exutoires. Le réservoir est constitué par des sables et des grès d'âge crétacé inférieur. La nappe est confinée entre un toit, constitué par une épaisse couche d'argiles et de marnes d'âge Cénomanien, alors que le mur est constitué des argiles d'âge néocomien. L'épaisseur totale du réservoir dépasse 250 m dans les plus grandes parties du Sahara Septentrional. Elle atteint 1000 m au Nord-Ouest.

I.7.3. Stratigraphie des nappes aquifères d'El-Oued

A l'instar des coupes hydrogéologiques réalisées dans la zone d'étude, nous avons établi une colonne stratigraphique (fig.I.15) qui montre la répartition des aquifères et les caractéristiques hydrogéologiques des formations représentées dans la zone d'étude.

Nature hydrogéologique		Nature lithologique	Etagé		Ere
Nappe phréatique		Sables	Quaternaire		
Niveau imperméable		Argiles			
1 ^{ère} nappe des sables	Nappe de Complexe Terminal (CT)	Sables	Pliocène		Tertiaire
Semi-perméable		Argiles gypseuses			
2 ^{ème} nappe des sables		Sables grossiers, graviers	Pontien	Miocène	
Niveau imperméable		Argiles lagunaires, marnes	Moyen	Eocène	
Nappe des calcaires (perméables)		Calcaire fissuré	Inférieur	Crétacé	Secondaire
Semi-perméable			Sénonien carbonaté		
		Evaporites, argiles	Sénonien lagunaire		
Niveau imperméable		Argiles, marnes	Cénomanién		
Nappe de Continental Intercalaire (CI)	Sables et grès	Albien			

Figure.I.15: Colonne stratigraphique des aquifères d'El Oued (D.W.H.,2004).

I.8. Conclusion

Oued Souf est une région au climat saharien car la température y est élevée durant la plupart des mois de l'année surtout pendant les mois de juillet et août. Elle est donc considérée comme une région sèche en raison du manque de pluie.

La géologie de la région est caractérisée par la présence d'une couche supérieure perméable parce que sa nature est sableuse, ce qui facilite la déposition de l'eau vers la nappe phréatique.

Quant aux différentes activités qui caractérisent la région, à la fois industrielle, artisanale et des activités agricoles, notons que l'agriculture a connu de grands progrès ces dernières années grâce aux réserves d'eaux souterraines et la facilité d'exploitation des terres grâce à l'utilisation de la technologie.

Au cours des dernières années, Oued Souf a connu de grand progres dans le domaine agricole grace à l'existence d'un grand réservoir d'eaux souterraines et aux encouragements de l'Etat à la mise en valeur dans les zones saharienne, La disponibilité de la technologie a facilité l'exploitation des eaux souterraines et l'introduction des nouvelles techniques d'irrigation et de machinisme agricole. Ce qui a entraîné l'utilisation massive des engrais et des de pesticides.

II.1. Pollution nitrique

II.1.1. Cycle d'azote

L'atmosphère terrestre constituée de 78% de désazotées, la principale source d'azote. L'azote est assimilable par les plantes, principalement sous forme de nitrate (NO_3^-).

La décomposition d'organismes morts ou de déjections (azote organique) est une autre source d'azote qui après transformation peut produire du nitrate. L'azote sous forme d'ammoniac et de nitrite est très toxique pour de nombreux êtres vivants. Le nitrate est une forme stable de l'azote. Les ions nitrates (NO_3^-) entrent ainsi dans l'ensemble des chaines alimentaires. Le changement de l'occupation du sol entraine une libération de nitrate, mais la principale source d'origine humaine provient des apports d'engrais azotés (d'origine animale ou chimique). Même si une bonne partie de l'azote apportée est consommée directement par les cultures, une partie notable peut être lessivée par l'eau de pluie. Les ions nitrate, très solubles dans l'eau, sont mobiles dans les écosystèmes. Le ruissellement, l'érosion et les pluies tendent à ramener les nitrates non captés par la biomasse terrestre vers les rivières, les lacs, les nappes phréatiques et les océans (fig.II.01). Ce phénomène, absolument naturel, a été fortement amplifié par l'utilisation d'engrais de synthèse et l'évolution des techniques de travail du sol depuis le milieu du XX^{ème} siècle. Toutes les sources d'azote sont des sources potentielles de nitrate. Dans l'eau, ces substances peuvent provenir de la décomposition de matières végétales ou animales, d'engrais utilisés en agriculture, du fumier, d'eaux usées domestiques et industrielles, des précipitations ou de formations géologiques renfermant des composés azotés solubles. La concentration en nitrates dans les eaux souterraines et les eaux de surface peut atteindre des niveaux élevés à cause du lessivage des terres cultivées ou de la contamination par des déchets d'origine humaine ou animale. Selon différentes procédures d'évaluation, l'agriculture est responsable de plus de 95% des émissions de NO_3^- et de plus de 60% des pertes d'azote vers les eaux. L'enrichissement généralisé des milieux par l'azote s'accompagne de nombreux problèmes environnementaux : contamination nitrique des eaux,

eutrophisation des écosystèmes aquatiques, émission d'ammoniac et formation d'aérosols, aggravation de l'effet de serre.

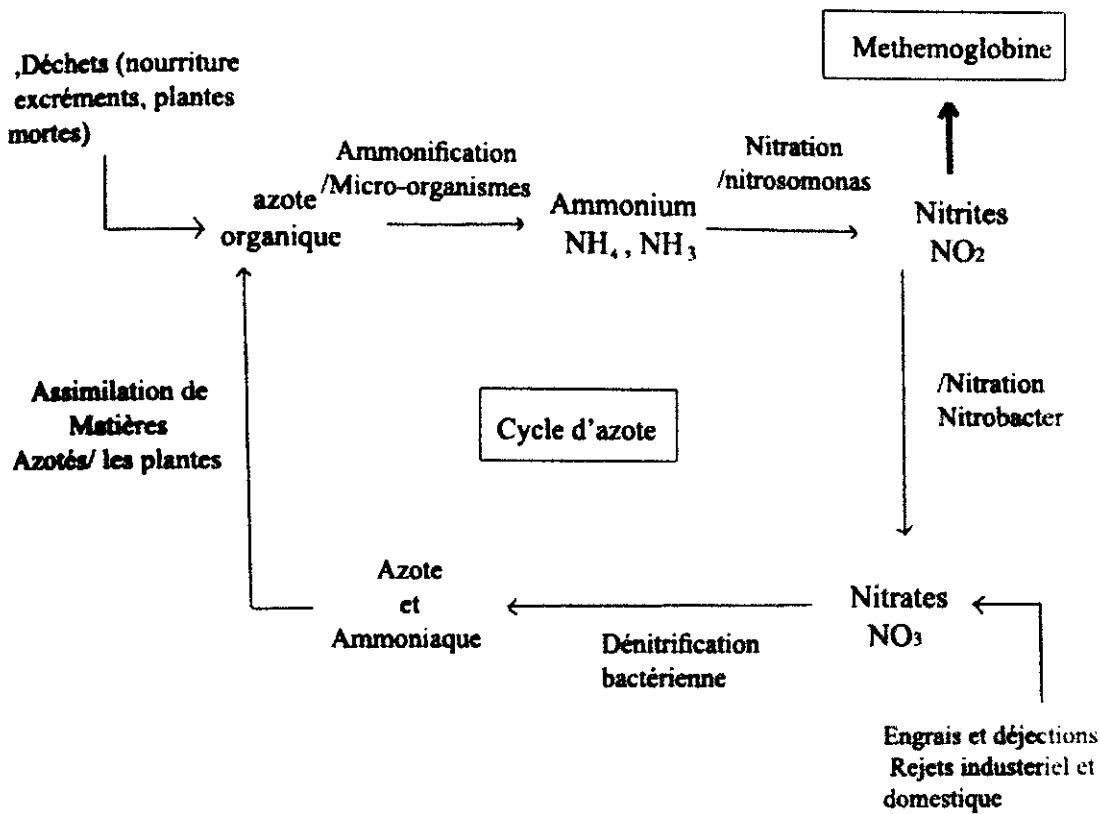


Figure.II.01: Le cycle de l'eau et de l'azote (BOUZIANI, 2002).

II.2.Généralités à propos de des nitrates

Selon MARCEZ MAZOYER 2002, le terme d'anion nitrate NO_3^- est la forme sous laquelle l'azote est principalement absorbé par les végétaux, sel de l'acide nitrique.

A cet effet plusieurs formes de nitrates existent à savoir celles de sodium, de calcium, de potassium d'ammonium qui sont utilisés comme fertilisants à l'état pur ou en mélanges: ce sont des engrais nitriques.

L'azote apporté par ses engrais sous forme nitriques est instantanément soluble dans la solution de sol, On trouve le nitrate de soude contient au moins 15% d'azote nitrique, le nitrate de chaux contenant 15 à 15,5% d'azote nitrique, le nitrate de potassium contient au moins 13% d'azote nitrique.

Par ailleurs, nous signalons que l'opération de nitrification s'explique par la transformation de l'azote ammoniacal NH_4^+ en azote nitrique NO_3^- . Cette opération comporte deux étapes à savoir la nitrosation et la nitrification.

La nitrosation: est la transformation dans le sol de cation ammonium (NH_4^+) en anion nitrite (NO_2^-) due à l'activité de bactéries aérobies de genre *Nitrosomonas*.

Quant au *Nitrobacter* (bactérie aérobies responsable de l'oxydation de l'azote nitreux (NO_2^-) en azote nitrique (NO_3^-)).

Nous signalons qu'il existe des bactéries épuratrices à l'image de *Thiobacillus*, *Pseudomonas* et *Paracoccus*.

II.3. Principaux éléments responsable d'existence des nitrates

Comme il a été ci-dessus, les nitrates ont principalement comme origine de l'agriculture c'est-à-dire à travers les engrais et les herbicides, et origine de l'azote de l'atmosphère.

