

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :
N° de série :

Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre
Département de Biologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Sciences de l'environnement

Par :GUESSOUM Hadjer

Thème

**Caractérisation microbiologique des eaux de la nappe
phréatique de la région de Ghardaïa (cas de SEBSEB)**

Soutenu publiquement le : 05/06/2013

Devant le jury :

M. MECHRI B.	Maître Assistant B	Univ. Ghardaïa	Président
M. HALILAT M.T.	Professeur	Univ. Ghardaïa	Encadreur
M. BEN BRAHIM F.	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Co- Encadreur
M. OULED BELKHIR C.	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Examineur

Année universitaire 2012/2013

DEDICACES

*À ceux qui m'ont comblé d'affection et d'amour,
À ceux qui n'ont jamais cessé de se sacrifier pour mon avenir,
À ceux que je dois mon bonheur et mes joies,
À Ceux qui m'ont aidé par leurs patiences,
À mon père Abdallah ;
À ma belle mère ;
À mes chers frères :
pour leurs aides, leurs encouragements et leur présence à côté de moi
pendant toute la vie universitaire ;
À mes fidèles sœurs pour leurs présences à tout moment et leurs
soutiens moral ;
À mon petite frère Ali Abd El-djabar ;
À mon neveu bienaimé Oussama ;
À mes chères tantes et leurs enfants ;
À tous les membres des familles GUESSOUM, FATMI et
LAAMCHE;
À mes très chères amies Fati, Nedjet et Fatima.
A tout mes collègues de spécialité écologie ;
À tous ceux que j'aime et qui se reconnaissent ;
À vous tous, je dédie ce modeste travail avec Amour et Honneur.*

Hadjer



Remerciements

Avant tout, je remercie le Dieu, tout puissant, pour m'avoir donné la santé, la volonté, la patience et les moyens afin que je puisse accomplir ce travail.

*Je tiens d'exprimer toute ma gratitude, mon profond respect et mes sincères remerciements à mon cher promoteur **M. HALILAT M.T.** Directeur de l'université de Ghardaïa, pour avoir dirigé, orienté, conseillé et pour sa présence le long de ce travail.*

*Je tiens à remercier sincèrement **M. BENBRAHIM F.** Maitre-assistant à l'université de Ghardaïa, qui, en tant que Co-promoteur, s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu me consacrer, et sans qui, ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.*

*Mes vifs remerciements vont aussi à **M. MECHRI B.** Maitre- assistant à l'université de Ghardaïa, pour avoir accepté de nous honorer par sa présence en tant que président de jury.*

*Je tiens aussi à remercier vivement **M. OULED BELKHIR C** Maitre-assistant à l'université de Ghardaïa pour sa précieuse assistance et pour avoir bien voulu examiner ce travail.*

*Mes remerciements s'adressent également à Mme **HILI Noura**, biologiste au laboratoire de Contrôle Algérienne de Qualité Alimentaire et Emballage (CAQAE) d'El Ateuf (Ghardaïa) pour ses conseils précieux, support et sa patience avec ses encouragements pendant toute la durée du stage pratique.*

Mes remerciement s'adressent également à :

*Mr **REZZEG**, le Directeur du laboratoire (CAQAE) pour son aide et soutien et de m'avoir donné l'accès pour réaliser le travail expérimental ; à Mme. **KECHAW N** pour ses explications, à Melle **MOULAY K, GHAZELLE F, DAHEMAN H, Fatima, Nedjet, MR. OUAHBIB B, MR. TAHER, MR. Mustapha, MR. SLIMANI S.** Pour la documentation, leurs conseils, leurs aides et leurs ambiances au laboratoire.*

*J'aimerais adresser un immense remerciement à mon père adorable **Abdallah** pour sa contribution, sa patience et son accompagnement dans le travail de terrain ainsi que son soutien.*

Je remercie également Mme. BOUAMERK, Maitre-assistant à l'université de Ghardaïa.

Je désire aussi remercier M. ACHOUR M. Ingénieur à l'A.N.R.H. de Ghardaïa pour son aide et ses conseils.

Je remercie également Mme. AMIEUR A. chef du laboratoire d'A.D.E de Ghardaïa et son équipe qui m'ont facilité le travail.

Je remercie également MR. Makhelouf biologiste d'A.D.E de Ghardaïa qui m'a facilité le travail.

Je tiens également à remercier tous les enseignants du département biologie de l'Université de Ghardaïa, qui ont contribué de près ou de loin à ma formation durant tout mon parcours universitaire.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers les amis et collègues de la 1^{ère} promotions master « Sciences de l'environnement » qui m'ont apporté leur support moral et intellectuel tout au long de ma démarche.

Merci à tous et à toutes.

HADJER

Table des matières

Table des matières.....	
Liste des tableaux.....	
Liste des figures.....	
Liste des abréviations.....	
INTRODUCTION	1
<i>PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE</i>	
Chapitre I : Généralités sur l'eau	
1. Définition.....	2
2. Cycle de l'eau.....	2
3. Sources en eau.....	3
3.1. Eaux de surface.....	3
3.1.1. Eaux des rivières.....	3
3.1.2. Eaux de lacs.....	4
3.1.3. Eaux de mers.....	4
3.1.4. Eaux d'Oueds.....	4
3.2. Eaux souterraines.....	4
4. Réserves en eau dans le monde.....	5
5. Ressources en eau en Algérie.....	6
5.1. Potentialités en eau.....	7
5.1.1. Eaux superficielles.....	8
5.1.2. Eaux souterraines.....	9
6. Ressources en eau dans le Sahara Algérienne.....	9
6.1. Eaux superficielles.....	10
6.2. eaux souterraines.....	10
7. Pollution des eaux.....	10
8. Types de pollution d'eau.....	11
8.1. Pollution physique.....	11
8.2. Pollution chimique.....	11
8.3. Pollution thermique.....	11
8.4. Conséquences écologiques de la pollution des eaux.....	11
9. Propriétés écologiques de l'eau.....	11
10. Maladies de transmission hydriques.....	11

Chapitre II : Contrôle de la qualité de l'eau

1. Qualité physico-chimique de l'eau	15
1.1. Normes de qualité physico-chimiques des eaux	15
2. Qualité bactériologique de l'eau	16
2.1. Indices de la qualité hygiénique	16
2.1.1. Flore mésophile	16
2.1.2. Entérobactéries	17
2.2. Indice de la contamination fécale	17
2.2.1. Coliformes totaux	17
2.2.2. Coliformes fécaux	17
2.2.2.1. Escherichia Coli	18
A. Morphologie	18
B. Habitat	19
C. Pouvoir pathogène	19
2.2.2.2. Klebsiella	20
A. Morphologie	20
B. Habitat	20
C. Pouvoir pathogène	21
2.2.2.3. Citrobacter	21
A. Morphologie	21
B. Habitat	21
C. Pouvoir pathogène	22
2.2.2.4. Enterobacter	22
A. Morphologie	22
B. Habitat	22
C. Pouvoir pathogène	23
2.2.3. Streptocoques fécaux	23
A. Morphologie	23
B. Habitat	23
C. Pouvoir pathogène	24
2.2.4. Clostridium sulfito-réducteur	24
A. Morphologie	24

B. Habitat.....	25
C. Pouvoir pathogène.....	25
2.3. Autres germes à incidence sanitaire.....	26
2.3.1. Salmonelles.....	26
A. Morphologie.....	26
B. Habitat.....	26
C. Pouvoir pathogène.....	27
2.3.2. Vibrion.....	27
A. Morphologie.....	27
B. Habitat.....	28
C. Pouvoir pathogène de l'espèce <i>Vibrio cholerae</i> 01.....	28
2.3.3. Yersinia.....	29
A. Morphologie.....	29
B. Habitat.....	29
C. Pouvoir pathogène de l'espèce <i>Y. enterocolitica</i>	30
2.3.4. Pseudomonas.....	30
A. Morphologie.....	30
B. Habitat.....	30
C. Pouvoir pathogène.....	31
2.4. Levure.....	31
2.5. Moisissure.....	32
2.6. Normes de qualité microbiologique des eaux.....	32

DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODE

Chapitre III : Présentation de la région d'étude

1. Localisation géographique.....	34
2. Cadre climatique	35
2.1. Précipitation.....	36
2.2. Température.....	36
2.3. Humidité relative.....	37
2.4. Evaporation.....	37
2.5. Synthèse climatique.....	38
2.5.1. Climagramme d'Emberger.....	39
2.5.2. Diagramme ombrothermique de Gaussen.....	39

3. Ressource en eau de surface	41
3.1. Bassin versant du M'Zab	41
3.2. Description de l'Oued M'Zab	42
4. Aspect géologique	43
5. Description litho stratigraphique	44
5.1. Crétacé	44
5.2. Tertiaire	45
5.3. Quaternaire	45
5.4. La tectonique	46
5.5. Description lithologiques d'un forage au niveau de l'Oued M'Zab	46
5.5.1. Localisation du forage	46
5.5.2. Description lithologique / stratigraphie	46
6. Identification hydrogéologique	50
6.1. Nappes Phréatiques	50
6.2. Nappe du Continental Intercalaire	50
6.2.1. Exploitation de la nappe du CI	52
Chapitre IV : Analyse microbiologique de l'eau	
1. Approche méthodologique	54
2. Choix de la région d'étude	54
3. Présentation de la région de SEBSEB	54
3.1. Nappe phréatique	56
3.2. Nappe du continental intercalaire	56
4. Echantillonnage	57
4.1. Zone d'échantillonnage	57
4.2. Représentativité des échantillons	57
4.3. Matériel d'échantillonnage	58
4.3.1. Préparation des récipients	58
4.3.2. Stérilisation	58
4.4. Méthode de prélèvement	58
4.5. Transport et conservation de l'échantillon	58
5. Mesures de terrain	58
6. Techniques d'analyse	60
6.1. Analyses physico-chimique	60

6.1.1. pH.....	60
6.1.2. Conductivité électrique, température, salinité et TDS.....	60
6.1.3. Turbidité.....	61
6.1.4. Ammonium.....	62
6.1.5. Nitrates.....	62
6.1.6. Nitrites.....	62
6.1.7. Orthophosphates.....	62
6.1.8. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO).....	63
6.1.9. Détermination de la demande biologique en oxygène (DBO ₅).....	63
6.2. Analyse bactériologique de l'eau.....	63
6.2.1. Milieu de culture.....	63
6.2.2. Dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux.....	64
6.2.2.1. Protocole.....	64
6.2.2.2. Incubation.....	64
6.2.2.3. Lecture du résultat.....	64
6.2.3. Recherche des coliformes.....	65
6.2.3.1. Test présomptif.....	66
6.2.3.2. Test confirmatif.....	66
6.2.4. Recherche et dénombrement des streptocoques.....	68
6.2.4.1. Test présomptif.....	68
6.2.4.2. Test confirmatif.....	69
6.2.5. Recherche des anaérobies sulfito-réducteurs.....	69
6.2.5.1. Protocole.....	69
6.2.5.2. Lecture.....	69
7. Traitement de données.....	71
7.1. Analyse statistiques (Statistiques descriptives).....	71
7.2. Réalisation des cartes thématiques.....	71

TROISIEME PARTIE : RESULTAT & DISCUSSION

1. Paramètres physico-chimiques.....	73
1.1. pH.....	73
1.2. Conductivité électrique.....	75
2. Paramètre de pollution particulaire.....	76
2.1. Turbidité.....	76

3. Paramètres de pollution (Matière azotée)	78
3.1. Ammonium	78
3.2. Nitrite	79
3.3. Nitrate	81
3.4. Orthophosphate	82
4. Paramètres de pollution organique (DCO, DBO₅)	83
4.1. Demande chimique en oxygène (DCO)	83
4.2. Demande biologique en oxygène (DBO₅)	85
5. Paramètres microbiologiques	87
5.1. Germes totaux à 22°C	87
5.2. Germes totaux à 37°C	89
5.3. Coliformes totaux	90
5.4. Coliformes fécaux	91
5.5. Escherichia coli	93
5.6. Streptocoque D	96
5.7. Clostridium sulfito-réducteur	98
6. Discussion générale	98
CONCLUSION	100
Référence bibliographique	103
Annexe	110

Liste des abréviations

°C	Degré Celsius
°F	Degré Français
µm	Micro mètre
µS/cm	Micro Siemens par centimètre
A.N.R.H	Agence nationale des Ressources hydriques
ADE	Algérienne des eaux
AEP	Approvisionnement en eau potable
AGEP	Agence Générale de l'eau potable
ANB	Agence national des barrages
BCPL	Bouillon lactosé au pourpe de bromocrésol
BEA	Gélose Bile Esculine Azide
BG	Bonnard et Gardel
CE	Conductivité électrique
CEE	Communauté économique européenne
CIN	Cefsulodine-Irgasan-Novobiocine
D.P.A.T	Direction de planification et d'aménagement des territoires
D/C	Double concentration
DA	Dinar Algérien
DBO₅	Demande biologique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
dS/m	Di Siemens par meter
EPIC	établissement publié à caractère industriel et commercial
ETP	Establishment de travail publique
GPS	Global Positioning System
IR	Infra-rouge

ISO	International Organization for Standardization
NPP	Méthode du nombre le plus probable
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONM	Office National Météorologique
ORGM	Office national de Recherche Géologique et Minière
PCA	Gélose nutritive standard Plate Count Agar
S/C	Simple concentration
TDS	Taux des sels dissous
TH	Titre hydrométrique
TSE	Tryptone Sel Eau
UFC/ml	Unité Faisant Colonie par millilitre
UV	Ultra-violet
VF	Gélose Viande-Foie

Liste des tableaux

N°	Titre de tableau	Page
I	Types d'eau.....	5
II	Disponibilité en eau potable.....	7
III	Volume totale de l'eau dans la surface.....	9
IV	Propriétés écologiques de l'eau.....	12
V	Caractéristiques des maladies transmises par l'eau.....	13
VI	Normes européennes (CEE) et Algérienne de qualité physico-chimiques des eaux potables.....	15
VII	Nature de l'eau selon les nombres de coliformes totaux.....	18
VIII	Normes européennes (CEE) et Algérienne de qualité microbiologique des eaux potables.....	33
IX	Précipitations mensuelles (Période : 1996-2012).....	36
X	Température mensuelle (Période : 1996-2012).....	37
XI	Nombre des forages et volumes d'exploitation par commune.....	53

Liste des figures et des photos

N°	Titre	Page
Figure 1	Cycle de l'eau.....	3
Figure 2	Distribution de la ressource en eau dans le monde.....	5
Figure 3	Répartition de l'eau dans le monde.....	6
Figure 4	Courbe de La disponibilité en eau potable.....	8
Figure 5	<i>Escherichia Coli</i>	19
Figure 6	Colonies muqueuses de <i>Klebsiella pneumoniae</i> sur gélose de Drigalski.....	20
Figure 7	<i>Citrobacter freundii</i>	21
Figure 8	<i>Enterobacter</i>	22
Figure 9	Streptocoques vues au microscope électronique.....	24
Figure 10	Colonies de <i>Clostridium perfringens</i> sur gélose Columbia.....	25
Figure 11	<i>Salmonelles</i>	26
Figure 12	<i>Vibrion cholérique</i>	28
Figure 13	Colonies de <i>Yersinia</i> sur gélose CIN.....	29
Figure 14	<i>Pseudomonas</i>	30
Figure 15	Situation géographique de la région d'étude.....	35
Figure 16	Histogramme des précipitations moyennes mensuelles (Période : 1996-2012).....	36
Figure 17	Températures moyennes mensuelles (Période : 1996-2012).....	37
Figure 18	Humidités relatives moyennes mensuelles (Période : 1996-2012).....	38
Figure 19	Evaporation moyennes mensuelles (Période : 1996-2012).....	38
Figure 20	Etage bioclimatique de la région de Ghardaïa selon le climagramme d'Emberger.....	40