On peut les trouver également dans les eaux résiduaires notamment industriels, domestiques.. ect

A cet effet, de nombreuses nappes souterraines ont été polluées par les engrais (nitrates et nitrites), Cas de Miliane: 270 mg/l (BOUZIANI, 2002). Cette pollution a été considérée comme une catastrophe écologique. Notons que les ions azotés (NO_2^- , NO_3^- et NO_4^+) sont surtout produits par des processus naturels de décomposition de matières organiques.

Donc, on peut dire que les sources de pollution aux nitrates dans les eaux souterraines sont comme ici:

- Entraînement de nitrates provenant de l'utilisation d'engrais vers les nappes phréatiques ou les cours d'eau, du fait des lessivages par les pluies, notamment avec des sols nus entre cultures.
- Effluents agricoles provenant des élevages, domestiques ou industriels.
- Rejets de stations d'épuration

- Minéralisation des matières organiques du sol, puis entraînement par la pluie dans les sols nus.
- Fixation de l'azote atmosphérique.
- les engrais organiques provenant de la production animale.

L'agriculture est en grande partie responsable de l'augmentation des nitrates par l'utilisation d'engrais (ammonitrate, urée, etc.) et la culture de légumineuses. Les nitrates NO_3^- sont un produit de la dégradation de l'azote par les bactéries. Les nitrates sont stables dans le sol et peuvent y rester très longtemps. La pollution aux nitrates résulte d'un effet cumulatif depuis le début de la fertilisation des cultures par l'apport massif d'amendements organiques (fumier, lisier, résidus de récoltes, etc.) et d'engrais minéraux.

Il peut y avoir un apport atmosphérique non négligeable provenant de décharges électriques.



II.4. Conséquences des nitrates

II.4.1. Conséquences sanitaires

Il est à signaler que cet élément "indésirable" sur devenir dans l'organisme cause des maladies comme indiqué dans le schéma suivant d'après (BOUZIANI, 2002).

Les nitrates : devenir dans l'organisme

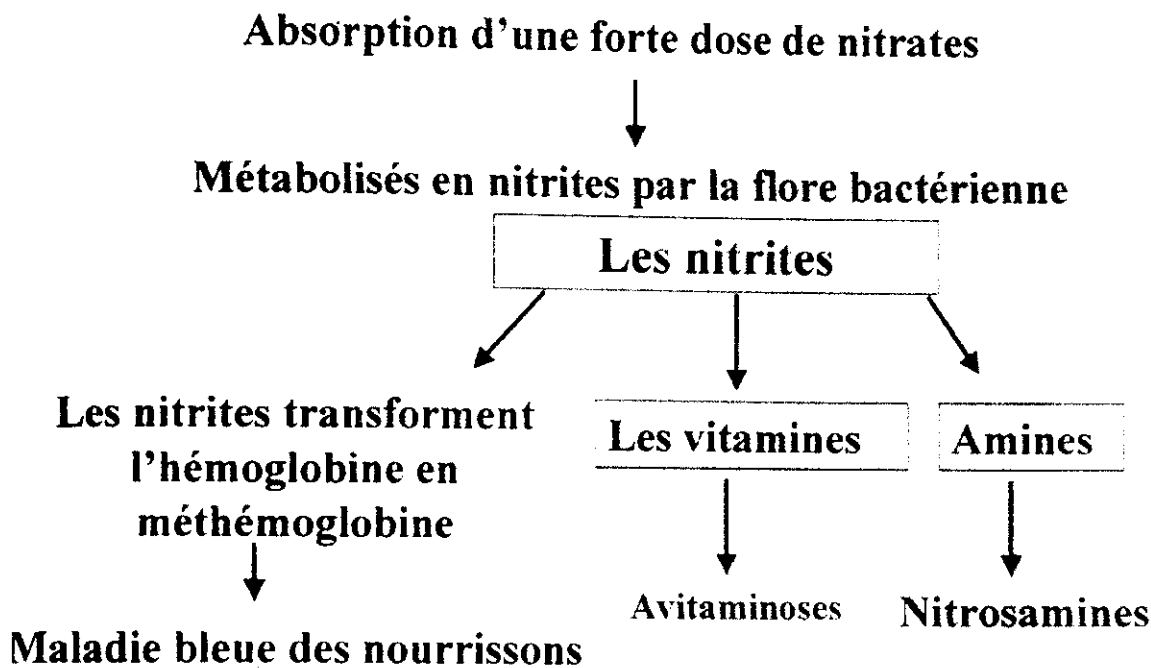


Figure.II.02: Les effets d'une forte dose de nitrate à l'organisme (BOUZIANI, 2002).

L'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S) fixe la concentration maximale en nitrates dans l'eau potable à 50mg/l. En eux-mêmes les nitrates ne sont pas toxiques pour l'homme. En revanche, leur transformation en nitrite dans le tube digestif, sous l'action de bactéries, peu poser problème. Des études scientifiques confirment le risque d'effets nocifs aigus comme représenter dans la (fig.II.02), à partir de 50 mg/l de nitrates dans l'eau de consommation humaine. Ce risque de réduction des capacités de transport de l'oxygène par l'hémoglobine du sang, pour l'adulte, est faible. A côté de cela, lors d'expositions répétées sur le long terme, les nitrates participent à la formation de nitrosamines, molécules dont le caractère cancérogène est avéré. Plus de 10 millions d'européens sont exposés à des taux de nitrates dans l'eau potable dépassant les seuils réglementaires avec un risque de cancer accru s'ils la boivent régulièrement (C.D.S.P).

II.4.2. Conséquences sur les eaux superficielles

Les eaux superficielles peuvent être contaminées par ruissellement, déversement par exemple d'une station d'épuration ou indirectement par les eaux souterraines. La contamination aux nitrates des eaux superficielles entraîne généralement une eutrophisation

importante de ces eaux par le développement de la biomasse. Les marées vertes en Bretagne directement liées aux fuites de nitrates en sont un exemple frappant.

II.4.3. Conséquences sur les eaux souterraines

La quantité de nitrates dans les eaux souterraines est directement liée aux quantités de fertilisant azoté épandu sur les surfaces agricoles situées au-dessus de nappes phréatiques. Les nappes avec de fortes recharges d'eau (remontées de la nappe), corrélées à de fortes charges d'azote épandues sur le sol, présentent les concentrations de nitrates les plus élevées. D'une manière générale, la concentration en nitrates tend à diminuer avec la profondeur dans le sol retraçant avec précision l'évolution croissante des apports de fertilisant depuis ses débuts à nos jours. À long terme, les concentrations en nitrates restent élevées dans les aquifères peu profonds en raison des apports continus de fertilisant azoté par l'agriculture.

La vulnérabilité d'une nappe phréatique aux nitrates dépend des propriétés du sol, en particulier de sa perméabilité ainsi que des propriétés de l'aquifère (variation de la hauteur de la nappe, taux de recharge, vitesse de percolation.. etc).

II.4.4. Conséquences économiques

Système de production d'eau potable avec résines échangeuses d'ions (cations et anions).

L'eau contaminée par les nitrates doit être traitée avant de pouvoir être bue. Les traitements chimiques et bactériens permettant d'éliminer les nitrates sont coûteux même pour les pays développés. Ces traitements se font par exemple à l'aide de résines échangeuses d'ions (chlorure /nitrate).

II.5. Normes et recommandations:

Une eau potable doit présenter un certain nombre de caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et en outre répondre à des critères organoleptiques essentiels (incolore, insipide, inodore, fraîche) appréciés par le consommateur.

Selon les normes de la F.A.O (1989) les substances chimiques dites indésirables dont les nitrates et les nitrites ont comme les limites maximales acceptables. (50 mg/l pour les nitrates et 0.1 à 1 mg/l pour les nitrites).

Quant aux normes Algériennes selon le J.O.n° 41 du 15 juillet 2012 (tab.II.01), elles sont de 50 mg/l pour les nitrates et 0,1 pour les nitrites pour les eaux d'une gestion.

Tableau.II.01: Normes algériennes pour l'eau minérale naturelle et l'eau de source

(J.O.n° 41 du 15 juillet 2012).

Paramètres	Teneur	Unité
SUBSTANCES INDISERABLES		
Aluminium	0,2	mg/l
Nitrate	50	mg/l
nitrite	0,1	mg/l
Ammonium	0,05 – 0,5	mg/l

II.6. Les effets des nitrate dans les nappes

Les nitrates modifient les conditions chimiques d'oxydo-réduction du milieu et donc la teneur en certains autres éléments en solution. Il se pourrait aussi que l'écologie de ces milieux souterrains soit affectée (bactéries, micro-invertébrés souterrains vivant dans les nappes), mais ceci a été peu étudié jusqu'ici. Dans les eaux douces bien oxygénées, le processus de dénitrification ne se produit pas. L'effet majeur des nitrates sur les eaux de surfaces est de les conduire à l'eutrophisation. Ce processus se produit lorsque les eaux sont trop chargées en nitrates et en phosphates, ces deux nutriments étant nécessaires à la croissance des végétaux. Les grandes concentrations d'algues perturbent les milieux, entraînant de grande variation du taux d'oxygène entre le jour et la nuit. Lorsque de grandes quantités d'algues meurent, leur décomposition consomme la totalité de l'oxygène présent dans l'eau, induisant ainsi l'anoxie (absence d'oxygène). Dans ces conditions, les poissons et les invertébrés du milieu meurent en grand nombre. Ce manque d'oxygène est très aigu dans les zones où le transit de l'eau est fortement ralenti (lacs, bras mort, estuaires...). Le phénomène d'eutrophisation survient généralement au printemps et en été lorsque l'ensoleillement est fort et les températures élevées, favorisant la photosynthèse. Le rapport entre nitrates et phosphates est un facteur important dans le développement des végétaux. Lorsque l'un des deux nutriments vient à manquer, le développement des végétaux est stoppé.

En général, dans les parties amont des cours d'eau, les phosphates sont le facteur limitant de la productivité des écosystèmes aquatiques. En zones estuariennes, les nitrates sont toujours le facteur limitant de l'eutrophisation. Les teneurs en nitrates qui permettent d'éviter l'eutrophisation des cours d'eau sont beaucoup plus basses que les teneurs admissibles pour l'eau potable. Au lieu des 50 mg/l (norme de potabilisation de l'eau), c'est à partir de seulement 1 mg/l dans les rivières ou les lacs que le risque d'eutrophisation peut survenir, en commençant par les eaux stagnantes.

II.7. Conclusion

Il ressort de cette bibliographie que l'hypernitration dans les eaux de boisson est nocive pour la santé notamment celles dépassant les 50 mg/l.

A cet effet la protection des différents nappes hydrique est indisponible afin d'éviter des catastrophes écologiques surtout pour le cas de notre wilaya où l'agriculture a connu un essor considérable ces dernières années entraînant l'utilisation massive des engrais, des pesticides et des herbicides.

Par ailleurs, il est à rappeler qu'une catastrophe écologique a pour se produire dans la plaine de Mitidja en 2014 suite à la pollution de la nappes phréatique par les nitrates liés à l'utilisation des engrais azotés par les exploitants agricoles au niveau des cultures maraichères pratiquées sous-serres. A cet effet. Les autorités locales avaient fermés certains puits car les eaux sont devenus saumâtres à l'infiltration des nitrates dans la nappe phréatique, Des certaines de poissons auraient péri par asphyxie dans les eaux des oueds.

Au cours de ce travail, nous avons procédé à la mesure des principaux paramètres physico-chimiques des eaux à savoir : la température, le pH, la turbidité, la dureté totale, le calcium, le magnésium, l'alcalinité (totale et taux en bicarbonates), les sulfates, les chlorures et essentiellement les nitrates et les nitrites.

III.1.Choix des stations d'étude

Les choix des localités obéissent aux critères suivants :

- A la distance : toutes les localités choisies sont à une distance de 1 à 3 km du chef de lieu et en plus munies de routes facilitant le travail.
- A la direction de la prise d'échantillon s'est effectué dans toutes les directions Nord, Sud, Est-Ouest afin de voir s'il y a une influence de la situation géographique.

III.2.Prélèvement des échantillons

Le prélèvement d'eau est manuel, l'échantillon est prélevé dans un flacon en plastique. Avant son remplissage, le flacon est rincé plusieurs fois avec de l'eau de forage.

La somme des stations d'étude est 18 stations divisé en: 09 puits au niveau de la nappe phréatique, 06 forages de complexe terminale et 03 forages de continent intercalaire (fig.03).

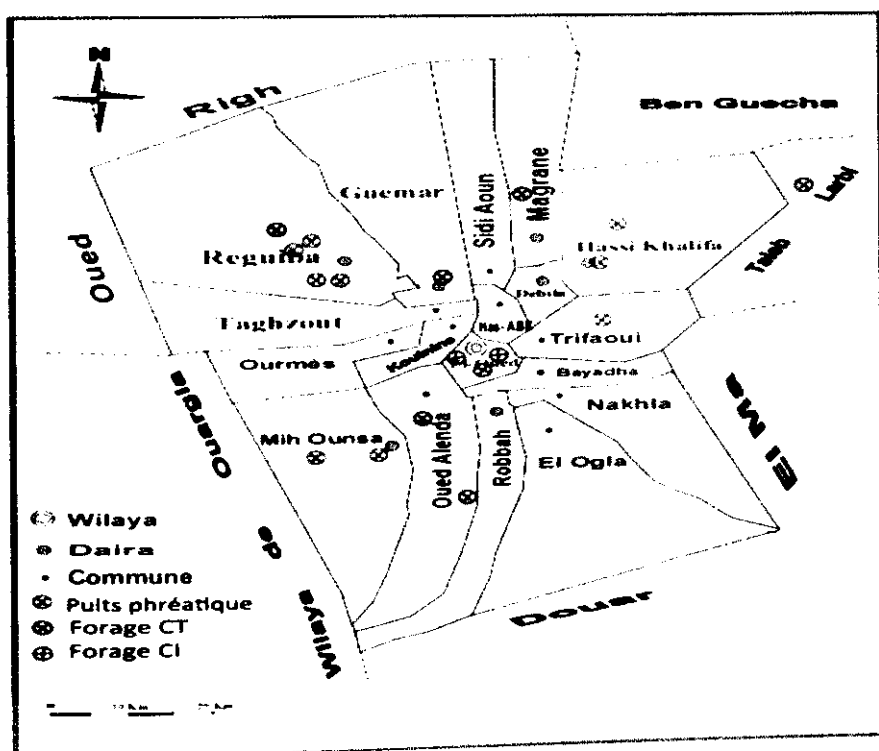


Figure.III.01: Carte de localisation montrant les station d'étude échantillonnées.

III.3.Appareillage d'analyse

III.3.1.Mesure de la température

La mesure de température doit être faite sur site, soit en utilisant un appareil électrométrique, soit un thermomètre. La lecture doit s'effectuer après 10 minutes de l'immersion de l'électrode.

La température est d'une grande importance dans l'étude et la surveillance des eaux. Une eau de boisson est de bonne fraîcheur à la consommation lorsque sa température varie de 9 et 12 °C.

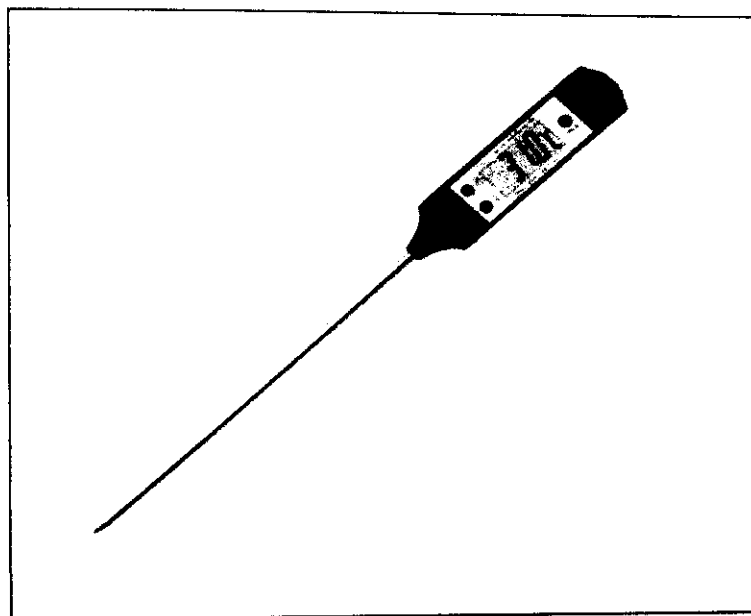


Photo.III.01: Thermomètre électronique portable.

III.3.2.Mesure du pH

Parmi les paramètres les plus importants dans la qualité de l'eau c'est le pH qui est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. La mesure du pH a été effectuée par la méthode électrochimique en utilisant une électrode en verre. L'appareil qui permet de mesurer le PH de l'eau appelé PH-mètre classique (photo 03) ou PH-mètre portable (photo.III.02).

Mode Opératoire :

- Rincer l'électrode avec l'eau distille, puis une à 2 fois par l'échantillon à analyser ;
- Immerger l'électrode dans l'échantillon.
- La lecture après stabilisation du pH à une température donnée.



Photo.III.02: PH-mètre électronique.

III.3.3.Mesure de la turbidité

L'eau peut contenir des substances qui peuvent perturber la couleur transparente de l'eau, pour confirmer cette transparence de l'eau potable on doit mesurer la turbidité de cette eau.

- Si la turbidité ≤ 5 NTU, l'eau est claire.
- Si la turbidité est comprise entre 5 et 30 NTU, l'eau est légèrement trouble,
- Si la turbidité est supérieure à 50 NTU, l'eau est trouble

La turbidité se mesure à l'aide d'un appareil appelé turbidimètre (photo.III.04)

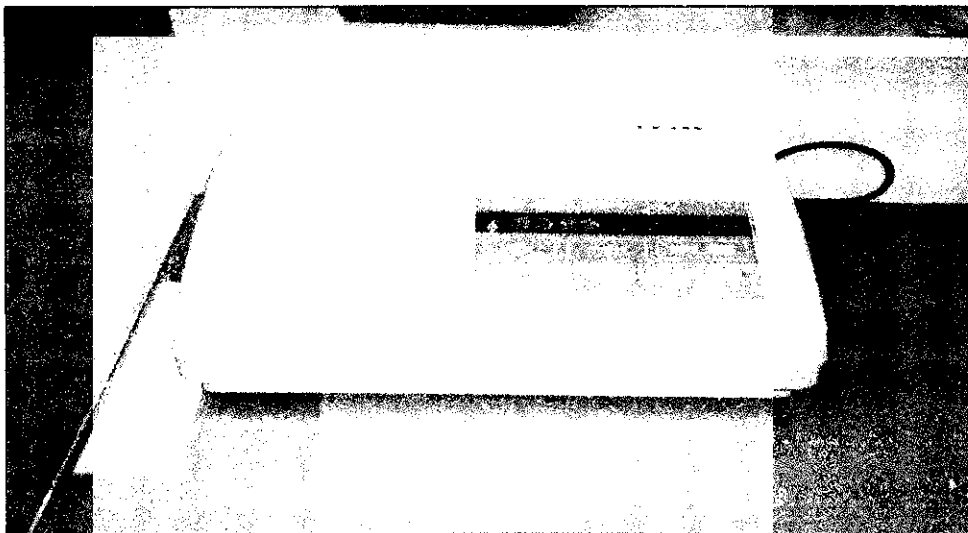


Photo.III.03: Turbidimètre Hatch utilisé.

III.3.4. Dosage de la dureté totale

Principe :

Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe de type chélate par le sel di sodique de l'acide éthylène. La disparition des dernières traces d'éléments à doser est décelée par le virage d'indicateur spécifique en milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation de Mg. Cette méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium.