Figure 21	Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Ghardaïa (Période : 1996-2012).....	40
Figure 22	Les sous bassins versants de l'Oued M'Zab jusqu'à El Atteuf.....	41
Figure 23	Bassin versant de la vallée du M'Zab.....	42
Figure 24	Esquisse hydrogéologique du M'Zab.....	44
Figure 25	Carte géologique de la wilaya de Ghardaïa (extrait modifié de la carte géologique au 1/500000 de l'Algérie).....	47
Figure 26	Localisation du forage de Lechbour.....	48
Figure 27	Logs lithologiques du forage Lechbour (Ghardaïa).....	49
Figure 28	Aquifères du Sahara Algérien.....	51
Figure 29	Variation du toit et de la profondeur de l'aquifère de l'albien.....	52
Photo 1	Répartition spatiale des points de prélèvement des eaux phréatiques au niveau d'oued SEBSEB.....	59
Photo 2	Deux puits de prélèvement.....	60
Figure 30	Recherche des germes anaérobies mésophiles totaux dans les eaux de puits.....	65
Figure 31	Recherche et dénombrement des coliformes et d' <i>E. Coli</i> dans les eaux de puits.....	68
Figure 32	Recherche et dénombrement des streptocoques dans les eaux de puits.....	71
Figure 33	Recherche des Clostridiiums dans les eaux de puits.....	72
Figure 34	Variation de pH des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	73
Figure 35	Carte de Variation spatiale du pH des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	74
Figure 36	Variation de la conductivité électrique des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	75

Figure 37	Carte de variation spatiale de la conductivité électrique des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	76
Figure 38	Variation de la Turbidité des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	77
Figure 39	Carte de variation spatiale de la turbidité des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	77
Figure 40	Variation de la teneur en Ammonium des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	78
Figure 41	Carte de variation spatiale de l'ammonium des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	79
Figure 42	Variation de la teneur en Nitrites des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	80
Figure 43	Carte de variation spatiale de la teneur en nitrite des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	80
Figure 44	Variation de la teneur en Nitrates des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	81
Figure 45	Carte de variation spatiale de la teneur en nitrate des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	82
Figure 46	Variation de la teneur en Orthophosphate des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	83
Figure 47	Carte de variation spatiale de la teneur en Orthophosphate des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	84
Figure 48	Variation de la DCO des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	84
Figure 49	Carte de variation spatiale de la DCO des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	85
Figure 50	Variation de la DBO ₅ des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	86
Figure 51	Carte de variation spatiale de la DBO ₅ des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	86

Figure 52	Variation de la concentration des germes totaux à 22°C des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	87
Figure 53	Carte de variation spatiale des germes totaux à 22°C des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	88
Photo 3	Absence des germes totaux.....	88
Photo 4	Présence des germes totaux.....	88
Figure 54	Variation de la concentration des germes totaux à 37°C des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	89
Figure 55	Carte de variation spatiale des germes totaux à 37°C des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	90
Figure 56	Variation de la concentration des coliformes totaux des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	91
Figure 57	Carte de variation spatiale des coliformes totaux des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	92
Figure 58	Variation de la concentration des coliformes fécaux des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	92
Figure 59	Carte de variation spatiale des coliformes fécaux des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	93
Figure 60	Variation de la concentration d' <i>Escherichia coli</i> des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	94
Figure 61	Carte de variation spatiale d' <i>Escherichia coli</i> des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	95
Photo 5	Présence d' <i>Escherichia coli</i> dans l'eau.....	95
Figure 62	Variation de la concentration des streptocoques D des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	96
Figure 63	Carte de variation spatiale des streptocoques D des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.....	97
Photo 6	Présence des streptocoques D dans l'eau.....	97

INTRODUCTION

Introduction

L'eau est sans doute l'élément le plus important de notre existence. Il est le constituant essentiel des organismes vivants, c'est l'élément clé de toute action de vie et pour toute activité humaine (industrielle ou domestique).

Les eaux souterraines sont les synonymes "d'eaux propres" et répondent naturellement aux normes de potabilité ; faible turbidité, composition chimique constante, absence d'oxygène et grande pureté bactériologique (AMIEUR et ZAHOUANI, 2012).

Les maladies à transmission hydrique, ont toujours sévi à l'état endémique et conservent jusqu'à présent leur prééminence sur toutes les autres maladies à déclaration obligatoire (BOUZIANI, 2000). La bonne qualité de l'eau de boisson, est primordiale pour la santé humaine, surtout que les risques de pollutions existent à chaque étape du parcours de l'eau. Les maladies liées à la contamination de l'eau de boisson représentent une charge considérable pour l'humanité. Les interventions visant à améliorer la qualité de l'eau de boisson, apportent des bénéfices notables en matière de santé (OMS, 2004). Le coût du mètre cube d'eau est directement lié à son traitement et donc à la pollution de la ressource. A cet effet, dans toute gestion de ressource, les actions préventives doivent être privilégiées par rapport aux actions curatives (MONTIEL, 1999).

Dans la région de SEBSEB, l'utilisation des eaux phréatiques dans la consommation humaine et en agriculture est très ancienne. L'utilisation de fumier organique et des engrais en agriculture et la mise en place des fosses septiques à proximité des puits révèlent l'hypothèse d'une éventuelle contamination biologique de ces eaux, sachant que la nappe phréatique est la plus exposée à la pollution en provenance de la surface.

Face à ce constat, la présente étude porte sur la caractérisation microbiologique des eaux phréatiques dans la région de Ghardaïa (cas d'oued SEBSEB).

Afin d'atteindre cet objectif, le plan de travail adopté est structuré comme suit:

- La première partie est consacrée à l'étude bibliographique qui contient une généralité sur l'eau et le contrôle de sa qualité.
- La deuxième partie consacrée au matériel et méthodes, illustre la présentation de la région d'étude, les méthodes d'analyse effectuées et les matériels utilisés.
- La troisième partie est réservée aux résultats obtenus et discussions.
- Conclusion et des perspectives achèvent la présente étude.

PREMIERE PARTIE



***SYNTHESES
BIBLIOGRAPHIQUES***

Chapitre I : Généralité sur l'eau

1. Définition

L'eau est un liquide, incolore, transparent, inodore et insipide. Il est un corps composé résultant de la combinaison de deux volumes d'hydrogène et un volume d'oxygène de formule H_2O . Elle boue à une température de 100 °C sous la pression d'une atmosphère et se solidifie à 0°C. Elle existe dans l'atmosphère à l'état de vapeur ; Les eaux naturelles tiennent en dissolution des gaz et des sels en suspension, des poussières et quelques fois des microbes pathogènes (CLAUDE *et al.*, 1980).

2. Cycle de l'eau

La vapeur d'eau constitue la forme à partir de laquelle s'effectue le cycle de ce composé (Fig.1). Pourtant la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère est dérisoire, si elle était condensée, elle occuperait une hauteur moyenne à peine 3 cm à la surface de la terre. Le déplacement des masses d'air chargées de vapeur d'eau assure la distribution des précipitations. Leur refroidissement ramène l'eau à la surface sous la forme de pluie, neige ou grêle. Cependant la majorité des précipitations retombent sur l'océan, et seulement 22,8% atteignent la surface des continents qui occupent pourtant 29% de la surface totale de la planète. A la surface des continents, l'eau subit trois phénomènes différents : L'évaporation et l'évapotranspiration par les plantes, ce dernier phénomène est très important : une forêt pouvant dégager dans l'air de 20 à 50 t d'eau par hectare et par jour selon les conditions météorologiques locales et la nature du sol. L'infiltration est un autre phénomène très important car c'est d'elle que dépend la réhydratation des sols et l'approvisionnement des nappes phréatiques, des rivières souterraines et des résurgences. Enfin, le ruissellement assure l'alimentation des cours d'eau et donc boucle le cycle par retour des fleuves à l'océan (RAMADE, 2002).

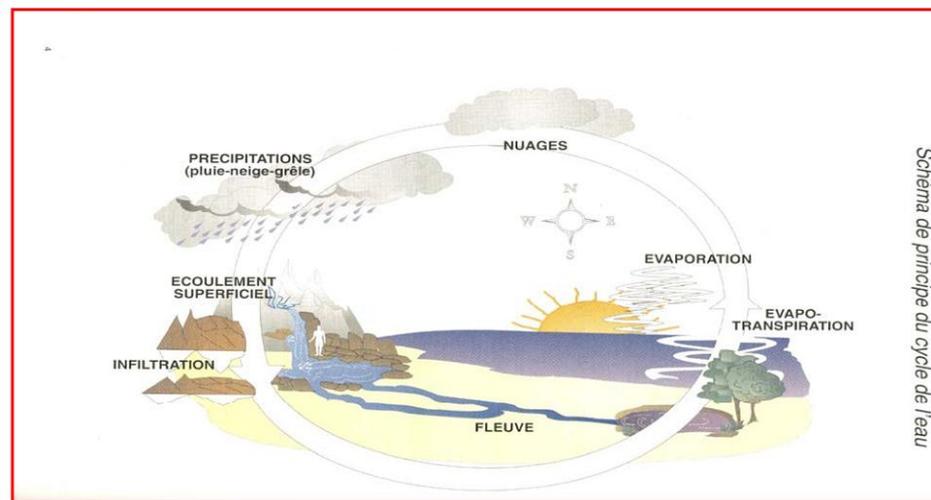


Figure 1 : Cycle de l'eau (GUERBOUZ, 2006).

3. Sources en eau

3.1. Eaux de surface

Elles proviennent surtout des pluies et sont constituées d'un mélange d'eau de ruissellement et l'eau souterraine qui alimentent les vallées, les barrages et les lacs (AROUA, 1977).

Les eaux de surface sont plus fréquemment contaminées (barrage, rivières), elles nécessitent des traitements ainsi que des infrastructures pour le transport jusqu'aux agglomérations.

Ce sont des eaux qui se caractérisent par une forte charge en impuretés et par une pollution biologique et surtout chimique. La pollution est due surtout aux rejets dans le milieu naturel de grandes quantités d'eaux usées brutes et souvent chargées en polluants toxiques (BOUZIANI, 2000).

Les eaux de surface sont globalement les eaux des rivières, des lacs, des oueds et des mers.

3.1.1. Eaux des rivières

La qualité de l'eau est soumise aux influences des pluies, à la nature géologique du bassin hydraulique, aux conditions d'évaporation et aux changements saisonniers de débit (KEMASSI et OUANOUGH, 1997).

Les analyses montrent que l'eau des rivières ne peut être consommée sans risque. Elle est surtout contaminée par les égouts, mais parfois aussi par les eaux de ruissellement qui entraînent des souillures (GOMELA et GUERREE, 1974).

3.1.2. Eaux des lacs

La constitution de l'eau des lacs change selon les saisons même quelques fois selon les jours, en fonction des conditions climatiques et de l'activité biologique. Les eaux des lacs sont plus pures vers le centre grâce à la décantation qui s'y produit ; elles se trouvent moins chargées que dans les rivières (KEMASSI et OUANOUGH, 1997).

3.1.3. Eaux des mers

L'eau de la mer est une solution complexe fortement minéralisée soit 33 à 37g/l de sels ; elle est caractérisée par sa température très variable en surface en fonction d'éclairement solaire et des échanges de chaleur entre l'océan et l'atmosphère. Elle varie entre 1-9°C dans la région polaire et plus de 30°C environ dans les régions tropicales en profondeur. En revanche les températures varient très peu entre 0°C et 4°C (KOULE et BASSOU, 2003).

3.1.4. Eaux d'Oueds

Un Oued est un cours d'eau qui s'assèche à certaines périodes de l'année dans les régions arides et semi arides ; Ses eaux sont chargées pendant les crues (KEMASSI et OUANOUGH, 1997).

3.2. Eaux souterraines

Les eaux souterraines longtemps considérées comme pures et protégées par le sol contre les diverses activités humaines, sont de nos jours souvent touchées par l'infiltration de multiples polluants à haut risque dont les plus répandus sont les nitrates et les pesticides. L'eau d'une nappe souterraine a une composition généralement plus stable et riche en sels minéraux. Son exploitation nécessite la mise en place de systèmes de captage et des équipements hydrauliques de distribution (pompes) qui sont souvent importants. La porosité et la structure du terrain déterminent le type de nappe et le mode de circulation souterraine. Une nappe peut être libre, elle est alors alimentée directement par l'infiltration des eaux de ruissellement.

Une nappe peut être captive, elle est alors séparée de la surface de sol par une couche imperméable et maintenue en pression par un toit moins perméable que la formation qui la contient.

Un cas particulier est présenté par les nappes alluviales : ce sont les nappes situées dans les terrains alluvionnaires sur lesquels circule un cours d'eau (DEGREMOT, 1989).

4. Réserves en eau dans le monde

On estime qu'il y a sur la planète environ 1.4 milliards de Km^3 d'eau (REMINE, 2005). Cependant, la majeure partie (97%) de cette eau se présente sous forme d'eau salée dans les mers et les océans, elle est difficilement valorisable pour les activités humaines. Des 3% restants (36 millions de km^3), plus des 3/4 constituent les glaciers très peu accessibles. Le 1/4 restant comprend essentiellement des eaux souterraines (inférieurs à 1% de l'eau totale du globe) et une faible partie sous forme d'eaux de surface contenues dans les lacs et les rivières (soit 0.01% de l'eau de la planète) (Fig.2 et Tab.I) (REMINE, 2005).

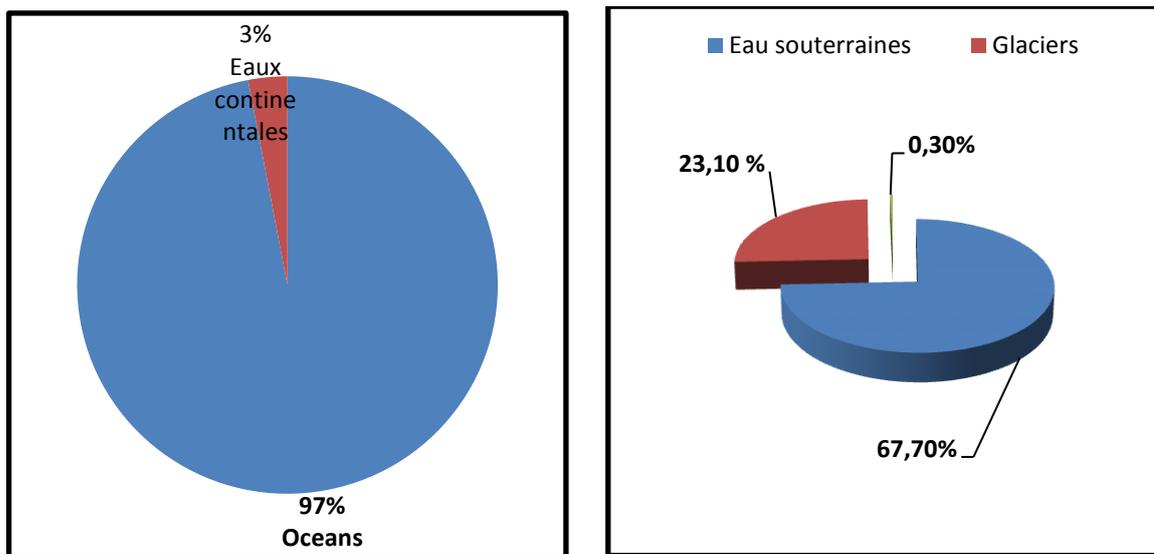


Figure 2 : Distribution de la ressource en eau dans le monde (REMINE, 2005).