Réactifs utilisés :

- Solution d'EDTA 0.02 N
- Solution étalon de calcium à 0,4 g /l
- Solution tampon.

Mode opératoire :

Dans un erlenmeyer de 250 ml, on prélève 10 ml d'eau, on chauffe avec un bain Marie une température d'environ 60°C puis on ajoute 1 ml de la solution tampon (pH = 9,5 – 10) et (3) gouttes d'indicateur coloré N.E.T. Verser la solution d'EDTA jusqu'au virage du rouge au bleu vert.

On peut mesurer la dureté totale de l'eau avec un photomètre (photo.III.05).

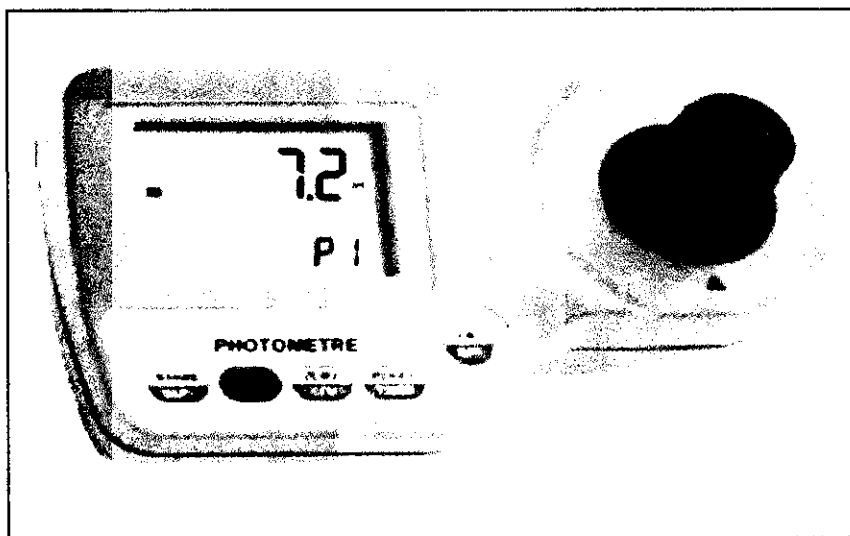


Photo.III.04: Photomètre dureté totale.

Expression des résultats :

$$T.H = (N_{EDTA} \times V_{EDTA}) \times 1000 / V_0$$

T.H : c'est le titre hydrométrique en méq.g

$$T.H = (N_{EDTA} \times V_{EDTA}) \times 1000 / V_0 \times 5 (F^\circ)$$

III.3.5. Dosage de calcium

Principe :

Pour déterminer la dureté calcique, on utilise l'EDTA comme complexant. Auparavant on précipite le magnésium sous forme de $Mg(OH)_2$ vers $pH = 12$, par addition de la murexide qui répond à cette condition. Connaissant la Dureté totale d'une part et la dureté calcique d'autre part, il est facile par différence de calculer la dureté magnésienne qui pour la plupart des eaux naturelles inférieure à la dureté calcique.

Réactifs utilisés :

- Solution d'EDTA 0.02 N
- Solution NaOH
- Murexide
-

Mode opératoire :

Dans un erlenmeyer de 250 ml, on prélève 10 ml d'eau à analyser. On ajoute 0,4 ml de la solution NaOH une pincée de murexide puis verser la solution d'EDTA jusqu'au virage du rose au pourpre.

Expression des résultats :

$$Ten Ca^{+2} = (N_{EDTA} \times V_{EDTA}) \times 1000 / V_0 \times 20 \text{ mg/l}$$

III.3.6. Calcul du magnésium

Pour calculer la concentration des bicarbonates, nous a utilisé la loi suivante :

$$[Mg^{+2}] = (TH - [Ca^{+2}]) / 20$$

Avec :

TH : La dureté total...(°F)

$[Ca^{+2}]$: Concentration du calcium (mg/l)

III.3.7. Dosage de l'alcalinité

a) Détermination du titre alcalimétrique

Principe :

Cette détermination est basée sur neutralisation d'un certain volume d'eau. Un acideminéral dilué en présence de la phénophtaléine (p.p.).

Réactifs utilisés :

- Acide chlorhydrique HCl 0.1N ou H₂SO₄.
- Solution Phénophtaléine.

Mode opératoire :

Dans un erlenmeyer de 250 ml, on prélève 10 ml d'eau à analyser, on ajoute 3 gouttes de la solution P.P une couleur rose doit se développer dans le cas contraire le TA est nul.

b) Détermination du titre alcalimétrique complète

But

Le TAC mesure la teneur en hydrogénocarbonate dans l'eau.

Principe :

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par acide minéral dilué en présence du méthyle orange [47].

Réactifs utilisés :

- Acide chlorhydrique Hcl 0.1N.
- Solution de méthylorange.

Mode opératoire :

Dans un erlenmeyer de 250 ml, on prélève 10 ml d'eau à analyser on ajoute (02) goutte de la solution méthylorange ; on titre ensuite avec l'acide Hcl 0.1 N jusqu'au virage du jaune au jaune orangé.

Expression des résultats :

- $TA = 00$
- $TAC = (N_{Hcl} \times V_{Hcl}) \times 1000 / V_0$

Avec :

V_0 : Volume de la prise d'essai (ml), TAC : Titre alcalimétrique complet en méq.g.

III.3.8.Calcul des bicarbonates

Pour calculer la concentration des bicarbonates, nous avons utilisé la loi suivante :

$$[\text{HCO}_3^-] = (\text{TAC} \times M) / 5$$

Avec :

TAC : titre alcalimétrique complet.

M : masse molaire HCO_3^- .

III.3.9.Dosage des sulfates

La concentration en ion sulfate des eaux naturelles très variable, dans les terrains ne contenant pas une proportion importante des sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/l, mais ce chiffre peut être très largement dépassé (jusqu'à 300 mg/l). Dans les zones contenant du gypse ou lors que le temps de contacts est élevé.

Mode opératoire :

- 1- Appuyer sur Programmes HACH sélectionner le programme 680 Sulfate appuyer sur démarrer.
- 2-Transférer 10 ml de l'échantillon dans une cuve ronde et propre
- 3-Transférer le contenu d'une pochette de réactif sulfate dans la cuve.
- 4-Appuyer sur l'icône représentant la minuterie ; Appuyer sur OK.
- 5- Une période de réaction de 5 min va commencer ; ne pas remuer la cuve durant cette période.
- 6-Transférer 10 ml de l'échantillon (le blanc) dans une deuxième cuve ronde.
- 7- Lorsque la minuterie retentit ; essuyer l'extérieure du blanc (cuve) et l'introduire dans le compartiment de cuve.
- 8- Appuyer sur Zéro ; l'indication suivante apparaît à l'écran : 0 mg/l SO_4^{2-} Dans les 5 min après le retentissement de la minuterie ;

- Essuyer l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon préparé et l'introduire dans le compartiment de cuve ;
- Lire les résultats.

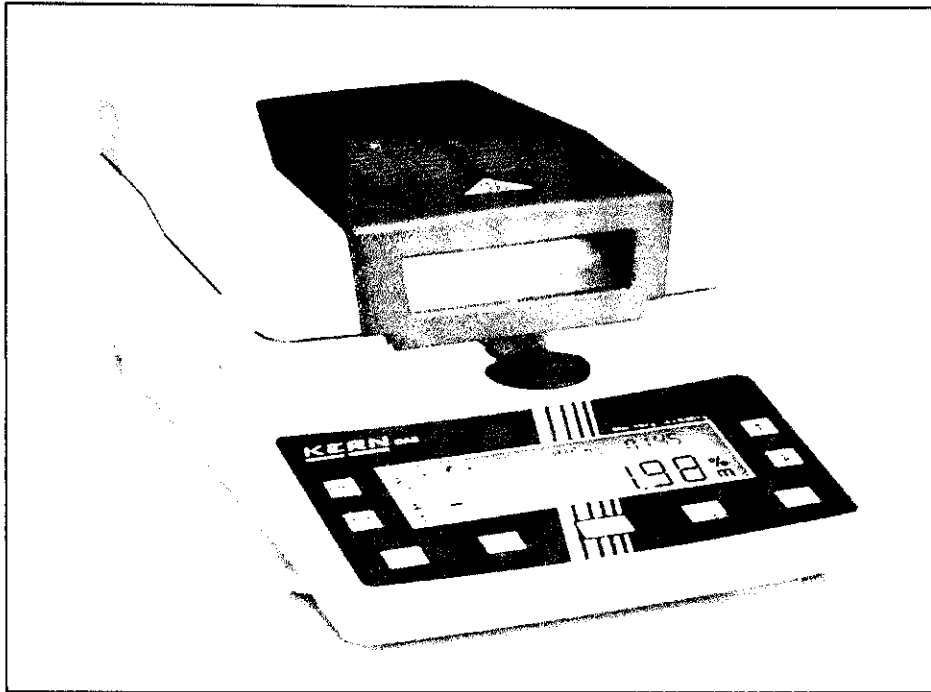


Photo.III.05: Dessiccateur et balance d'humidité.

III.3.10.Dosage des chlorures

Principe :

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

Réactifs utilisés :

- Solution de chromate de potassium.
- Solution de nitrate d'argent à 0,1N.

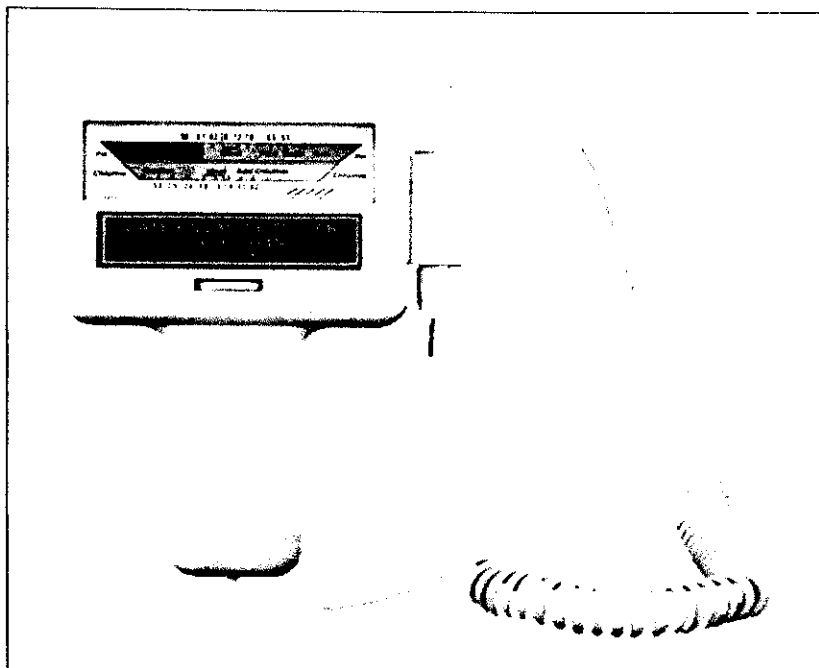


Photo.III.06: Testeur de qualité d'eau (PH et chlorure).

Mode opératoire :

Dans un erlenmeyer de 250 ml, on prélève 10 ml d'eau à analyser on ajoute (03) goutte de chromate de potassium à 10% puis on titre ensuite avec le nitrate d'argent (AgNO_3 0.1 N) jusqu'au virage rouge brique.

Expression des résultats :

Pour une prise d'essai de 10 ml

$$T \text{ en } \text{Cl}^- = (N_{\text{AgNO}_3} \times V_{\text{AgNO}_3}) \times 1000 / V_0 \times 35,45$$

III.3.11.Dosage des nitrates

Principe :

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

Réactifs :

- Solution de salicylate de sodium 0,5%, à renouveler toutes les 24 heures.
- Acide sulfurique concentré.
- Solution d'hydroxyde et de tartrate double de sodium et de potassium.

Hydroxide de sodium 400g

Tartrate double de sodium et de potassium 60g

Eau distillée q.s.p. 1000 ml

Faire dissoudre les sels dans l'eau. Laisser refroidir et compléter à 1000 ml. A conserver dans un flacon en polyéthylène.

-Solution mère étalon d'azote d'origine nitrique 0.1 g/l nitrate de potassium anhydre 0.722 g.

Eau distillée q.s.p. 1000 ml.

Chloroforme (pour conserver) 1 ml.

-Solution fille étalon d'azote d'origine nitrique à 0.005 g/l.

Amener 50 ml de la solution mère à 1000 ml avec de l'eau distillée.

Etablissement de la courbe d'étalonnage

Dans une série de capsules de 60 ml, introduire successivement dans le tabl.III.01:

Tableau.III.01: Les différentes capsules utilisées dans l'essai.

Numéro des capsules	T	I	II	III	IV
Solution étalon d'azote nitrique à 0.005 g/l (ml)	0	1	2	5	10
Eau distillée (ml)	10	9	8	5	0
Correspondence en mg/l d'azote nitrique	0	0.5	1	2.5	5
Solution de salicylate de sodium (ml)	1	1	1	1	1

- Evaporer à sec au bain-marie ou dans une étuve portée à 75-80°C (ne pas surchauffer, ni chauffer trop longtemps).

- Laisser refroidir. Reprendre le résidu par 2 ml d'acide sulfurique concentré en ayant soin de l'humecter complètement.
- Attendre 10 minutes, ajouter 15 ml d'eau bidistillée puis 15 ml de la solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium qui développe la couleur jaune.
- Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 420 nm.
- Soustraire des densités optiques lues pour les étalons, la valeur relevée pour le témoin.
- Construire la courbe d'étalonnage.

Mode Opératoire

- Introduire 10 ml d'eau dans une capsule de 60 ml (pour des teneurs en azote nitrique supérieures à 5 mg/l, opérer une dilution).
- Alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium puis pour suivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage.
- Préparer de la même façon un témoin avec 10 ml d'eau distillée.
- Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 415 nm et tenir compte de la valeur lue pour le témoin.
- Se reporter à la courbe d'étalonnage.

Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 10 ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitrique exprimée en milligramme par litre (mg/l) d'eau.

Pour obtenir la teneur en nitrate (NO_3^-), multiplier ce résultat par 4.43.

- Les normes européennes ont retenu comme limite supérieure 100 mg/l, comme limite acceptable de 50 à 100 mg/l et comme limite recommandée moins de 50 mg/l (exprimée en NO_3^-).
- Les normes internationales indiquent seulement qu'une eau contenant plus de 45 mg/l de nitrates (exprimée en NO_3^-) peut provoquer une méthémoglobine infantile.

- Dans l'estomac de l'enfant de bas âge, le nitrate est réduit à l'état de nitrite sous l'influence d'une action bactérienne.
- Les nitrites ainsi formés passent dans la circulation générale et sont responsables de la formation de méthémoglobine.
- Le pouvoir d'absorption de l'oxygène par le sang est ainsi progressivement diminué et se traduit par des phénomènes d'asphyxie interne.
- L'acidité plus élevée du suc gastrique chez l'enfant et l'adulte évite cette réduction.

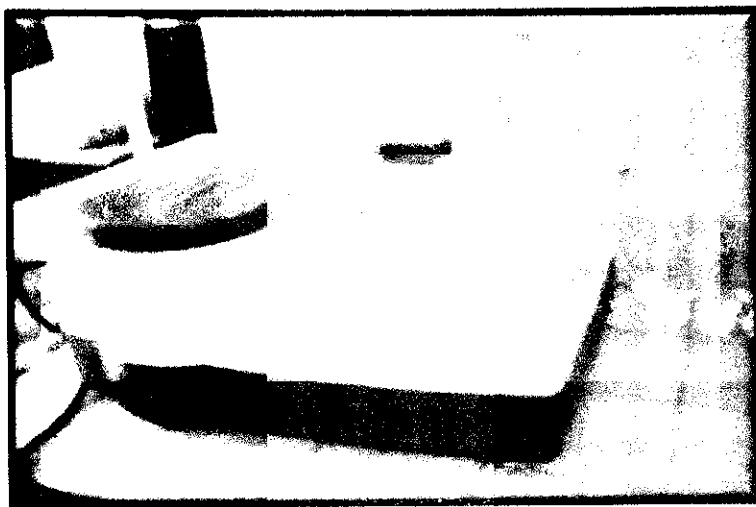


Photo.III.07: Spectrophotomètre utilisé pour le dosage des nitrates.

III.3.12.Dosage des nitrites

Les nitrites sont les sels de l'acide nitreux. L'acide nitreux est un acide instable de formule HNO_2 . La formule de l'ion nitrite est NO_2^- .

La présence de nitrites dans le sang empêche l'hémoglobine de fixer convenablement l'oxygène. C'est la maladie bleue du nourrisson plus souvent appelée méthémoglobinémie. C'est la raison pour laquelle la teneur en nitrites dans l'eau potable est réglementée et indirectement celle des nitrites en de leur capacité à se transformer en nitrites.

Mode opératoire :

Prélever 7 ml de la prise d'essai ; ajuster à 40 ml d'ED; ajouter 1ml du réactif coloré ; compléter d'ED. Lire l'absorbance après 20 min. Le blanc étant composé d'ED; traité de la même manière que les échantillons.

Expression des résultats :

Une coloration rose se développera en présence de nitrite.

III.4.Conclusion

Afin de concrétiser une étude se rapportant à l'hydrogéochimie des aquifères du C.T et C.I d'Oued-Souf, nous avons repéré dans la mesure du possible le maximum des forages d'eau ayant une bonne répartition significative dans toute la région d'étude.

Des mesures in situ et des analyses au laboratoire ont été effectuées et ont porté sur un certain nombre de paramètres physico-chimique.

Dans cette partie, nous avons procédé à la caractérisation chimique de l'eau et par la suite aux analyses du nitrate et suivi par l'interprétation des résultats obtenus.

IV.1. Caractéristique chimique de l'eau

IV.1.1. But

Afin d'identifier notre eau on a procédé à l'analyse chimique complète et des duretés afin d'avoir l'ensemble de ses caractéristiques.

Afin de pratiquer de telles analyses on a choisi les localités suivantes : EL-Magren(C.T), Chouhada (C.T), Debila (C.T) et Bayada (puits à la nappe phréatique).

IV.1.2. Methode d'analyse

Les éléments choisis pour l'analyse sont : Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; Na^+ ; K^+ ; Cl^- ; HCO_3^- ; et SO_4^{2-} .

Les méthodes d'analyses sont les suivantes :

- Na^+ et K^+ ont été déterminés avec parphosonètre à flamme (Eppenderf)
- Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; et SO_4^{2-} ; ont été déterminés par dosage des diverses duretés, au moyen d'une titration complexométrique avec E.D.T.A

La dureté non carbonatée (dureté permanente) a été prise comme approximation de la concentration de SO_4^{2-} ; elle résulte de la différence entre la dureté totale (TH) et l'alcalinité (T.A.C.)

- HCO_3^- par dosage de l'alcalinité (T.A.C.) ceci a été effectué par titration Potentiométrique avec de l'acide chlorhydrique au moyen d'un potentiographe (Metrohm : E536) et d'un dosimat (metrohm E535) . A un Ph 7 la teneur en bicarbonate est égale approximativement au T.A.C.

- Cl^- déterminé par titration avec le nitrate d'argent.

Tableau IV.01: Analyses physico-chimique de l'eau de quatre (04) stations : El-Magren, Bayadha, Debila et 19 Mars.