Tableau I : Types d'eau (REMINE, 2005).

Types d'eau	Volume (millions de km^3)
Glaciers	27.5
Eaux souterraines	8.2
Humidité des sols	0.007
Lacs d'eau douce	0.1
Rivières	0.017
Mers intérieures	0.105
Atmosphère	0.013
Biosphère	0.0013

A l'échelle de la planète, l'eau est suffisamment importante, il n'y a pas de risque de pénurie globale. Les ressources en eau sont largement suffisantes. Approximativement ; L'humanité à sa disposition entre 30 000 et 35 000 km³ et nous consommons à l'heure actuelle un peu moins du dixième de ce total (Fig. 3) (REMINI, 2005).

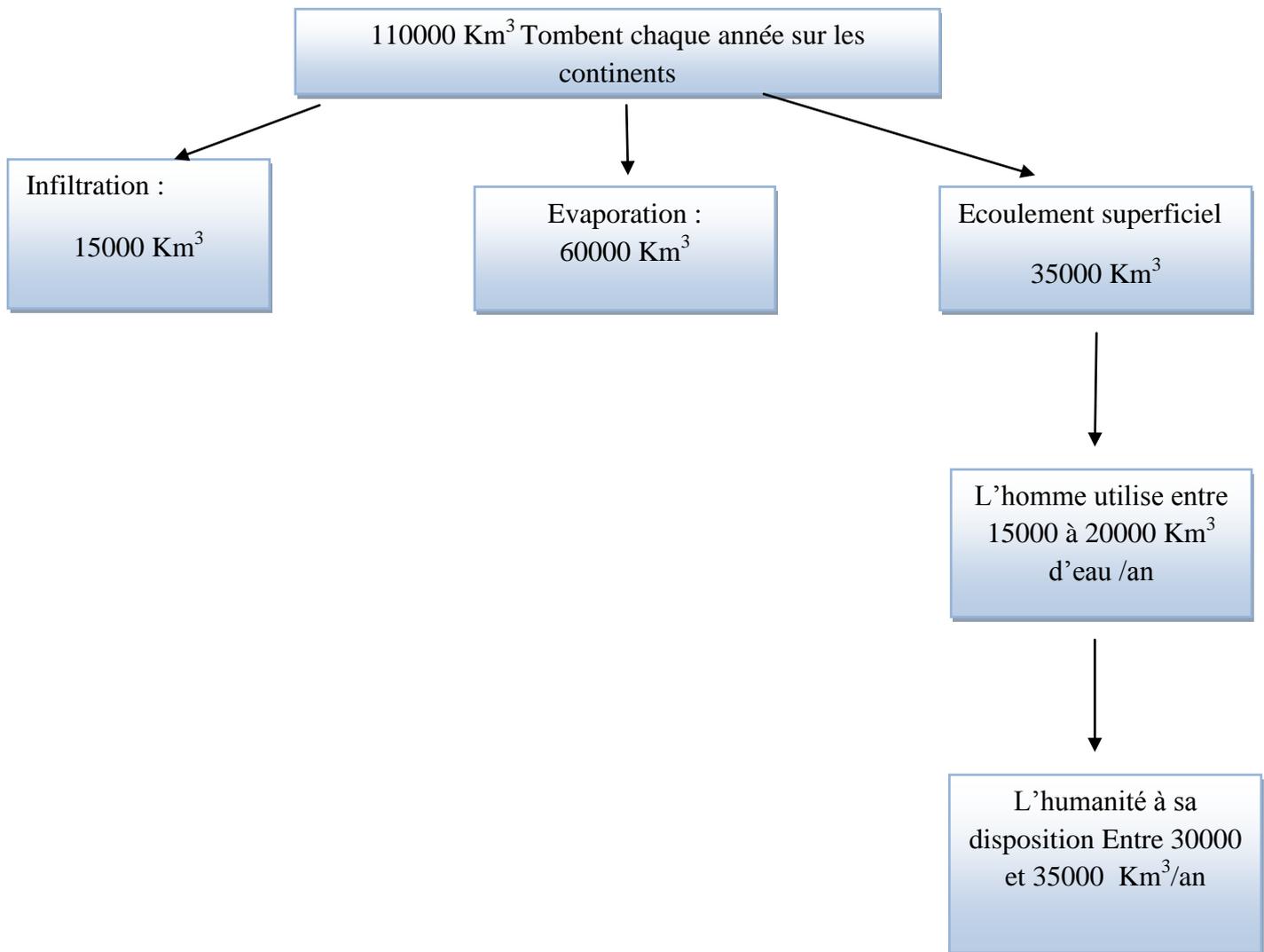


Figure 3 : Répartition de l'eau dans le monde (REMINI, 2005).

5. Ressources en eau en Algérie

L'Algérie avec sa superficie de 2.381.741 km² est divisée en 48 wilayas, dont près de 80% du territoire représente une zone désertique (KETTAB, 2000).

Le ministère des ressources en eau coordonne l'ensemble des activités liées à l'eau au niveau national, chaque wilaya a une direction de l'hydraulique. Il existe aussi des sociétés

nationales telles ANB (Agence nationale des barrages), AGEP (Agence Générale de l'eau potable), des entreprises de wilaya et depuis 1996, existe un nouveau découpage par bassin hydrographique. Ainsi cinq régions de bassins hydrographiques et cinq comités de bassins ont été définis (1-Oranie-Chott Chergui; 2- Cheliff Zahrez; 3- Algérois-Hodna-Soummam; 4- Con-stantinois-Seybousse-Mellegue; 5- Sahara) afin d'assurer une gestion intégrée des ressources en eau. Des agences de bassin sont donc créées avec mise en place progressive de dispositifs et d'outil réglementaires pour la gestion quantitative et qualitative de l'eau. Le statut de ces agences de bassins hydrographiques est : établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) (KETTAB, 2000).

La concertation est assurée par un comité de bassin composé à parts égales, de représentants de l'administration, des élus locaux, et des usagers. Il peut discuter de toutes les questions d'eau au sein du bassin hydrographique (KETTAB, 2000).

Il est à noter qu'un fond national de gestion intégrée des ressources en eau a été créé et ses recettes proviennent entre autres des taxes prélevées à savoir la taxe d'économie d'eau et la taxe de qualité d'eau (8% pour le nord et 4% pour le Sud pour les usagers raccordés à un réseau d'eau potable). Cette organisation répond à des normes internationales afin de promouvoir la gestion des ressources en eau, la collecte de l'information, et l'information des usagers (KETTAB, 2000).

5.1. Potentialités en eau

Le taux de raccordement à l'alimentation en eau potable est de 94 % (MIDJEK, 2011). Le prix de revient d'un mètre cube d'eau est de 20 DA, alors qu'il est cédé à 3,80 DA pour la 1^{ère} tranche (<25 m³) et 24,70 DA la 4^{ème} tranche (>82 m³). Les pertes en eau sont estimées à 50% (KETTAB, 2000).

Tableau II : Disponibilité en eau potable (KETTAB, 2000).

Année	1962	1990	1995	1998	2000	2020
m ³ /hab	1500	720	680	630	500	430

Selon la figure 4, la disponibilité en eau potable actuellement à diminuée par rapport aux années précédentes, lorsque la consommation d'eau distribuée est de 161 l/hab./j ; si l'on tient compte des fuites (50%), l'industrie et du tourisme, cette quantité devient 60 l/hab./j (KETTAB, 2000).

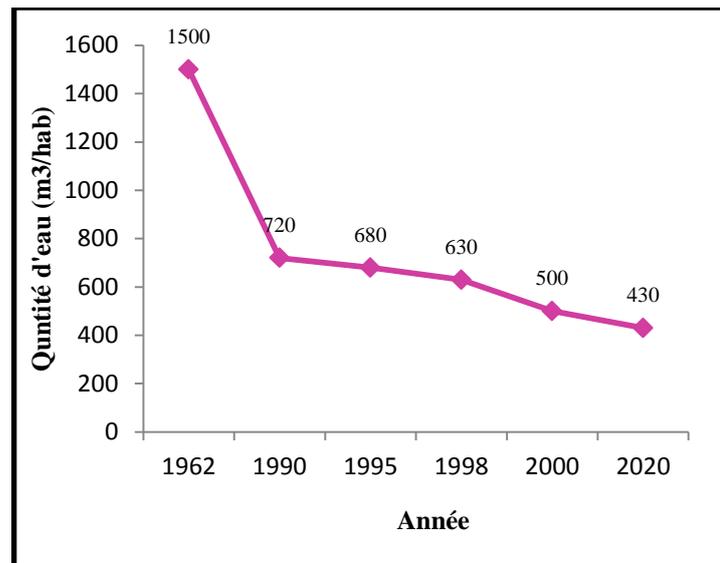


Figure 4 : Courbe de la disponibilité en eau potable (KETTAB, 2000).

Pour les 20 années à venir, et pour résoudre le problème de la pénurie d'eau, l'investissement est estimé à 17 milliards de dollars, sans parler de la réhabilitation et du renouvellement des différentes infrastructures (300 millions de dollars), soit au total 1.2 milliards de dollars /an (KETTAB, 2000).

5.1.1. Eaux superficielles

Le volume d'eau terrestre sous forme solide, liquide et gazeuse est estimé à 1.384.120,00 b km³ dont seul 0.26 % sont de l'eau douce directement exploitable. On estime qu'il y a théoriquement suffisamment d'eau douce pour alimenter quelques 20 milliards d'habitants. Malheureusement elle n'est pas répartie de façon égale, comme en témoignent les vastes régions arides et semi-arides (KETTAB, 2000).

Dans le monde Arabe, le volume total des eaux de surface est estimé à 204 milliards de m³. Au Maghreb, l'Algérie avec sa centaine de barrages mobilise 45.109 m³ alors que le Maroc avec 33 barrages mobilise 10.109 m³, tandis que la Tunisie avec ses 28 barrages totalise 24.109. Pour l'ensemble des barrages Algériens, les sédiments déposés sont évalués à 100 106 m³ en 5 ans soit 20 106 m³/an de volume perdu (KETTAB, 2000).

L'Algérie est un pays semi-aride, voire même Aride (200 à 400 mm) et les ressources en eau sont faibles, irrégulières, et localisées dans la bande côtière, l'apport total des précipitations serait de l'ordre 100 milliards de m³ d'eau par an dont 12.4 milliards de m³ en écoulements superficiels, et seuls 6 milliards de m³ sont mobilisables en tenant compte des sites favorables techniquement (Hydrologie, topographie, géologie) (KETTAB,2000).

Tableau III : Volume totale de l'eau dans la surface (KETTAB, 2000).

Barrages	Nombre	Cap. total 106 m³	Vol. régularisé 106 m³/an
En exploitation	107	4400	1901
En construction	27	2726	1375
En étude	50	3000	—
Total	184	10126	3276

En Algérie, la population était estimée à 23 millions en 1987 ; 28 en 1995; 32 en 2000; 39 en 2010; et 46 en 2020, soit une consommation potable et industrielle de l'ordre de 5 milliards de m³ alors que la mobilisation actuelle est à peine de 2 milliards de m³. Il faudrait mobiliser dans les 20 ans à venir 3 milliards de m³, en excluant les eaux d'irrigations et les fuites dans les conduites. Les superficies irriguées sont estimées à 450000 ha, l'objectif à atteindre à court terme étant de 770000 Ha, et si l'on suppose qu'en moyenne, il faut 8000 m³/ha, il nous faudrait mobiliser 6.2 milliards de m³ (KETTAB, 2000).

En conclusion il faudrait mobiliser en 2020, plus de 11 milliards de m³ d'eau, alors que nos capacités théoriques sont de 6 milliards, un réel défi à relever?, mais surtout une stratégie et une politique à définir (KETTAB, 2000).

5.1.2. Eaux souterraines

Ces ressources sont évaluées à 1.8 milliards de m³ dans le Nord de l'Algérie. Les potentialités du Sud sont estimées à 60000 milliards de m³. Ces dernières sont difficilement exploitables et renouvelables. 4 à 5 milliards de m³ sont exploitables annuellement (KETTAB, 2000).

6. Ressources en eau dans le Sahara Algérien

Généralement les ressources en eau représentent l'une des principales richesses sur lesquelles repose toute action de développement économique et social. Au Sahara les ressources en eau sont surtout et largement dominées par les eaux souterraines et ce, en dehors des régions situées dans l'atlas saharien, le Hoggar et le tassili. Dans ces régions les précipitations à l'amont (bassin versant) sont relativement importantes, dont une partie de ces eaux coulent dans des Oueds et recueillie par des retenues (Zibans et Saoura) et l'autre partie aliment directement les nappes

phréatiques et parfois par l'intermédiaire de barrages de l'inféro-flux (Laghout et Tamanrasset) (KHADRAOUI et TALEB, 2008).

6.1. Eaux superficielles

Les eaux superficielles sont localisées dans les piémonts de l'Atlas saharien et dans les régions du Hoggar et du Tassili. Les crues sont généralement rares et proviennent du grand Atlas marocain (Oued Guir) et du versant des Aurès (Nememchas). Les barrages sont d'une importance stratégique pour la région, car ils constituent des réserves d'eau, dont la maîtrise de la gestion constitue un enjeu capital pour assurer une distribution régulière et planifiée de la ressource. Le Sahara se distingue par cinq (5) principaux réservoirs : Biskra (Foum-el-Gherza – 47 hm³, la Fontaine des gazelles – 55 hms³) Bechar (Djorf *torba* – 350 hm³ Brézina : 122hm³) et khenchela (Bechar 41 hm³) (KHADRAOUI et TALEB, 2008).

6.2. Eaux souterraines

Les ressources en eau souterraines au Sahara essentiellement constituée par : les eaux renouvelables localisées dans les inféro-flux du versant sud des Aurès (région nord de Biskra), du Hoggar Tassili à l'Est et la région de Bechar – Tindouf à l'Ouest. Alors que les eaux non renouvelables sont représentées par les deux grands réservoirs des deux bassins sédimentaires : Le Complexe Terminale et le Continental Intercalaire. Il est à remarquer que d'autres ressources en eau situées dans la périphérie du bassin du Sahara septentrional (Biskra, Laghouat, Bechar, Hoggar et Tassili) sont également importantes et se caractérisent surtout par des nappes renouvelables (nappes phréatiques) et ce, contrairement aux eaux fossiles ou faiblement renouvelables du bas Sahara. Le continental Intercalaire est présent dans tout le Sahara Septentrional. Il est formé par une succession des couches de grés, de sables, de grés argile, dont l'âge va du Trias à l'Albien. Le Complexe Terminal est constituée par des formations d'âge et de lithologie différentes (KHADRAOUI et TALEB, 2008).

7. Pollution des eaux

Le problème de la pollution des eaux représente sans aucun doute un des aspects les plus inquiétants de la crise globale de l'environnement. En effet, à la différence de divers phénomènes de pollution qui ne constituent qu'une menace potentielle susceptible d'affecter à l'avenir les activités humaines, la crise de l'eau sévit déjà depuis longtemps et avec une gravité sans cesse accrue, affectant aussi bien les pays industrialisés que ceux du tiers monde (RAMADE, 2002).

8. Types de pollution d'eau

8.1. Pollution physique

Elle est due à la présence de matières en suspension, parfois de colloïdes ; elle se traduit par un trouble ou une coloration prononcée.

8.2. Pollution chimique

Elle est due à des substances en solution ; elle se traduit par un changement de saveur (eaux salées ou saumâtres), parfois par l'apparition d'un caractère toxique lorsque le corps dissous est un poison.