Eléments	El-Magren (C.T)	Bayadha (phréatique)	Debila (C.T)	19 Mars (C.I)	Teneurs maximales acceptables la C.E.E.
	Teneurs trouvées mg /l	Teneurs trouvées mg /l	Teneurs trouvées mg /l	Teneurs trouvées mg /l	
pH	7,94	7,89	7,68	7,64	6,5 à 8,5
T°	20,5	21,8	21,1	20,7	25
Ca²⁺	292,584	752	264,528	196,39	100
Mg²⁺	92,359	67	106,942	92,35	50
Na⁺	/	215	270	150	100
K⁺	/	70	65	30	10
HCO₃⁻	189,1	66	198,86	152,50	60
Cl⁻	230,444	355	801,237	584,97	200
SO₄²⁻	/	2054	361,21	236,42	250
NO₃⁻	17,266	43,16	23,56	0,35	50
F⁻	/	2,88	/	2,17	0,70

C.E.E: comité Européen des eaux.

En outre on croit qu'il est nécessaire de rappeler quelques définitions relatives des durestés :

On appelle duresté totale ou titre hydrotimétrique (TH) la somme des concentrations calciques et magnésienne.

- la duresté calcique est celle qui correspond à la teneur globale en sels de calcium.
- la duresté magnésienne est celle qui correspond à la teneur globale en sels de Magnésium
- la duresté permanente ou non carbonatée celle qui persiste après ébullition de l'eau.

Elle correspond au sulfate de calcium et de magnésium.

-la duresté temporaire s'obtient par la différence entre la duresté totale et la duresté permanente.

IV.1.3. Discussion

D'après le tableau.IV.01 on voit que l'eau des deux nappes(C.T et la phréatique) de la région du souf est : calcaïque, magnésienne, sulfatée, dure, fluorée et nitratée (au niveau de la nappe phréatique) car les normes sont dépassées largement.

Les teneurs les plus élevées sont celles du calcium et des sulfates ceci s'explique peut-être par la richesse de ces régions en gypse ce qui conduit par conséquent à l'obtention d'eau très dure (dans notre cas c'est surtout la dureté permanente qui est trop forte).

Il est à signaler qu'au point de vue sanitaire ; la dureté n'a qu'une importance minime; on n'a pu constater jusqu'ici des dommages pour l'organisme qui auraient pour origine l'adsorption d'eau dure.

Encore, les taux excédentaires des sulfates et des chlorures les rendent très purgatives et que par ailleurs la cholique néphrétique est chose courante due à l'excès des sels dans l'eau.

Comme inconvénients de la dureté on peut citer aussi :

- une consommation supplémentaire de savon (car les sels de calcium et de magnésium précipitent avec le savon qui perd ainsi son pouvoir détersif et ne mousse plus que difficilement)
- Des risques de dommage pour les installations d'eau chaude dues à la dureté carbonatée mais pour notre cas ce problème ne se pose pas car cette dernière est trop faible

Mais il ne faut pas oublier parfois l'aspect bénéfique d'une certaine dureté qui contribue à la formation d'une couche carbonatée sur les canalisations qui se trouvent ainsi protégées contre la corrosion.

Donc, expérimentalement les analyses prouvent que l'eau de la région a une concentration en sels très élevée et que l'eau du C.T des teneurs plus basses que celles de la nappe phréatique.

IV.2. Echantillonnage

En ce qui concerne la nappe phréatique, les échantillons ont été pris dans différents puits suivant les localités consommatrices de cette eau. A chaque prélèvement la température, le pH et la profondeur du puits ont été relevés afin de bien caractériser l'échantillon.

De même pour le cas des forages le " PONTIEN " (eau de robinet), les échantillons ont été pris de différents lieux en fonction des populations se servant de cette eau sauf le forage de Débila qui est utilisée pour l'irrigation.

Notons que la température, le pH ainsi que la profondeur ont été notés lors de la prise d'échantillon. (Les pH ont été estimés avec " papier pH" ainsi que les profondeurs des puits, qui ont été approximée avu d'oeil).

IV.3. Prélèvement

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est un processus sensible car il affecte les résultats de ce qui suit l'analyse. Le flacon à échantillons doit être antiseptique et laver plusieurs fois avec l'eau à tester.

Les échantillons doivent être livrés au laboratoire le plus rapidement possible après leur prélèvement dans une enceinte réfrigérée. Toute exposition de cette enceinte au soleil doit être évitée.

IV.4. Conservation

l'emploi pour le conditionnement des échantillons a été écarté, Le polyéthylène a été retenu vu sa grande inertie chimique pour l'eau. Tous les échantillons ont été conservés en attendant leurs manipulations à une température de 1 à 4°C en chambre froide.

IV.5. Analyse des nitrates

Après les analyses des échantillons, on trouve que le teneur en NO_3^- comme représenter dans le tableau. IV.02.

Tableau.IV.02: La teneur en NO_3^- dans les échantillons.

Localité	Nappe	Teneur en NO_3^- (mg/l)	Teneur d'Algérie et de C.E.E maximal acceptable (mg/l)
Dmirini	Phréatique	30,73	50
Bouchaga (Reguiba)	Phréatique	86,33	50
Nadour (Reguiba)	Phréatique	44,35	50
Dabadibe (Oued Allenda)	Complexe Terminal	7,98	50
Mih Ghazala (Oued Allenda)	Complexe Terminal	10,08	50
Khebna Safra	Phréatique	5,10	50
Hobba (REGUIBA)	Complexe Terminal	19,65	50
El-Magren	Complexe Terminal	17,266	50
Mih Moulahom (Mih Ounsa)	Phréatique	28,11	50
Bougoufa (Mih Ounsa)	Phréatique	42,25	50
Guemar	Complexe Terminal	15,24	50
Boksi-Saa(Hassi Kalifa)	Phréatique	51,11	50
Dhbaya (Reguiba)	Phréatique	56,30	50
Dhiba(REGUIBA)	Phréatique	77,69	50
Taleb Larbi	Complexe Terminal	34,2	50
Chouhada	Continental Intercalaire	0,174	50
Ouadziten	Continental Intercalaire	0,125	50
19 Mars	Continental Intercalaire	0,35	50
Bayadha	Phréatique	2,88	50
Debila	Complexe Terminal	23.56	50

IV.5.1. Résultats et discussion

D'après les résultats obtenus des analyses des nitrates des différents échantillons prélevés des différentes nappes aquifères de la zone d'El-Oued (tab.IV.02) on peut dire:

1°) Au niveau de la nappe phréatique

D'après les résultats obtenus pour les nitrates au niveau de la nappe phréatique des neuf (09) puits illustrés dans le tableau IV.02 il ressort que seulement trois (03) puits ont des teneurs dépassant les normes de l'O.M.S (2006) et de l'Algerie (J.O., N°41, 2012) qui est de 50 mg/l. Ces puits sont: Bouchaga (Reguiba: 86,33 mg/l), Boksi-Saa(Hassi Kalifa: 51.11 mg/l) et de Dhbaya (Reguiba: 56,30 mg/l). Cet excès de la concentration des nitrates dans la première zone nous semble dû à l'utilisation massive des engrais dans cette importante région agricole d'autant plus que la texture sableuse du sol favorise l'infiltration des nitrates. Par contre le puit de Boksi-Saa(Hassi Kalifa), sa teneur en nitrate dépasse légèrement les normes du fait de la non utilisation des engrais artificiels (région à faible potentiel agricole).

Quant au puits de Dhbaya (Reguiba) situé dans une zone urbaine, la valeur obtenue de 56,30 mg/l s'explique peut-être par la présence de ce puits près des toilettes des deux écoles environnantes

Ces excès de concentration des nitrates entraînent des conséquences graves sur la santé humaine surtout pour les nourrissons ce qui impose la fermeture des puits à fortes concentration.

2°) Au niveau de la nappe du Complexe Terminal

D'après les résultats obtenus pour les nitrates au niveau de la nappe du complexe terminal pour des six (06) forages (allant de 7,98 mg/l pour Dabadibe, Oued Allenda à 34,2 mg/l pour Taleb Larbi) illustrés dans le tableau IV.02 il ressort que tous les forages sont conformes aux normes de l'O.M.S (2006) et de l'Algerie (J.O., N°41, 2012) qui est de 50 mg/l. Ceci semble s'expliquer par peut-être la géologie(couches imperméables) du terrain et la profondeur des forages d'où la vigilance.

3°) Au niveau du Continental intercalaire

D'après les résultats obtenus pour les nitrates au niveau de la nappe du continental intercalaire des les trois (03) forages (Ouadziten: 0,125 mg/l, Chouhada: 0,174 mg/l et 19 Mars: 0,35 mg/l) illustrés dans le tableau IV.02 il ressort que tous les forages sont conformes

aux normes de l'O.M.S (2006) et de l'Algerie (J.O., N°41, 2012) qui est de 50 mg/l ou on peut dire que la concentration de nitrate au cet niveau est très faible. Ceci semble s'expliquer par peut-être la géologie (couches imperméables) du terrain et le grand profondeur des forages.

IV.6. Recommandations

Les conséquences de pollution nitrique sont trop dangers à la santé humaine et nous expections l'augmentation de cette phénomène avec le développement d'agriculture et la croissance de population.

Donc, Nous recommandons aux autorités de prendre des mesures pour mettre un terme à cette menace. Comme suivants:

- l'utilisation rationnelle de les engrais.
- Sensibiliser les agriculteurs sur l'usage excessif des engrais.
- L'immédiate fermeture des puits contaminés.
- La censure des fermes et pénaliser les contrevenants.
- Contrôler les teneur des nitrates d'avant les rejet.
- Traitements les eaux pollué par les nitrate pour l'utilisation humaine ou l'irrigation.

Les procédés de traitement des eaux pollué sont comme suite:

Tableau.IV.03: Rendement de quelques procédés des polluants différents.