8.3. Pollution thermique

Elle se traduit par l'accroissement de la température due à des circuits de refroidissement dont le plus souvent relevant de centrales énergétiques (BERNARD, 1999).

8.4. Conséquences écologiques de la pollution des eaux

Le rejet d'un affluent urbain pollué par des matières organiques fermentescibles constitue la cause la plus répandue et prépondérante de dégradation de la qualité des eaux de surface. Un rejet d'égout induit une dégradation considérable tant de la qualité physico-chimique des eaux que de la biocénose aquatique, ce rejet se manifeste en effet sur le plan écologique par l'apparition d'espèces bio-indicatrices positives de pollution et par l'élimination des populations des espèces bio-indicatrices négatives (RAMADE, 2002).

9. Propriétés écologiques de l'eau

Les propriétés écologiques de l'eau renseignent sur la signification pour la biosphère (Tab. IV).

10. Maladies à transmission hydriques

Les maladies hydriques sont causées généralement par la consommation d'eau contaminée par des fèces animales ou humaines, qui contiennent des microorganismes pathogènes ou des produits chimiques présents dans l'eau potable ou les eaux utilisées pour les activités récréatives (Rapport N.U.D.M.E, 2013).

Tableau IV: Propriétés écologiques de l'eau (RAMADE, 2002).

Propriétés écologiques	Comparaison avec les autres liquides	Signification physique pour la Biosphère
Capacité calorifique	La plus élevée de tous les liquides	Volant thermique face aux températures extrêmes
Points de fusion et d'ébullition	Elevés	Possibilité d'être à l'état liquide à la surface de la Terre
Tension superficielle	Elevée	Favorise la formation d'aérosols dans les nuages, de condensation et de précipitations
Densité	Maximale à 4°C	Stratification dans les lacs et les océans
Absorption lumineuse	Forte, en particulier dans l'UV et l'IR	Effet de serre et rôle important au plan biologique
Propriétés de solvant	Structure dipolaire favorisant la dissolution des sels et des molécules polaires	Transport aisé de substances dissoutes dans la biomasse et les cycles biochimiques

Dans les maladies à transmission hydrique, les agents responsables de la contamination de l'eau proviennent des individus malades, des porteurs sains ou des animaux appelés communément « réservoir de germes ». Si ces microorganismes, potentiellement pathogènes, conservent dans l'eau, leur viabilité, en même temps que toutes leurs propriétés intrinsèques, et si leur nombre est suffisant (dose infectieuse), alors l'individu s'exposant développe la maladie, en absorbant de l'eau contaminée (HASLAY et LECLERC, 1993).

De nos jours, ces infections sont le plus souvent des diarrhées, définies cliniquement (Tab. V) (LANOIX et al., 1976).

Tableau V : Caractéristiques des maladies transmises par l'eau d'après (LANOIX et al., 1976).

Infection	Maladie	Agent étiologique	Réservoir	Mode de transmission	Description sommaire des symptômes	Période d'incubation
Bactéries	Fièvre paratyphoïde	Salmonella paratyphi (A, B, C)	Fèces et urines de porteurs des germes ou de malade	Eau	Infection générale caractérisée par une fièvre continue, de la diarrhée parfois.	De 1 à 10 jours par la gastroentérite : des 3 semaines par les infections intestinales.
	Shigellose (dysenterie streptococcique)	<i>Shigella dysenterie</i>	Selles de porteurs de germes et des sujets infectés	Eau	Nausée, vomissements, diarrhée.	Des 17 jours ordinairement moins de 4 jours.
	Choléra	<i>Vibrio cholerea</i>	Selles, vomissements porteurs de germes	Eau	Diarrhées aqueuses, vomissements, soif, douleurs coma.	De quelques heures à 5 jours ordinairement 3 jours.
	Tularémie	<i>Francisella tularensis</i>	Lapin, chiens, renard, porcins.	L'eau contaminée	Diarrhée, fièvre, nausée vomissements.	De 1 à 10 jours, en moyenne 3 jours.
	Gastro-entérite.	Micro-organismes inconnus.	Probablement l'homme et les animaux.	Eau	Diarrhée, fièvre, nausée, vomissements.	Variable de 8 à 12 h en moyenne.
Virus	Hépatite infectieuse.	Virus A de l'hépatite.	Déjections de sujets infectés.	Eau	Fièvre, nausée, anorexie, cephalie, jaunisse, fatigue	De 15 à 35 jours, en moyenne 25 jours.
Protozoaires	Amibiase	<i>Entamoeba</i>	Matière fécale de	Eau	Diarrhée ou constipation, anorexie,	De 5 jours à plusieurs

	(dysenterie amibienne).	<i>histolytica</i>	porteurs et individus infectes.		pesanteur abdominale, selles sanguinolentes et glaireuses.	mois, en générale de 3 à 4 semaines.
Helminthes	Schistosomiase.	<i>Schistosoma haematobium</i>	Circulation veineuse de l'homme, urines, fèces.	Eau infectée par les cercaires utilise pour la boisson ou le bain.	Symptômes dysentériques, pulmonaires et abdominaux, frissons, démangeaison dermatite.	De 1 à 3 mois ou davantage.
	Ascaridiase.	<i>Ascaris lumbricoides</i>	Intestin grele de l'homme.	Eau contamines, eau dégout.	Vers dans les selles, douleurs abdominales, nausées, appétit excessif.	De 1 à 5 jours et de 2 à 4 mois.
	Oxyure.	<i>Enterobius vermicularis</i>	Gros intestin de l'homme.	Eau contaminée, eau dégout	Diarrhées.	14 jours
	Fasciolopsiase.	<i>Fasciolopsis bushi</i>	Intestin grêle de l'homme.	Eau, aliments.	Douleurs abdominales, diarrhées selles verdâtre, constipation, œdème.	De 1 à 2 mois.
	Paragonimiase.	<i>Paragonimus nestermani</i>	Voie respiratoire et tube digestif de l'homme.	Eau infectée, crabe d'eau douce.	Diarrhée, douleurs sourde taux chronique.	Variablement.

Chapitre II : Contrôle de la qualité de l'eau

1. Qualité physico-chimique de l'eau

L'eau libre à la consommation ne doit pas être trouble ni colorée. Cependant, à part les eaux souterraines et celles de sources, la couleur et la turbidité sont les conditions qu'on retrouve généralement dans l'eau brute et qui ne peuvent être modifiées que par un traitement (LANOIX et al., 1976).

La qualité physico-chimique des eaux souterraines dépend essentiellement de leur origine, de la nature des alluvions et des roches qui emmagasinent cette eau.

Le consommateur exige aussi que l'eau n'ait ni goût ni odeur pouvant être décelés. On trouve parfois des eaux naturelles ne présentant pas de tels inconvénients, mais combine d'autres offrent toute gamme de goût et d'odeurs. Ces goûts et ces odeurs sont dus à la présence de certains micro-organismes et certaines substances chimiques, leur correction entre encore dans le domaine du traitement de l'eau (LANOIX et al., 1976).

1.1. Normes de qualité physico-chimiques des eaux

Une eau potable doit répondre à des normes physico-chimiques établies officiellement par chaque pays. Ces normes sont regroupées dans le tableau VI selon la Communauté économique européenne (CEE) et Algérie.

Tableau VI : Normes européennes (CEE) et Algérienne de qualité physico-chimiques des eaux potables (BOUZIANE et GUESSIER, 2010 ; GUERBOUZ, 2006).

Paramètres physico-chimiques	Unités	CEE	Algériennes
pH	-	9,5	6,5 à 8,5
T°	°C	25	25
CE	µS/cm	1250	2800
Turbidité	NTU	5	5
No ₃ ⁻	mg/l	50	50
No ₂ ⁻	mg/l	0,1	0,1
Po ₄ ³⁻	mg/l	0,5	0,5
NH ₄	mg/l	0,5	0,5
DCO	mg/l	125	/
DBO ₅	mg/l	25	/

2. Qualité bactériologique de l'eau

L'eau contaminée par les excréta est susceptible de transmettre des maladies de l'intestin. Les germes de ces maladies sont toutefois très peu nombreux, comparés à la multitude d'autres germes d'origine intestinale.

Pour cette raison, il n'est pas pratique de chercher à déterminer la présence des bactéries pathogènes dans l'eau contaminée.

La qualité bactériologique de l'eau ne se mesure donc pas directement, mais plutôt, indirectement, par la recherche d'organismes indicateurs de pollution (par exemple, les bactéries du groupe coliforme, qui vivent normalement dans les intestins). La présence de ces bactéries dans l'eau indiquerait que celle-ci a été polluée par des déchets d'origines humaines ou animales (BOUCHENGA et LAHRACHE, 2006).

Ces déchets pourraient provenir de personnes souffrant de maladies intestinales ou de porteurs de germes de ces maladies, il s'ensuit que, dans l'eau qui en a été polluée, il est probable qu'il existe, outre les bactéries coliformes, des bactéries intestinales pathogènes (LANOIX et al., 1976).

Des normes ont été établies par la législation (JOURNAL OFFICIEL, 1998) afin de garantir la qualité de l'eau de consommation. Ainsi, une eau, de bonne qualité bactériologique, est une eau satisfaisant certains critères de teneur bactérienne mesurée en termes de bactéries coliformes, entre autres.

2.1. Indices de la qualité hygiénique

2.1.1. Flore mésophile

Il s'agit de l'ensemble des micro-organismes capable de se multiplier en aérobiose à des températures optimales de croissance comprises entre 20°C et 45°C (CAROLINE et al., 2002).

Cette microflore peut comprendre des micro-organismes pathogènes pour l'homme et l'animal mais aussi des micro-organismes d'altération variés.

Ainsi, en microbiologie alimentaire, on recherche et dénombre les micro-organismes aptes cultivé en 72 heures à 30°C et en gélose pour dénombrement.

La flore mésophile indique comme un indicateur de la qualité sanitaire, qu'il n'y a pas toujours de relation entre une valeur élevée de la flore totale aérobie mésophile et la présence des micro-organismes pathogènes (CAROLINE et al., 2002).

Cependant, on considère que, en général, il n'y a de risque pour la santé du consommateur que si la flore totale mésophile aérobie est supérieure ou égale à 10^5 micro-organismes/g (CAROLINE et al., 2002).

2.1.2. Entérobactéries

Bacilles Gram (-), non sporulant, anaérobies facultatifs, mobiles (le plus souvent flagellés péritriches) ou non. Cellules isolées ou par paire ; Croissent habituellement bien dans ou sur les milieux de base. Métabolisme respiratoire et fermentatif, ne possédant pas d'oxydase, possédant une catalase à l'exception de *Shigella dysenteriae* ; Réduisant, en générale, les nitrates en nitrites. Se trouvent comme parasites, parfois pathogènes ou commensaux chez l'homme et autres animaux, et comme saprophytes dans le sol et les eaux (BOUCHENGA et LAHRACHE, 2006).

Les germes se différencient par des tests biochimiques. Elle peut chercher des nombres des germes comme, *Escherichia Coli*, *Klebsiella pneumoniae* et certaines souches de *Citrobacter* fermentent le lactose, mais pas le cas de *Salmonella*, *Shigella* (SIGLETON et al., 1997).

2.2. Indice de la contamination fécale

2.2.1. Coliformes totaux

Les coliformes sont des entérobactéries, bacilles Gram (-), non sporulé, aéro-anaérobies facultative capable de se multiplier en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaires, et capable de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 48 heures, à des températures de 35 à 37°C (CAROLINE et al., 2002).

2.2.2. Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44,5°C (ELEMUND et al., 1999).

Tableau VII : Nature de l'eau selon les nombres de coliformes totaux (AMIEUR et ZAHOUANI, 2012).

Nombre de coliformes /100 ml	Nature de l'eau
0-10 cellules	Eau pure
10-50 cellules	Eau douce ou moyennement douce
50-100 cellules	Eau contrôlée
100-1000 cellules	Eau suspecte
1000-10000 cellules	Eau polluée et indésirable
> 10000	Eau très polluée

Coliformes d'origine fécale rencontrés dans les matières fécales animales ou humaines, les eaux usées, les eaux de surfaces polluées ; Leur température optimale de croissance se situe à 37 C° mais ils sont capables de multiplier a des températures élevés jusqu' à 44 C°. Ce sont des coliformes thermomorphes appelés thermotolérants (HASLAY et LECLERC, 1993).

Selon JOSEPH et PIERRE (2004), le dénombrement des coliformes thermotolérants (coliformes fécaux) est un bon indicateur sanitaire et dans de nombreux cas un assez bon indice de contamination fécale à partir de l'homme et des animaux, ces coliformes qui représentent environ 1% de la flore intestinale.

La distinction entre les coliformes totaux et les coliformes fécaux est liée à la seule température d'incubation 30 à 37°C coliformes totaux et 44°C pour les autres (Test de MacConkey ou d'Eijkman) (JOSEPH et PIERRE, 2004).

2.2.2.1. Escherichia Coli

A. Morphologie

C'est un bacille ou coccobacille isolé ou en paires. Habituellement, ces germes sont mobiles (flagellés péritriches) (Fig.5). Ils ont un métabolisme respiratoire. Ils fermentent le glucose (habituellement avec production de gaz) (SINGLETON et al., 1997).

Ces bactéries sont commensales de l'intestin et survivent en saprophytes à l'extérieur, plus ou moins longtemps *E. Coli*, notamment, ne survit que peu de temps à l'extérieur ; Sa présence traduit donc une contamination fécale récente. *E. Coli* acidifie le milieu et produit du gaz (PILET et al., 1979 ; SINGLETON et al., 1997).

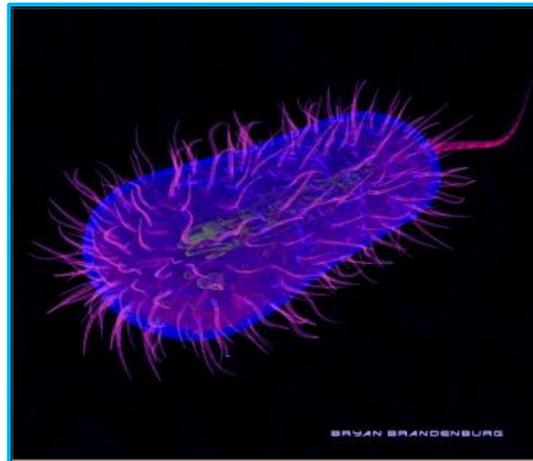


Figure 5 : *Escherichia Coli* (Net 1).

B. Habitat

E. coli est une espèce commensale du tube digestif de l'homme et des animaux. Dans l'intestin, *E. coli* est l'espèce aérobie quantitativement la plus importante, présente à raison de 10^7 à 10^9 corps bactériens par gramme de selles. Cette population bactérienne ne représente qu'environ 1 % de celle des anaérobies (AVRIL et al., 1992).

La recherche d'*E. Coli* dans l'eau d'alimentation (colimétrie) est fait pour apprécier sa potabilité. La présence d'*E. Coli* dans l'eau est le témoin d'une contamination fécale récente et la rend impropre à la consommation (AVRIL et al., 1992).

C. Pouvoir pathogène

Les colibacilles, hôtes normaux de l'intestin, possèdent un potentiel pathogène qu'ils expriment dans certaines circonstances (pathogènes opportunistes) :

- Des infections extra intestinales (Appendicites, méningites ...etc) ;
- Des maladies diarrhéiques (PILET et al., 1979).

Les potentialités d'*E. Coli*, chez l'homme, sont étendues : on retrouve cette bactérie dans des affections génito-urinaires (métrite et cystite) et dans des syndromes digestifs (lithiases et appendices), circulation et pulmonaires (BOUCHENGA et LAHRACHE, 2006).

Ces infections sont dues à des colibacilles commensaux, acquérant occasionnellement un pouvoir pathogène, très différent, apparait le cas des colibacilles entéro-pathogènes, agents de gastro-redoutables, chez le jeune enfant. Les gastro-entérites se rencontrent dans les selles à l'état normal (leur proportion reste toujours très faible dans les selles de nouveau-nés) (BOUCHENGA et LAHRACHE, 2006).

2.2.2.2. Klebsiella

Les *Klebsiella* sont des *Enterobacteriaceae* toujours immobiles, possédant généralement une capsule et fermentant de nombreux glucides.

A. Morphologie

Ce sont des bactéries Gram (-), munies de capsules, surtout à la sortie de l'organisme ; ils sont très polymorphes ; présence de formes coccoides, se regroupent en diplobacille ou en courtes chaînettes, souvent enrobée dans la même capsule (PILET et al., 1979).

Sur gélose : les colonies sont de type mucoïde. Elle a un aspect caractéristique : sont volumineuses (4 mm de diamètre), bombées, brillantes, opaques. Le contact avec l'anse de platine permet de constater l'aspect visqueux des colonies dites « en coulées de miel » (Fig.6) (PILET et al., 1979).

En bouillon : on note la formation d'un trouble dense, avec collerette visqueuse (PILET et al., 1979).

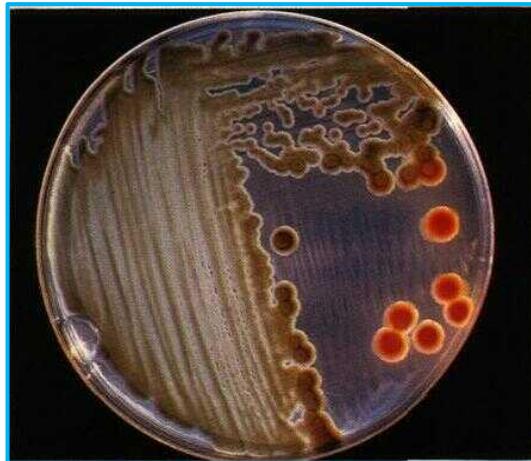


Figure 6 : Colonies muqueuses de *Klebsiella pneumoniae* sur gélose de Drigalski (AVRIL et al., 1992).

B. Habitat

Klebsiella pneumoniae, autrefois appelée pneumobacille de Frenlander, est une espèce ubiquiste, isolée des eaux de surface, des eaux usées, des effluents industriels, du sol, du bois, de végétaux divers et des aliments. Ils sont également retrouvés dans la flore fécale d'environ 30% des animaux et de l'homme. Ils existent aussi à l'état commensal sur la peau et les muqueuses, notamment les muqueuses respiratoires (PILET et al., 1979).

C. Pouvoir pathogène

Chez l'homme, c'est l'agent des pneumopathies aiguës, d'angines, d'otites, de cystites et d'affections rénales. C'est une bactérie occasionnellement pathogène.

Chez l'animal, on peut la retrouver dans certaines métrites de la jument, infection respiratoire du chien et mammites de la vache (PILET et al., 1979).

2.2.2.3. Citrobacter

A. Morphologie

Les bactéries du genre *Citrobacter* sont constituées de bacilles droits, isolée ou groupés en paire, d'environ 1,0 µm de diamètre sur 2,0 à 6,0 µm de longueur et présentant les caractères généraux de la famille des *Enterobacteriaceae* (Fig.7) (BOUCHENGA et LAHRACHE, 2006).

Classiquement, le genre *Citrobacter* rassemblait des entérobactéries mobiles. Ils sont caractérisés par l'odeur particulièrement nauséabonde des cultures et leur capacité à utiliser le citrate de sodium, comme unique source de carbone (BOUCHENGA et LAHRACHE, 2006).

La croissance des *Citrobacter* est facilement obtenue, sur gélose nutritive, les colonies sont généralement lisses, légèrement convexes, translucides ou opaques et à contour régulier, leurs diamètres sont de 2 à 4 mm après 24 heures d'incubation, à 35°C ou à 37°C.

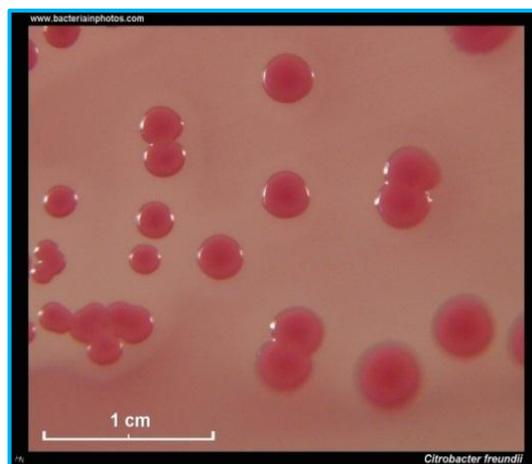


Figure 7 : *Citrobacter freundii* (Net 2).

B. Habitat

Les espèces du genre *Citrobacter* sont isolées des fèces de l'homme et des animaux (bovins, chevaux, chiens, oiseaux.....etc). Elles sont considérées comme des colonisateurs naturels du tube digestif. Les *Citrobacter* sont également isolés du milieu extérieur (sol, eaux, eaux usées, aliments).

L'espèce la plus fréquemment retrouvée est *Citrobacter freundii* (la première souche de cette espèce a été isolée de l'eau) (PILET et al., 1979).

C. Pouvoir pathogène

Les *Citrobacter* peuvent intervenir dans des gastro-entérites humaines, généralement infantiles. On peut les rencontrer également comme agents responsables de certaines infections intestinales animales (CAROLINE et al., 2002).

Les *Citrobacter* est isolé des selles, de plaies, du sang, de crachats et surtout de l'urine, ainsi que de cas de méningites et d'abcès du cerveau chez les nouveau-nés. Ses souches sont responsables d'infections du système nerveux central (CAROLINE et al., 2002).

2.2.2.4. Enterobacter

A. Morphologie

Ils appartiennent à la famille des Enterobacteraceae. Ce sont des bacilles à Gram négatif, mobiles, capsulée ou non. Sur gélose, les colonies sont brillantes, opaques et souvent d'aspect assez gras (Fig.8) (PILET et al., 1979).



Figure 8 : *Enterobacter* (Net 3).

B. Habitat

Le nom d'Entérobactéries a été donné parce que ces bactéries sont en général des hôtes normaux ou pathologiques, suivant les espèces microbiennes, du tube digestif de l'homme et des animaux (CARBONNELLE et al., 1987).

Mais ce caractère écologique n'est pas exclusif des entérobactéries pouvant proliférer en abondance dans l'environnement (sols et eaux) et participer aux grands cycles de dégradation des matières organiques (DRAME, 2001).

C. Pouvoir pathogène

Les *Enterobacter* sont rarement pathogène mais peuvent, exceptionnellement, se révéler agent de pleurésie, méningites. Les souches du genre *Enterobacter* sont souvent responsables. Ils peuvent être isolés à partir d'infections urinaires ou de plaies (PILET et al., 1979).

2.2.3. Streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux sont utilisés depuis longtemps comme indicateurs de la contamination fécale dans les eaux, mais leur valeur indicatrice dans les aliments est beaucoup plus discutée.

A. Morphologie

Les streptocoques sont des bactéries appartenant à la famille des streptococcaceae, bactérie Gram (+), catalase (-), aérobie facultative, il se distingue par leur forme coccoidé en paires pour former des diplocoques et pouvant se présenter sous forme de chaînettes parfois longues, ils ne sporulent pas et leur caractère homofermentaire (Fig.9) (AVRIL et al., 1992).

Ce sont des bactéries immobiles (sauf quelques variétés de streptocoques D), anaérobies facultatifs ou stricts et chimio-organohétérotrophes. Ils ont un métabolisme, habituellement fermentatif. Les sucres sont consommés, le plus souvent, sans formation de gaz (BOUCHENGA et LAHRACHE, 2006).

Les streptocoques peuvent se développer, en 24 heures, sur les milieux de culture usuels enrichis par du sang, du sérum ou de glucose (PILET et al., 1979 ; LANOIX et al., 1976).

B. Habitat

Les streptocoques regroupent de nombreuses espèces. Certaines sont des parasites de l'espèce humaine (streptocoques des groupes A, C et G de LANCEFIELD), d'autres des commensaux de la muqueuse buccale (streptocoques du groupe B et streptocoques non groupables et non hémolytiques) ou de la muqueuse génitale (groupe B) ou de l'intestin (anciens streptocoques du groupe D ou entérocoques considérés maintenant comme faisant partie d'un genre à part, le

genre *Enterococcus*). D'autres encore sont des commensaux des animaux ou des saprophytes (PIERRE et MARIE, 2003).

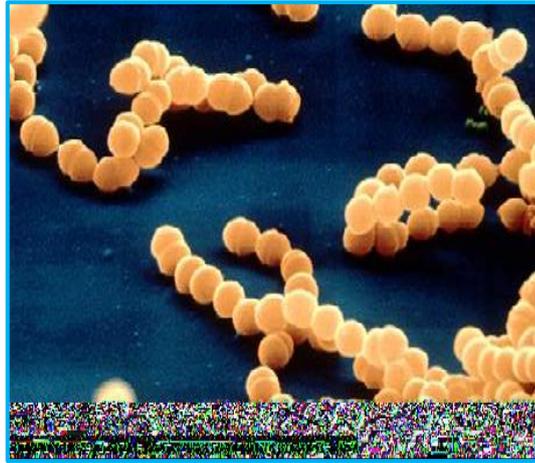


Figure 9 : Streptocoques vues au microscope électronique (ENCARTA, 2009).

C. Pouvoir pathogène

Il peut s'agir d'**infections aiguës** :

- **Génitales**, qui peuvent se compliquer de fièvre puerpérale, provoquées par les streptocoques du groupe B ;
- **Néonatales sévères** : septicémies, méningite due au streptocoque du groupe B ;
- **Localisations divers** (abcès du cerveau, cholécystites, etc.) (PIERRE et MARIE, 2003).

Il peut s'agir d'**infections subaiguës** dont la plus classique et la plus grave est l'endocardite lente d'OSLER. Celle-ci est due à la greffe, sur un endocarde préalablement lésé (anomalie congénitale, séquelle de cardite rhumatismale, etc...) d'un streptocoque non groupable comme *Streptococcus sanguis* ou *Streptococcus mitis* fréquemment isolé de la plaque dentaire et du sillon gingival, d'un streptocoque du groupe D (*Streptococcus bovis*), d'origine intestinale (notamment en cas de cancer colique), ou d'un entérocoque (PIERRE et MARIE, 2003).

2.2.4. Clostridium sulfito-réducteurs

A. Morphologie

Ce sont des bactéries anaérobies Gram positif, formant des endospores, ces bactéries sont considérées comme témoins de la pollution fécale, les formes sporulées sont plus résistantes que les formes végétatives, mettent en évidence une contamination ancienne. Dans le genre Clostridium deux espèces sont responsables de toxi-infections alimentaires :

- *Clostridium perfringens* : immobiles, encapsulés
- *Clostridium botulinum* : mobile, cilé (HILI, 2000).

En bouillon sous une couche d'huile, *Clostridium* donne un trouble abondant avec dépôt dans le fond du tube. Il dégage une odeur caractéristique de beurre rance ; sur la gélose profonde, il donne une forme sphérique en houppettes (Fig.10), avec un important dégagement de gaz (PILET et al., 1979).



Figure 10 : Colonies de *Clostridium perfringens* sur gélose Columbia (AVRIL et al., 1992).

B. Habitat

La plupart des espèces de *Clostridium* sont des bactéries telluriques, mais sont également isolées dans l'intestin et les selles de l'homme et de divers animaux. Ainsi la présence de *Clostridium* dans les eaux ou les aliments par exemple signe en général une contamination fécale (AVRIL et al., 1992) ; Ils sont présents dans les cavités naturelles, la voie respiratoire et même sur la peau. On les retrouve également en saprophyte dans le sol, dans l'eau et dans l'air (PILET et al., 1979).

C. Pouvoir pathogène

Ils provoquent certaines affections dont les symptômes apparaissent, en générale, 8 à 12 heures, après l'infection. Ce temps s'explique par la durée nécessaire à la sporulation. Ces germes sont responsables de douleurs abdominales importantes, avec une diarrhée profuse. Il n'y a, dans la plupart du temps des vomissements, sauf chez des sujets sensibles. Les symptômes observés en général sont bénins mais peuvent être plus sérieux, chez des sujets peu résistants (jeunes enfants et personnes âgées) chez lesquels la déshydratation occasionnée par la diarrhée peut être important (PILET et al., 1979).

Ces bactéries causent des troubles digestives et urinaires, un tarissement de toutes les sécrétions (surtout les sécrétions salivaires). La maladie peut être mortelle en l'absence de traitement (PILET et al., 1979).

2.3. Autres germes à incidence sanitaire

2.3.1. Salmonelles

Les bactéries de genre *Salmonella* sont responsables d'infection sévère chez l'homme et les animaux, elles sont à l'origine de la mortalité infantile dans les pays en voie de développement, et restent un risque permanent dans les pays industrialisés, dont toutes les espèces animales domestiques et sauvages et l'environnement constituent un véritable réservoir (BOURGEOIS et LEVEAU, 1991).

A. Morphologie

Les salmonelles sont des bactéries qui appartiennent à la famille des *Entérobacteriaceae*. Selon le Bergey's Manual of systematic Bacteriology (1984), le genre *Salmonella* se définit ainsi : Bacilles de $0,7 - 1,5 \times 2,0 - 5,0 \mu\text{m}$, gram négatif, aérobies, anaérobies facultatifs, habituellement mobiles grâce à une ciliature pérित्रiche, mais des mutants peuvent exister, les *Salmonelles* cultivent bien sur les milieux nutritifs ordinaires, et donnent en 18-20 heures des colonies de 2 – 3 mm de diamètre (Fig.11) (FRENY et al., 1994).

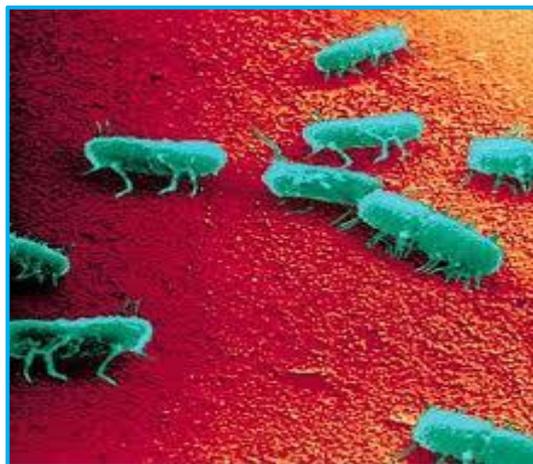


Figure 11 : *Salmonelles* (Net 4).

B. Habitat

Les *Salmonella* sont des entérobactéries dont les caractères essentiels sont de ne pas fermenter le lactose et de ne pas produire d'uréase. Les *Salmonella* sont des parasites de l'homme,

des mammifères (rongeurs), des oiseaux (volailles) et des animaux à sang froid (reptiles). Elles sont responsables, après pénétration par voie orale, de nombreuses infections (salmonelloses), notamment des fièvres typhoïde et paratyphoïdes, des gastro-entérites et des toxi-infections alimentaires collectives (PIERRE et MARIE, 2003).