Polluant	Traitement - biologique	Chlore	Coagulation/floculation	Adsorption sur charbon	Echange d'ions/électrodialyse
Bactérie, virus	XX	XXX	XXX	-	-
matière en suspension	X	-	XXX	XX	
matière organique biodégradable	XX - XXX		XX	XXX	
matière organique toxique (pesticide, etc)	XX	-	XX	XX	-
sels minéraux	-	-	-	-	XXX
métaux lourds	X	-	XX - XXX	-	XXX
phosphate	X	-	XX	-	XXX
nitrate	X	-	-	-	XXX
avec procédé dénitrification ammoniacale (avec aération, prolongée, nitrification)	XXX	-	-	-	
cyanure	XXX	XXX	-	-	XXX
azote organique	XXX	XXX	-	-	
phénol	XX		-	XXX	
odeur, saveur		XX - XXX	X	XXX	
huiles	X		X	XX	
détergents	X		X	XXX	
hydrocarbure	X	-	-	XXXX	
hydrocarbures chlorés	X	-	-	XXX	
acide organique volatile	XXX		-	XX	
hydrates de carbone	XXX		X	XX	
acides aminés	XXX		X	XX	
acide gras	XXX		X	XX	
protéines	XXX		X	XX	

/-: élimination < 10

X: élimination 10 - 50

XX: élimination 50 - 90

XXX: élimination 90 - 100

IV.7. CONCLUSION

Les résultats des analyses physico-chimiques des précédents forages montrent que les eaux de la nappe phréatique sont non potable et de qualité médiocre à mauvaises pour la santé humaine, elles sont fortement minéralisées, très dures et présentent des teneurs en nitrates dépassant les normes algériennes pour l'eau potable.

Aussi, les eaux des la complexe terminale et le continental sont caractérisées par un pH neutre et une conductivité moyenne à élevés avec une grande augmentation de concentration de quelque éléments chimiques tels que : (Mg^{2+} , Ca^{2+} , SO_4^{2-} et Cl^-).

Les valeurs élevées des taux des nitrates se localisent au niveau de la nappe phréatique, surtout à les zones agricoles importantes et les zones rurales dépourvues de réseau d'assainissement.

Conclusion Générale

La zone d'étude se trouve à la wilaya El-Oued, elle occupe une superficie de 35 752 Km², elle regroupe le centre urbain le plus importante d'El-Oued qui s'étend de l'Ogla au sud à Kouinine au nord, avec des zones agricoles sur les bords l'est et l'ouest des centres urbains. Le climat de la région est saharien où la période sèche est étendue pendant toute les deux mois de l'année. La géologie d'el-oued est masquée par une épaisse couche de terrains quaternaires. Leur description a été effectuée grâce à l'interprétation des logs stratigraphiques des forages d'eau. Elle est représentée par des terrains allant du crétacé au quaternaire.

La zone d'étude fait partie au système aquifère du Sahara septentrional (SASS), ce dernier est constitué de trois aquifères, un aquifère libre (une nappe phréatique), et deux aquifères captifs; (le Complexe Terminal (CT) et le Continentale Intercalaire (CI)). La nappe phréatique d'El Oued est constitué de sables, de grès à ciment gypseux friable et des argiles sableuses. Le substratum est argileux, sa profondeur oscille entre 40m et 70m. Les limites latérales de l'aquifère libre, n'ont pas été atteintes étant donné que cette dernière s'étend au-delà de la zone d'étude.

Les eaux de la nappe phréatique sont non potable et de qualité médiocre à mauvaises pour l'irrigation, elles sont fortement minéralisées, très dures et présentent des teneurs en nitrates dépassant les normes algériennes pour l'eau potable.

La minéralisation des eaux de la nappe phréatique (libre) est liée à la dissolution des évaporites (gypse et halite en particulier), au mélange avec les eaux des nappes profondes (CT et CI) et des apports anthropiques (pollution). On note aussi la forte évaporation qui a conduit également à la minéralisation excessive des eaux jusqu'à la saturation pour les minéraux carbonatés, le gypse et l'anhydrite.

Le taux de nitrates dans la nappe phréatique (de 5,10 mg/l à 86,33 mg/l) est parfois plus importante et dépassant les normes recommandée par l'OMS. Les valeurs élevées se localisent surtout à les zones agricoles importantes et les zones rurales dépourvues de réseau d'assainissement.

- A.D.E** : (Algérienne Des Eaux Wilaya d'El-Oued). Rapports sur l'analyse physico-chimique :
- A.N.R.H** : Note relative sur les ressources en eau de la wilaya d'EL-Oued.
- Achour, S. 1990.** La qualité des eaux du Sahara Septentrional en Algérie. Etude de l'excès en fluor. Tribune de l'eau, Cebedeau, 42 (542), 53-57.
- A.N.R.H (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques). 1993.** Etude hydrogéologique de la région d'El-Oued: contribution au problème de la remontée des eaux de la nappe phréatique. RepTech. ANRH, Ouargla, 47 pp.
- A.N.R.H.1999.** Inventaire de forages et enquête sur les débits extraits de la wilaya d'El Oued. Agence nationale des ressources hydrauliques, Direction régionale Sud-est, Ouargla.
- Bel. F., et Demargne F. 1966** : Etude géologique du Continental Terminal ; DEC, ANRH, Alger, Algérie, 24 planches, 22p.
- BG (Bureau d'étude Bonard et Gardel). 2002.** Vallée du Souf : Etudes d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation, Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Mission II. (2002). 111p.
- Bouselsal, B. 2016.** Etude hydrogéologique et hydrochimique de l'aquifère libre d'El Oued souf (SE Algérie). Th. Doctorat, Univ. d'Annaba, 204 p.
- BOUZIANI M., 2002.** Les maladies infectieuses Edition Slammarien, p.p.285.298.
- BUSSON, G. 1967.** Le Mésozoïque saharien. 1ère partie : L'Extrême Sud-tunisien. Edit., Paris, « Centre Rech. Zones Arides », Géol., 8, 194 p. Ed. C.N.R.S.
- Busson, G. 1970** : Le Mésozoïque saharien. 2ème partie : Essai de synthèse des données des sondages algéro-tunisiens. Edit., Paris, « Centre Rech. Zones Arides », Géol., 11, 811p. Ed. C.N.R.S.
- Busson, G. 1971.** Principes, méthodes et résultats d'une étude stratigraphique du Mésozoïque saharien. Edit., Paris, 464p.
- Cornet, A. 1964.** Introduction à l'hydrogéologie saharienne. Géographie Physique et Géologie Dynamique. Vol.VI. 1964. fasci, pp.5-72
- Cote, M. 1993.** Une région saharienne malade de trop d'eau. Le Souf. Rapport, 17p.
- D.H.W** : (Direction d'Hydraulique de la Wilaya d'El-Oued), 2014 Ressources en eau de la région d'El-Oued.
- D.P.A.T, (2009)** : Annuaire statistique de la Wilaya d' El Oued.
- Derradji, F., Kherici, N., Romeo, M. et Caruba, R. 2004.** Aptitude des eaux de la vallée de la Seybouse à l'irrigation (Nord-Est algérien). Sécheresse 2004 ; 15 (4) : 353-60.

Emberger, L. 1955. Une classification biogéographique des climats. Trav. Inst. Bot. Montpellier, 7, 3-43.

Guendouz A (1985): contribution à l'étude hydrochimique et isotopique des nappes profondes de sahara septentrional. Thèse doctorat 3ème cycle, université Orsay (France).

Khechana, S. 2014. Perspective et méthode de la gestion intégrée des ressources en eau dans une zone hyperaride. Application sur la vallée d'Oued-Souf (Sud-Est algérien). Th. Doctorat, Univ. de Annaba, 148 p.

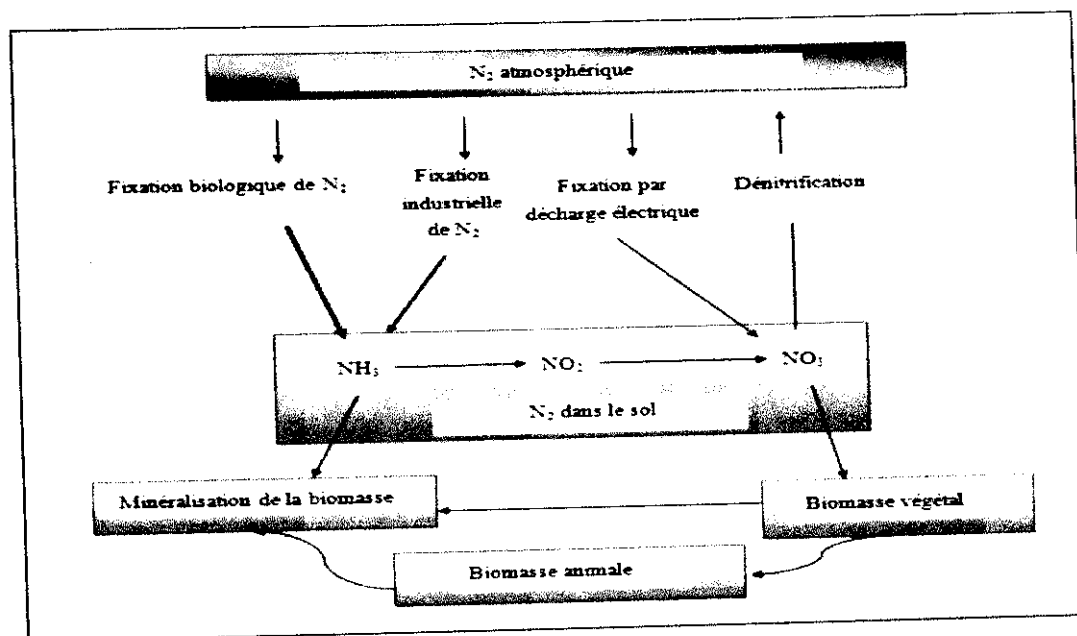
Marcel Mazoyer et Laurence Roudart , Histoire des agricultures du monde. Du néolithique à la crise contemporaine. Ed. du Seuil. 1997.

O.N.M : données climatiques Station de météorologie de Guemmar.