Le principal mode de contamination chez l'homme est l'ingestion à partir de l'eau (*S.typhi* surtout), des aliments (produits laitiers, œufs, viande) ou d'animaux familiers porteurs (tortues) (PIERRE et MARIE, 2003).

C. Pouvoir pathogène

Les *Salmonelles* sont pathogènes soit exclusivement de l'homme (*S.typhi*), soit exclusivement d'animaux (*S.abortusovis*) ou bien à la fois de l'homme et d'animaux.

Ces bactéries peuvent causer :

- **La fièvre typhoïde** : due à *S.typhi* (très abondante dans les vésicules biliaires) ou de fièvre paratyphoïde, généralement, provoquée par *S.paratyphi* A, *S.paratyphi* B et plus rarement *S.paratyphi* C.

Cette affection se manifeste par des céphalées, diarrhées et douleurs abdominales, accompagnées de complications graves ; parfois mortelles : hémorragies.

La contamination se fait par voie digestive à partir d'eaux contaminées par des matières fécales, d'aliments avariés ou encore par des mains sales (VLAGINES, 2003).

- **Des gastro-entérites** : sont caractérisées par un syndrome digestif (diarrhée, vomissements) associé à des signes généraux infectieux modérés. L'évolution se fait spontanément, vers la guérison, en quelques jours, du moins chez l'adulte. Cet aspect clinique n'est pas spécifique des affections à entérobactéries (PILET et al., 1979).

2.3.2. Vibrion

A. Morphologie

Les bactéries de genre *Vibrio* appartiennent à la famille des *vibrionaceae*, ce sont des bacilles à gram négatif, non sporulés droits ou incurvés de 0,5 à 0,8 µm du diamètre de 1,4 à 2,6 µm de longueur (Fig.12) (FRENY et al., 1994).

Toutes les espèces sont mobiles au moyen d'une ciliature polaire (en milieu liquide ou mixte), polaire-péritriche (sur milieux solides), des formes immobiles peuvent cependant être observées. Ce sont des aéro-anaérobies facultatifs, utilisant les glucides par voie fermentaire et présentant une réaction à l'oxydase positive, exception fait pour *V. metschnikovili* et *V. gazogènes* (FRENY et al., 1994).

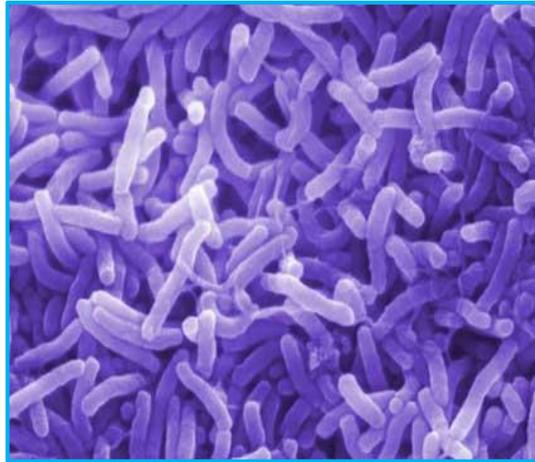


Figure 12 : *Vibrio cholérique* (Net 5).

B. Habitat

Les *Vibrio* ont pour habitat les milieux aquatiques et notamment les eaux des estuaires et les eaux côtières. On retrouve la bactérie pathogène dans l'intestin des malades. Ils sont capables de coloniser de nombreux organismes marins : poissons, mollusques, crustacés, éponges, coraux, algues, zooplancton.....ect (HILI, 2000).

C. Pouvoir pathogène de l'espèce *Vibrio cholerae* 01

Lorsque *V. cholerae* 01 est absorbé par voie orale, les bactéries après avoir franchi la barrière gastrique et le pyllore, se fixent au niveau des cellules duodénales et du jéjunum où elles trouvent un milieu éminemment propice à leur multiplication qui sera alors intensive. Les bactéries vont pénétrer la muqueuse digestive sans l'envahir, et fortement adhérer à la bordure en brosse des cellules ce qui aura comme résultat d'échapper à leur élimination avec les matières fécales. Les bactéries adhérentes aux entérocytes vont élaborer et libérer directement sous forme activée la toxine cholérique qui va entraîner à son tour, par un mécanisme moléculaire une fuite hydroélectrolytique massive débordant largement la capacité et les possibilités de réadsorption au niveau de colon, il en résulte une diarrhée sévère avec perte liquidienne importante (HILI, 2000).

2.3.3. Yersinia

A. Morphologie

Le genre *Yersinia* regroupe des bacilles droits, parfois cocco-bacillaires, à Gram négatif, avec une tendance à la coloration bipolaire, non capsulés, non sporulés, immobiles à 37°C, mobiles au-dessous de 30°C par une ciliature péritriche. Cependant *Y. pestis* est toujours immobile (Fig.13) (AVRIL et al., 1992).

Les *Yersinia* présentent les caractères généraux des *Enterobacteriaceae* auquel le genre appartient avec cependant des particularités comme l'expression de caractères phénotypiques dépendant de la température (AVRIL et al., 1992).

Le genre comporte trois espèce : *Y. pestis*, *Y. pseudotuberculosis*, et *Y. enterocolitica* et des espèces proches de *enterocolitica*, *Y. pestis* est l'agent de peste, cette bactérie est de moins en moins rencontrée, tandis que les deux autres espèces sont très intéressantes en bactériologie alimentaire, c'est particulièrement le cas pour *Y. enterocolitica*, espèce psychotrope de plus en plus fréquemment isolée et dont certaines souches sont responsables d'infections humaines d'origines alimentaires (BOURGEOIS et COLL, 1996).

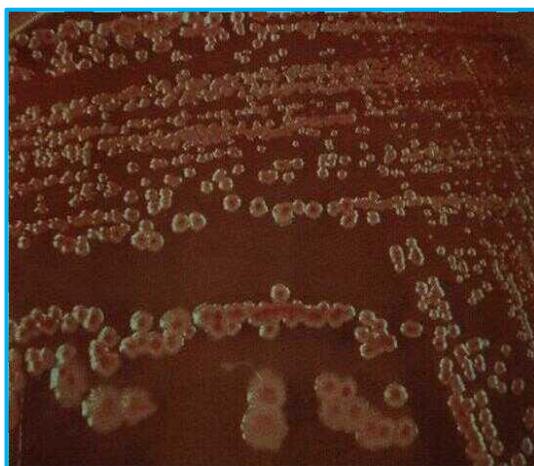


Figure 13 : Colonies de *Yersinia* sur gélose CIN (AVRIL et al., 1992).

B. Habitat

Les bactéries du genre *Yersinia* ont une vaste distribution et peuvent être trouvées chez l'animal (maladie des rongeurs) et dans l'environnement (sol, eaux). Les espèces pathogènes atteignent diverses espèces animales et occasionnellement l'homme (AVRIL et al., 1992).

C. Pouvoir pathogène de l'espèce *Y. enterocolitica*

Chez l'homme, *Y. enterocolitica* reste la forme dominante, cependant les infections dues à *Y. enterocolitica* peuvent prendre des formes diverses dépendant de la souche, de la dose, des facteurs génétiques, de l'âge, et des conditions physiques de l'hôte, les maladies provoquées sont : des gastro-entériques et les adénites méésentériques avec symptômes (BOURGEOIS et COLL, 1996).

2.3.4. Pseudomonas

A. Morphologie

Le genre *pseudomonas* est le genre type de la famille *pseudomonadaceae* dont les principaux caractères sont les suivant : bâtonnets droits ou incurvés, mobiles par flagelles polaires, gram négatif (Fig.14). Ils sont chimio-organotrophes, leur métabolisme est respiratoire et jamais fermentaire, ils ne fixent pas l'azote, leur croissance est possible sur des nombreuses composés organiques comme seules sources de carbone et d'énergie, aérobies strictes, catalase positif, oxydase généralement positif, la croissance des *pseudomonas* est possible de 4°C à 43°C (BOURGEOIS et COLL, 1996).



Figure 14 : *pseudomonas* (Net 6).

B. Habitat

C'est une bactérie qui vit normalement à l'état de saprophyte dans l'eau et le sol humide ou sur les végétaux. Elle résiste mal à la dessiccation. Cette bactérie peut vivre en commensale dans le tube digestif de l'homme et de divers animaux (AVRIL et al., 1992).

C. Pouvoir pathogène

Les bactéries de genre *pseudomonas* sont les bactéries les plus dominantes dans la flore psychotrophe isolée des produits alimentaires : viandes, le lait et dans les produits végétaux.

L'effet pathogène est dû à la sécrétion des protéases et lipases qui vont altérer la qualité des produits (produits laitiers par exemple), mais l'importance réelle de ces bactéries dans la biochimie de l'altération des végétaux n'est pas encore comprise (HILI, 2000).

Les malades particulièrement sensibles sont les nourrissons, les personnes âgées, les sujets atteints d'affections graves, chroniques, métaboliques (diabète) mais surtout hématologiques ou cancéreuses (AVRIL et al., 1992).

2.4. Levure

Les levures se différencient nettement des bactéries par leur structure eucaryote, il est difficile de donner une définition simple et précise de terme « levure », car il recouvre un groupe hétérogène des champignons microscopiques, unicellulaire. Les levures sont généralement ovoïdes, parfois cylindriques, ou de forme plus spécifique : ogivales, triangulaire, ou citron. Leur taille va de 2-3 µm jusqu'à 20 à 50 µm (BOURGEOIS et COLL, 1996).

Pour la croissance, elles ont besoin d'oxygène ; de sources organiques de carbone, d'azote minérale organique, de divers minéraux, d'une température et d'un pH adéquat. Certaines d'entre elles ont également besoin d'une ou plusieurs vitamines (thiamine, biotine, inositol,....etc) et d'autres facteurs de croissances. Toutes sont capables d'utiliser le D.fructose et le D.mannose.

Certaines levures produisent des lipides (*lipomycines starkeyi*), d'autres ont une activité lipolytique importante (*Saccaromyces lipolytica*) ; plusieurs espèces ont un pouvoir protéolytique (BOURGEOIS et COLL, 1996).

Les levures utilisent de nombreux substrats carbonés soit uniquement par voie oxydative (*G. Cryptococcus*, *Rhodotorula*), soit pour la plupart, après une phase aérobie de démarrage de croissance, par métabolisme fermentaire (anaérobie) conduisant à la production d'éthanol et de CO₂ (HILI, 2000).

Les colonies sur milieu gélose présentant des morphologies différentes qui n'ont pas une valeur taxonomique importante : ainsi leur couleur peut être noire, brune, rouge, rose, orange, jaune, crème, blanche et leur texture mucilagineuse, compacte.....etc. Certaines de ces colorations ont pour origine des pigments de type mélanine, des caroténoïdes ou pulcherimine.

L'histoire des levures montre bien que ce sont des organismes intéressants, exploités pour leurs potentialités propres ou comme support de nouvelles propriétés (BOURGEOIS et COLL, 1996).

Mais elles demeurent par ailleurs des agents d'altération des produits alimentaires si leur développement n'est pas maîtrisé.

2.5. Moisissure

En effet, les moisissures ne correspondent pas à un groupe systématique homogène, mais se situent dans diverses familles de champignons microscopiques, comme les levures, ce sont des micromycètes, se développent au dépend de substrats inertes ou en voie de décomposition, les moisissures possèdent un appareil végétatif constitué par un thalle filamenteux, le mycélium, dont les organes sont variés selon les groupes spécialisés dans la multiplication et la dissémination auxquelles on accorde la dénomination globale de spores (BOURGEOIS et COLL, 1996).

Chez toutes les moisissures, à partir d'une spore tombée sur un milieu nutritif dans des conditions favorables se développe un mycélium dont la croissance est la même dans toutes les directions de l'espace : en outre, les hyphes se ramifient harmonieusement ; chez les *Rhizopus*, l'accroissement des rayons de la culture peut atteindre 50 mm par jour, ce qui représente une augmentation exponentielle de la surface du substrat envahi (BOURGEOIS et COLL, 1996).

2.6. Normes de qualité microbiologique des eaux

La qualité microbiologique de l'eau de boisson doit obéir à des normes définies. Ces normes sont regroupées dans le tableau VIII selon la Communauté économique européenne (CEE) et Algérie.

Tableau VIII : Normes européennes (CEE) et Algérienne de qualité microbiologique des eaux potables (BOUZIANE et GUESSIER, 2010 ; GUERBOUZ, 2006).

paramètre	Volume	Unité	CEE	Algérienne
Coliforme totaux	100	UFC/ml	5	<10
Coliforme fécaux	100	UFC/ml	0	Absence
Streptocoques fécaux	100	UFC/ml	0	Absence
Nombre de germination				
• 37 °C	1	UFC/ml	10	20
• 22 °C	1		100	<10 ²
<i>Clostridium sulfito-réducteur</i>	20	UFC/ml	2	<5
<i>Escherichia coli</i>	100	UFC/ml	0	0

DEUXIEME PARTIE



***MATERIELS &
METHODES***

Chapitre III : Présentation de la région d'étude

1. Localisation géographique

La Wilaya de Ghardaïa se situe au centre du Sahara septentrionale. Elle est issue du découpage administratif du territoire de 1984. L'ensemble de la nouvelle Wilaya dépendait de l'ancienne Wilaya de Laghouat. Elle est composée des anciennes dairates de Ghardaïa, Metlili et El-Meniaa (D.P.A.T., 2010).

La wilaya s'étend sur une superficie de 84.660,12 km², répartie sur 13 communes regroupant une population de 405015 habitants majoritairement jeune (D.P.A.T., 2010).

La Wilaya de Ghardaïa est limitée administrativement (D.P.A.T., 2010). (Fig.15) :

- Au Nord par la Wilaya de Laghouat (200 Km) ;
- Au Nord Est par la Wilaya de Djelfa (300 Km) ;
- A l'Est par la Wilaya de Ouargla (200 Km) ;
- Au Sud par la Wilaya de Tamanrasset (1.470 Km) ;
- Au Sud- Ouest par la Wilaya d'Adrar (400 Km) ;
- A l'Ouest par la Wilaya d'El-Bayadh (350 Km).

De point de vue morphologique on distingue trois grandes ensembles : des plaines du "Hmadas" à l'Est, au centre des roches calcaires formant la chebka du M'Zab, et à l'Ouest des régions ensablées par les dunes de l'Erg occidentale.

La wilaya s'étend du Nord au Sud sur environ de 450 km et de l'Est en Ouest sur environ 200 km (D.P.A.T., 2010).

Les escarpements rocheux et les oasis déterminent le paysage dans lequel sont localisées les villes de la pentapole du M'Zab et autour duquel gravitent d'autres oasis (Berriane, Guerrara, Zelfana, Metlili et beaucoup plus éloignée au Sud l'oasis d'El Méniaa) (D.P.A.T., 2010).

L'appartenance au milieu saharien et aride contraint fortement l'occupation de l'espace. L'implantation des villes s'est faite par rapport aux grands axes de circulation et aux oasis, et leur développement a été étroitement lié aux conditions naturelles (eau, climat, relief ...) (D.P.A.T., 2010).