O.S.S (Observatoire Sahara et Sahel). 2003. Système aquifère du Sahara septentrional: gestion commune d'un bassin transfrontière. Rapport de synthèse. OSS, Tunisie.

UNESCO. 1972. Etude des Ressources en Eau de Sahara Septentrional. (7 vols. et annexes). UNESCO, Paris, France.

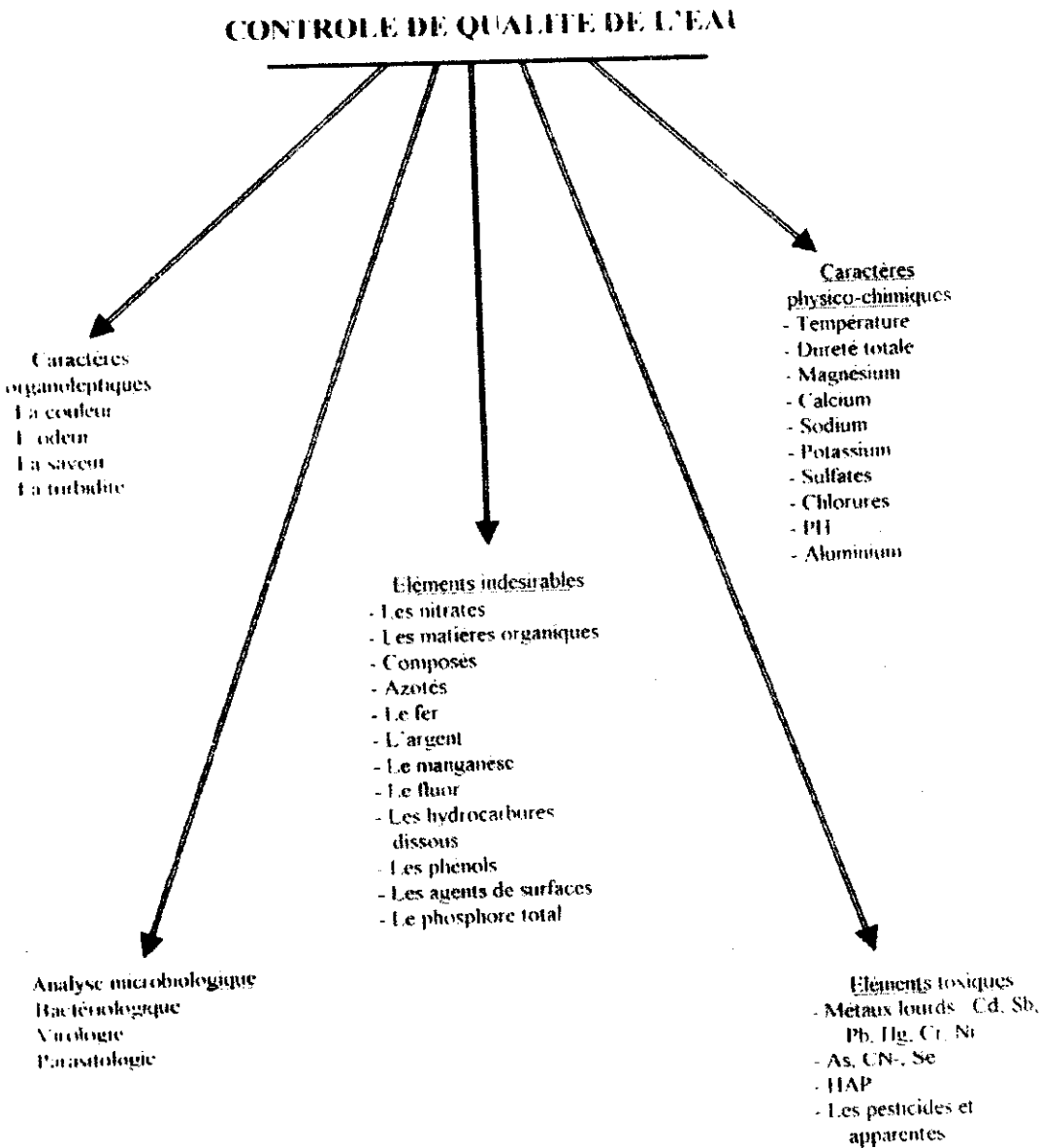
Website lenntech: <https://www.lenntech.ae/>



Annexe 01: Figure de cycle de l'azote (Hopkins,2003).

Annexe 02: Tableau des concentrations admissibles dans l'eau potable.

Elément	Unité	O.M.S ,1993	C.E.E ,1998
pH	-	7-8,5	6,5-8,5
Conductivité	µS·cm	-	1250
dureté	°F	-	10-35
Ca ⁺²	mg/l	200	100
Mg ⁺²		150	50
Na ⁺		-	100
K ⁺		10	12
Al ⁺³		0,2	0,2
SO ₄ ⁻²		200	250
Cl ⁻		200	200
NO ₃ ⁻		50	50
NO ₂ ⁻		0,5	0,1
NH ₄ ⁺		< 0,2	0,5



Annexe 03: Schéma de contrôle de qualité de l'eau.

Annexe 4: Tableau des paramètres concernant les substances toxiques.

Paramètre	CMA(CEE)	Valeurs guides (OMS)	Technique de référence
Cd	0,5 µg/l	0,005 mg/l	SAA
Sb	10 µg/l	0,005 mg/l	Spectrophotomètre
Pb	50 µg/l	0,01 mg/l	SAA
Hg	01 µg/l	0,001 mg/l	SAA
Cr	50 µg/l	0,05 mg/l	SAA Spectrophotomètre
Ni	50 µg/l	0,02 mg/l	SAA
As	50 µg/l	0,05 mg/l	SAA Spectrophotomètre
CN-	50 µg/l	0,1 mg/l	Spectrophotomètre
Se	10 µg/l	0,01 mg/l	SAA
HAP	0,2 µg/l	Aucune valeur guide n'est proposé	-Fluorimétrie après extraction C6H14 -CPG -CCM (mesure de la fluo) -Mesure comparative p/p à un mélange de substance étalon ayant la même concentration
Pesticides - Par substances individualisée - Au total	0,1 µg/l 0,5 µg/l	Proposé par substances	-CPG -HPLLC

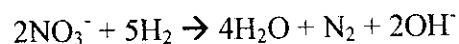
- procédé sensible à la présence d'O₂ dissous dans l'eau brute (les bactéries consomment l'O₂ libre avant celui lié aux nitrates, d'où une consommation plus importante de nutriment carboné).
- première mise en route nécessitant environ un mois.

véritable) le nitrate joue le rôle d'accepteur d'électrons dans l'oxydation de composés oxydables sous des conditions anaérobies. Le produit ultime de la réduction est l'azote gazeux.

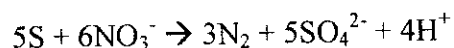
Donc, le traitement biologique divisé en deux procédés:

♦ **La dénitrification hétérotrophe:**

Les bactéries hétérotrophes utilisent comme source de carbone et d'énergie un substrat carboné organique et pour utiliser des bactéries autotrophes dont la croissance est rendue possible en utilisant par exemple l'hydrogène ou un support soufré selon les réactions :



Ou:

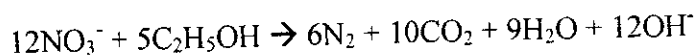


Dans ce dernier cas, il faut du CaCO_3 pour neutraliser l'acidité engendrée.

♦ **La Dénitrification autotrophe:**

Les bactéries autotrophes utilisent une source de carbone minérale et tirent leur énergie de l'oxydation d'un substrat inorganique, hydrogène ou soufre.

L'utilisation de bactéries hétérotrophes est le procédé le plus courant. Ces bactéries tirent leur énergie d'un nutriment carboné, principalement l'éthanol, selon la réaction globale:



Les caractéristiques principales de ce procédé:

- transformation des nitrates en azote gazeux.
- boues (biomasse en excès) pouvant être traitées après mélange avec des boues urbaines.
- peu d'influence sur l'équilibre calcocarbonique de l'eau.
- procédé sensible à la température. Il est difficilement utilisable si la température s'abaisse en dessous de 7-8 °C.

Annexe 5: Les procédés d'élimination des nitrates.

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

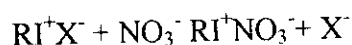
• Procédés physico-chimiques:

♦ Echange d'ions

Principe:

L'échange ionique consiste à transférer des ions indésirables de l'eau brute sur un support insoluble appelé échangeur d'ions, qui les capte et libère en contrepartie une quantité équivalente d'ions dont la présence n'est pas gênante on utilise des résines de type anionique (échangeurs d'anions). Comme la plupart des échangeurs, ces résines se présentent sous forme de billes de diamètre compris entre 0,4 et 0,8 mm, Ce sont des polymères de composés aromatiques comprenant des groupes ionisés de type basique.

Si on désigne par RI^+ , les groupements structuraux et fixes de la résine, la réaction peut se résumer de la façon suivante :



♦ Osmose inverse:

Principe:

L'application d'une pression supérieure à la pression osmotique de l'eau à traiter, riche en nitrates, permet d'obtenir une eau déminéralisée après traversée d'une membrane permet d'obtenir une eau déminéralisée sélective. Un rejet concentré est évacué devant la membrane.

♦ Electrodialyse:

Pincipe:

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

Remarque: Ni l'osmose inverse, ni l'électrodialyse ne sont spécifiques de l'ion NO_3^- . Elles ne sont donc employées que si l'on cherche en même temps un dessalement.

• Les procédés biologiques:

La dénitrification biologique permet l'élimination des nitrates par leur réduction en azote gazeux. Lors de la dénitrification au sens strict (respiration des nitrates, ou réduction

Table des matières des Annexes

Annexe	Titre	Page
01	Figure de cycle de l'azote (Hopkins,2003)	I
02	Tableau des concentrations admissibles dans l'eau potable	I
03	Schéma de contrôle de qualité de l'eau	II
04	Tableau des paramètres concernant les substances toxiques	III
05	Les procédés d'élimination des nitrates	IV