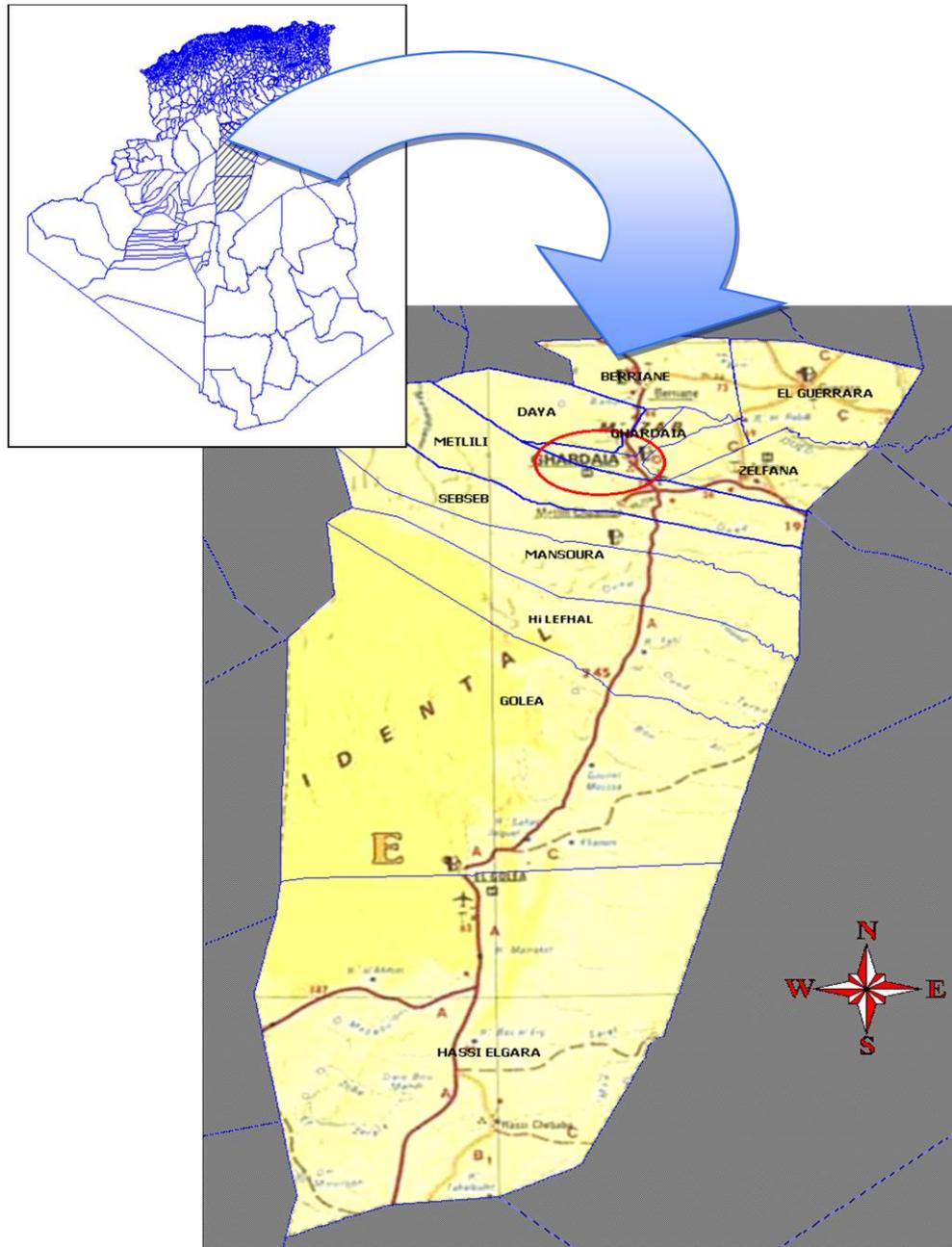


Figure 15 : Situation géographique de la région d'étude (A.N.R.H, 2010).

2. Cadre climatique

Le caractère fondamental du climat Saharien est caractérisé généralement par des étés aux chaleurs torrides et des hivers doux, surtout pendant la journée (ONM, 2010), mais l'existence des reliefs ainsi que la présence d'une végétation abondante (oasis) ; peuvent modifier localement les conditions climatiques créant ainsi un micro-climat.

Nous étudions ci-dessous le climat de notre secteur d'étude à partir de certaines données climatiques collectées au niveau de la station météorologique de l'ONM de Ghardaïa.

2.1. Précipitation

Pour l'étude de la précipitation on a obtenu une série pluviométrique de l'ONM de Ghardaïa pour une période de Seize ans (1996-2012). Selon le tableau IX et la figure 16 on observe que le mois de Septembre est le plus pluvieux avec une moyenne de 15,85 mm, par contre le mois de Juillet est le plus sec avec une moyenne de 1,17 mm.

Tableau IX : Précipitations mensuelles (Période : 1996-2012) (ONM Ghardaïa, 2013).

Période	Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Année
(1996-2012)	P (mm)	5,05	3,06	8,23	11,23	2,62	2,12	1,17	9,96	15,85	8,2	3,46	6,06	77,01

D'une manière générale, les précipitations sont faibles et d'origine orageuse, caractérisées par des écarts annuels et interannuels très importants. Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 77,01 mm.

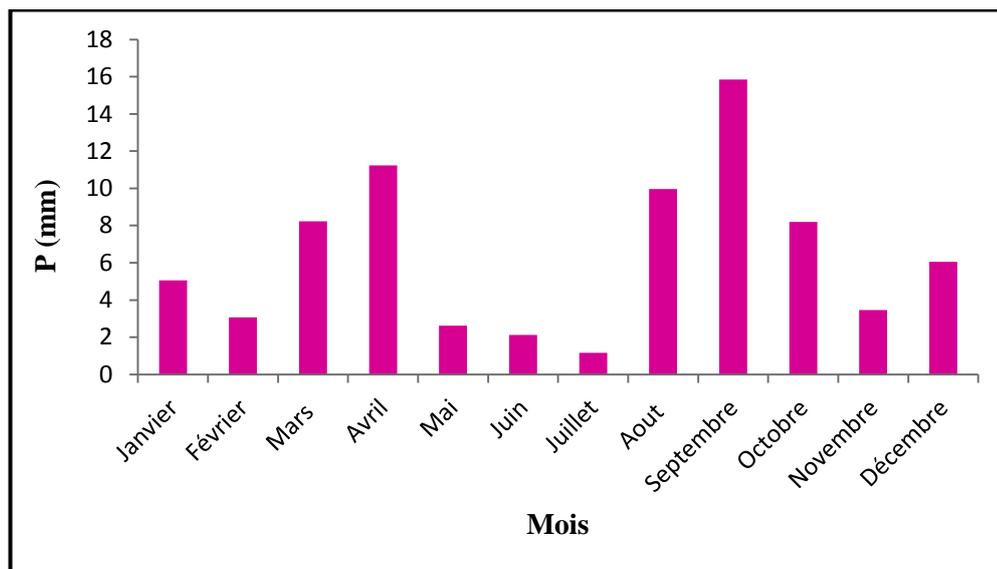


Figure 16 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles (Période : 1996-2012)

(ONM Ghardaïa, 2013).

2.2. Température

Elle est marquée par une grande amplitude entre les températures du jour et de la nuit, d'été et d'hiver. La période chaude commence au mois de Mai et dure jusqu'au mois de Septembre. Les températures moyennes les plus basses sont enregistrées au mois de Janvier de 12,34°C et les plus élevées au mois d'Aout de 33,63°C (Tab.X, Fig.17).

Tableau X : Température mensuelle (Période : 1996-2012) (ONM Ghardaïa, 2013).

Période	Mois	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Année
(1996-2012)	T _{Moy} (°C)	12,34	14,38	16,66	21,3	26,11	30,99	33,41	33,63	29,16	23,88	16,6	12,51	

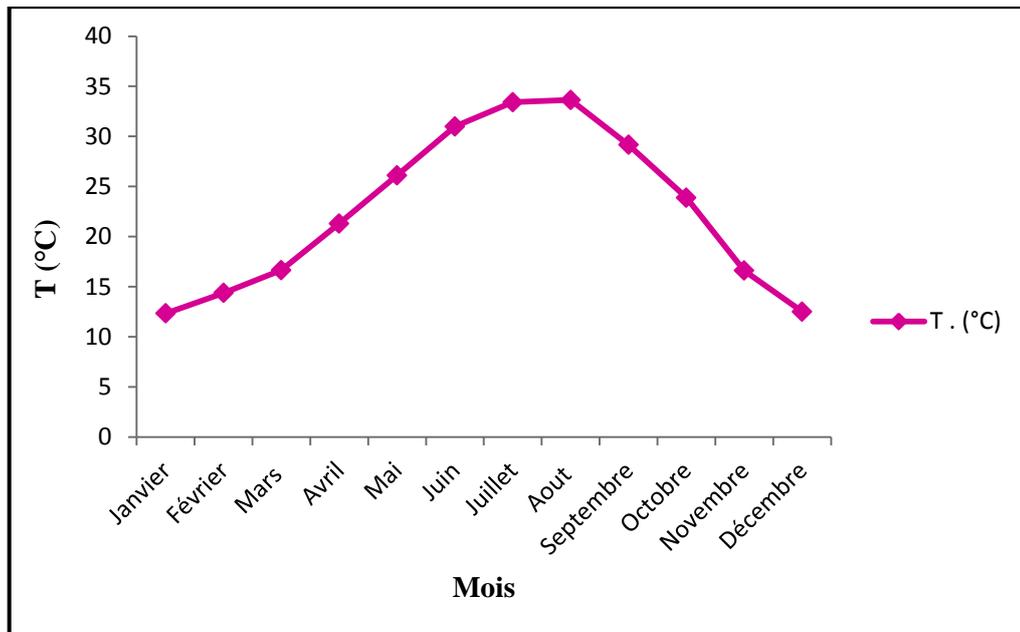


Figure 17 : Températures moyennes mensuelles (Période : 1996-2012) (ONM Ghardaïa, 2013).

2.3. Humidité relative

D'après la figure 18, on constate que l'humidité relative de l'air est très faible, elle est de l'ordre de 21,98% en juillet et atteignant un maximum de 53,81% en janvier et une moyenne annuelle de 37,77%.

2.4. Evaporation

L'évaporation mesurée sous abri par l'évaporomètre de Piche. L'évaporation est très intense ; elle est de l'ordre 527.62 mm /an, avec un maximum 76.97 mm au Juillet et un minimum de 17.62 mm au mois de Janvier (Fig.19).

Ces valeurs élevées sont reliées à la forte température et aux vents violents.

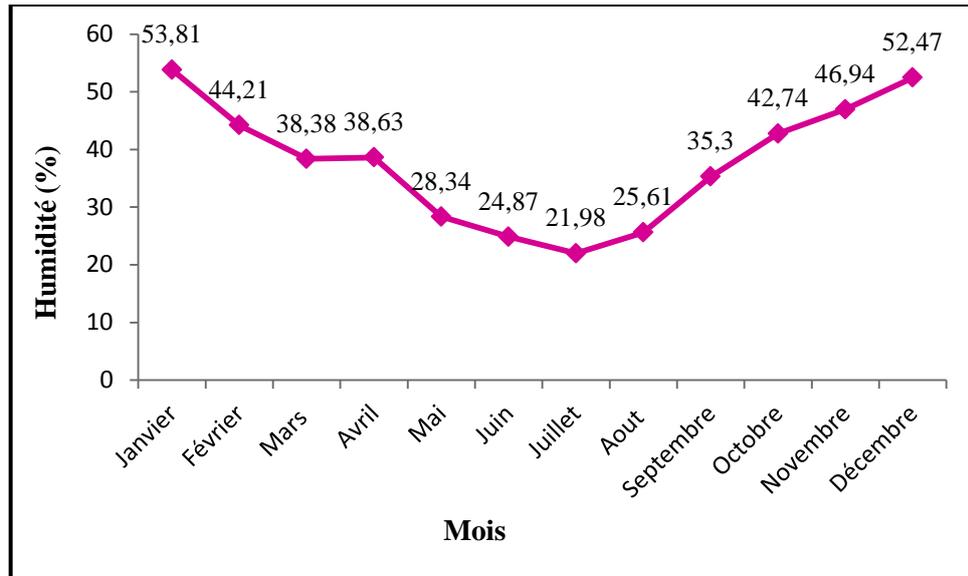


Figure 18 : Humidités relatives moyennes mensuelles (Période : 1996-2012)

(ONM Ghardaïa, 2013).

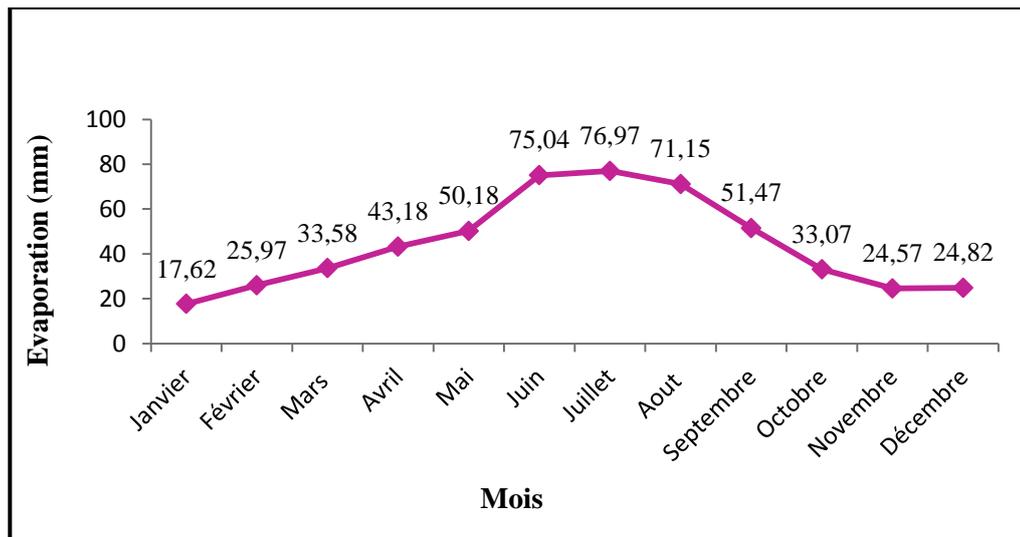


Figure 19 : Evaporation moyennes mensuelles (Période : 1996-2012)

(ONM Ghardaïa, 2013).

2.5. Synthèse climatique

La température et les précipitations représentent les facteurs les plus importants pour caractériser le climat d'une région donnée (FAURIE et al, 1980). Le diagramme ombrothermique de Gausson donne les périodes humides et les périodes sèches alors que le climagramme pluviométrique d'Emberger détermine l'étage bioclimatique.

2.5.1. Climagramme d'Emberger

Il permet de distinguer les différentes nuances du climat méditerranéen et caractériser l'étage bioclimatique d'une région donnée (DAJOZ, 1982).

Le quotient pluviothermique d'Emberger est déterminé selon la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{3.43 \times P}{M - m}$$

Où :

Q_2 : Quotient pluviothermique d'Emberger;

P : Moyenne des précipitations annuelles exprimées en mm;

M : Moyenne des températures maxima du mois le plus chaud;

m : Moyenne des températures minima du mois le plus froid.

Le quotient Q_2 de la région d'étude est égal à 8,7, calculé à partir des données climatiques obtenues durant une période de 16 ans (1996-2012). La valeur du quotient est portée ainsi sur le climagramme d'Emberger.

Le climagramme montre que notre région d'étude est située dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux (Fig.20).

2.5.2. Diagramme ombrothermique de Gaussen

Le diagramme ombrothermique de Gaussen permet de définir les mois secs. Un mois est considéré sec lorsque les précipitations mensuelles correspondantes exprimées en millimètres sont égales ou inférieures au double de la température exprimée en degré Celsius (MUTIN, 1977).

La représentation selon le diagramme ombrothermique de Gaussen de la région d'étude montre qu'il y a une période sèche qui s'étale sur toute l'année (12 mois) (Fig.21).

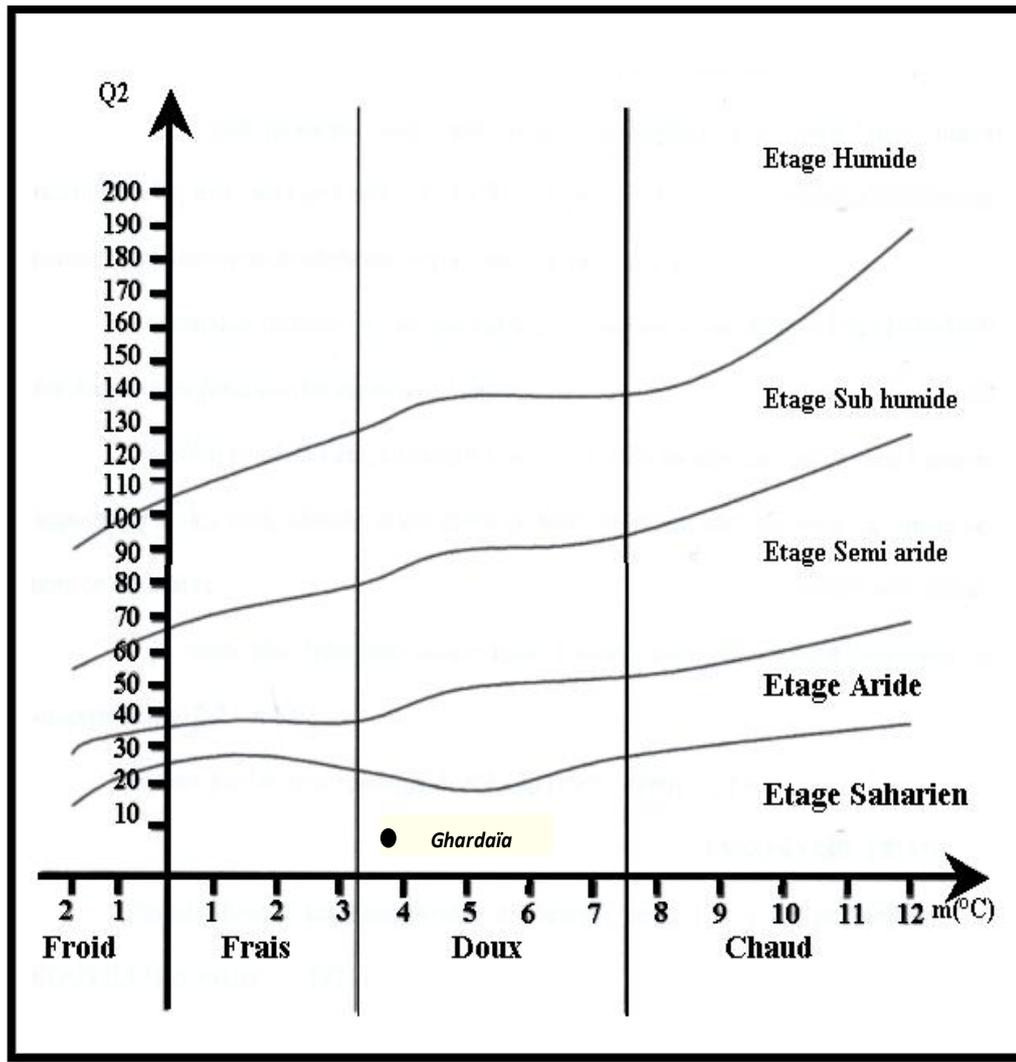


Figure 20: Etage bioclimatique de la région de Ghardaïa selon le climagramme d'Emberger.

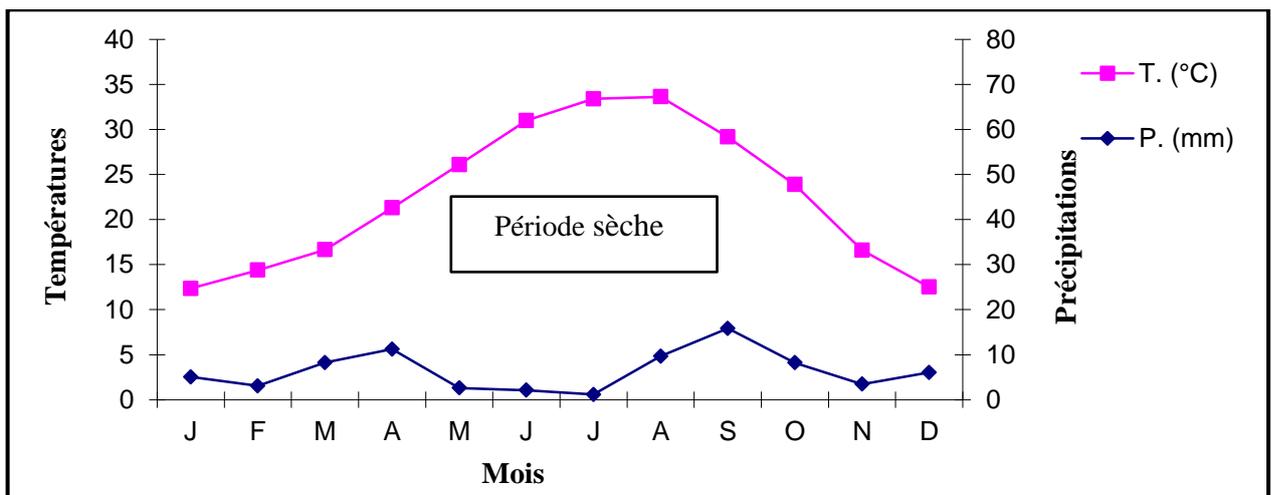


Figure 21 : Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Ghardaïa

(Période : 1996-2012).

3. Ressource en eau de surface

La première étude un peu étendue sur les crues sahariennes fût par l'hydrologue français Ville (1872) qui étudia avec détail les Oueds du sud-Constantinois et du Sud-Algérois et particulièrement ceux du M'Zab (DADDI BOUHOUN, 1997).

Les eaux de surface dans la Wilaya de Ghardaïa sont rares, comme dans toutes les régions sahariennes. Les écoulements sont sporadiques, ils se manifestent à la suite d'averses orageuses qui connaît la région (DUBIEF, 1963).

3.1. Bassin versant du M'Zab

De la région du Botma Rouila en amont jusqu'à El Atteuf en aval, le bassin versant du M'Zab, présente une superficie de 1573 Km². Dans le quel il a été distingué 23 sous-bassins élémentaires pouvant être combinés en de nombreux ensembles à savoir l'Oued El Abiodh et l'Oued Lhadhira à Dhayet Ben Dhahoua.

Le point de leur confluence à Bouchen donne naissance de l'Oued M'Zab qui se prolonge jusqu'à le point le plus bas de la vallée situé à El Atteuf. Les bassins aux alentours de Ghardaïa forme deux ensembles; le premier de Dhayet Ben Dhahoua jusqu'à Bouchen (point de confluence), et le deuxième ensemble de l'Oued M'Zab à El Atteuf (Fig.22).

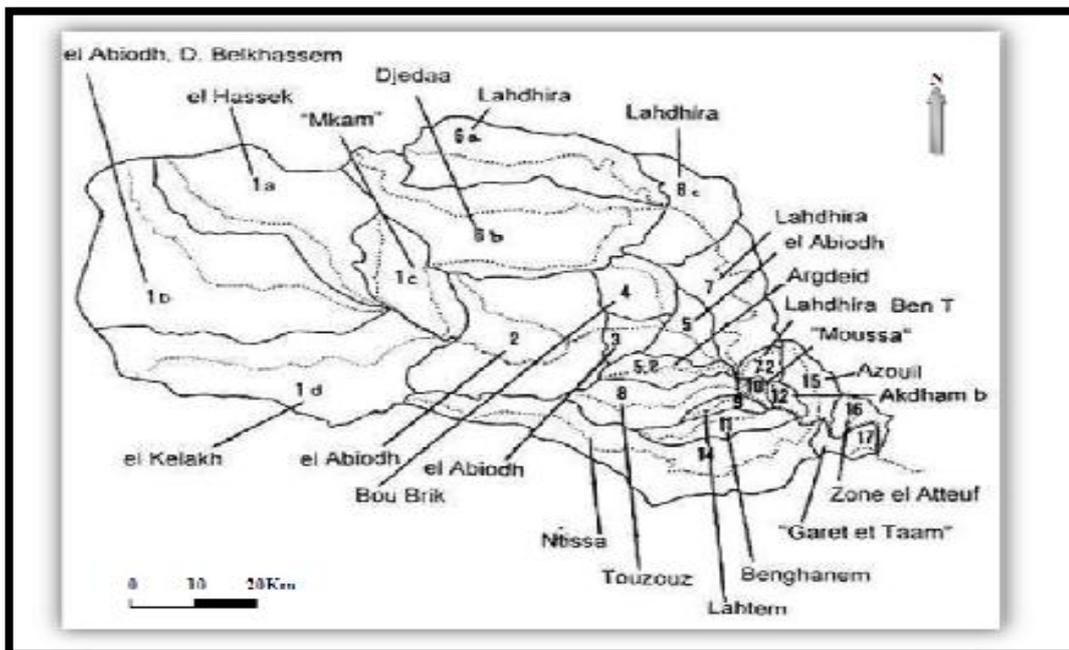


Figure 22 : Les sous bassins versants de l'Oued M'Zab jusqu'à El Atteuf

(BG., 2002).

La vallée du M'Zab fait partie d'un bassin versant relativement important. Celui-ci est traversé par quatre oueds à savoir Oued Zeghrir, Oued N'sa, Oued Metlili et Oued M'Zab (Fig.23).

Exceptionnellement, quand les pluies sont importantes, surtout au Nord-Ouest de la région de Ghardaïa, ces oueds drainent d'énormes quantités d'eaux. L'étude des crues de l'oued M'Zab effectuée par BRL (1998), estime les débits de crue décennale et centennale à 205 et 722 m³/s (A.N.R.H., 2007). Les conséquences sont parfois catastrophiques et les dégâts sont souvent remarquables, notamment pour l'Oued M'Zab et Metlili où à chaque pluie exceptionnelle cause beaucoup de dommages principalement dans les agglomérations.

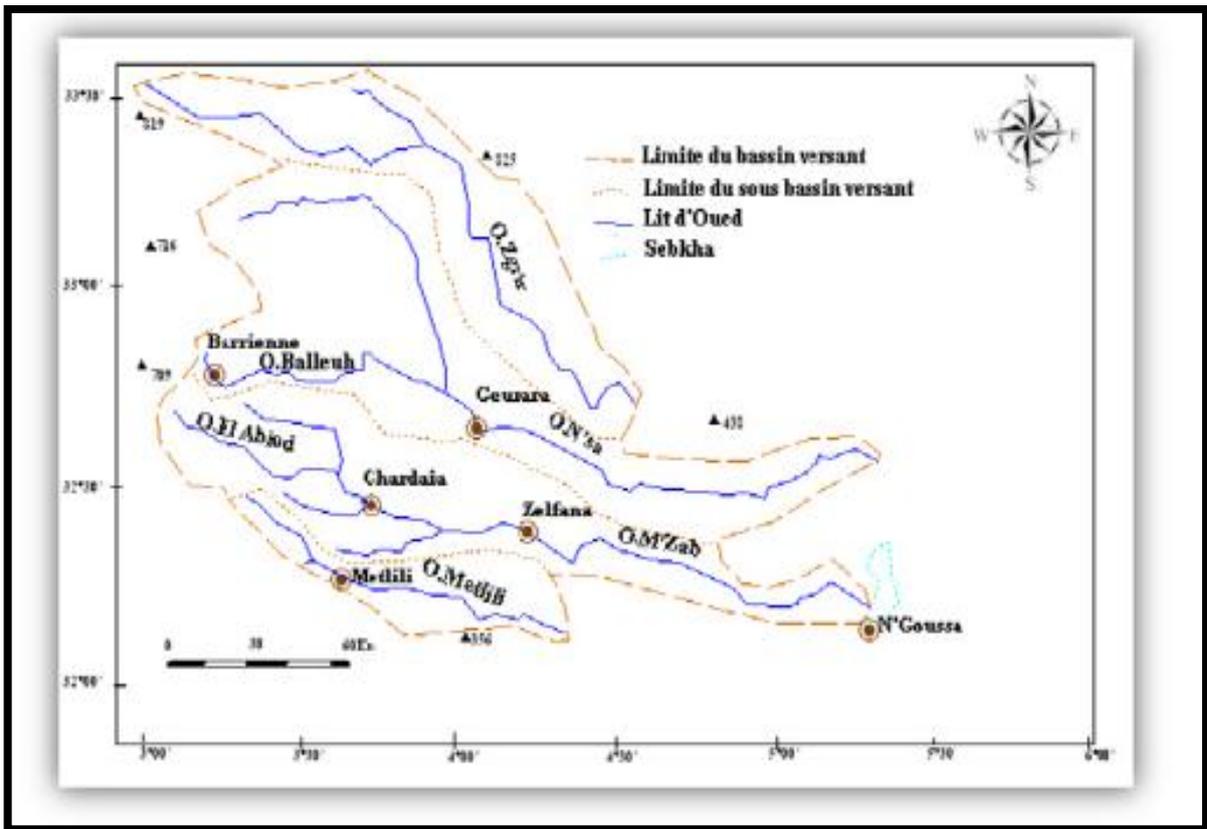


Figure 23: Bassin versant de la vallée du M'Zab (DUBIEF, 1963).

3.2. Description de l'oued M'Zab

L'Oued M'Zab s'étend sur une longueur de 320 km et coule de l'Ouest à l'Est ; de la région d'El-Botma Rouila située à 750 mètres d'altitude où il est appelé Oued Labiodh ; et il se déverse dans son exutoire naturel qui est la sebkha Safioune au Nord de la ville de Ouargla à une altitude de 107 mètres.

Les principaux affluents du M'Zab sont :

- L'Oued El Haïmeur, sur la rive gauche qui conflue à la Daïa ben Dahoua ;
- L'Oued Touzouz, sur la rive droite qui rejoint le M'Zab en amont de la palmeraie de Ghardaïa ;
- L'Oued N'tissa, en aval de ce centre, on le rencontre à droite au niveau de Ben Isguen, et il traverse la palmeraie de cette ville ;
- L'Oued Zouil, à gauche et à quelque centaines de mètres en aval du précédent. Dans le lit duquel sont situés les jardins de Bounoura ;
- L'Oued Noumirate à l'aval de la pentapole mozabite, sur la rive droite ;
- L'Oued Nessaïmou, légèrement en amont de Zelfana ;
- L'Oued Hasseï, en aval de cette nouvelle Oasis de Zlefana (BENZAYET, 2010).

4. Aspect géologique

Du point de vue géologique, la wilaya de Ghardaïa est située aux bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du Sahara, sur un grand plateau sub-horizontale de massifs calcaires d'âge Turonien appelé couramment "la dorsale du M'Zab".

L'épaisseur de ses massifs calcaires recoupés par les sondages est de l'ordre de 110 mètres. Sous les calcaires turoniens on recoupe une couche imperméable de 220 mètres formée d'argile verte et de marne riche en gypse et en anhydrite ; elle est attribuée au Cénomaniens. L'étage de l'albien est représenté par une masse importante de sables fins à grès et d'argiles vertes. Elle abrite des ressources hydrauliques considérables, l'épaisseur est de l'ordre de 300 mètres.

Les alluvions Quaternaires formées de sables, galets et argiles tapissent le fond des vallées des oueds de la dorsale, d'une épaisseur de 20 à 35 mètres. Ces alluvions abritent des nappes superficielles d'Inféro-flux (nappes phréatiques) (Fig.24) (A.N.R.H. 2007).

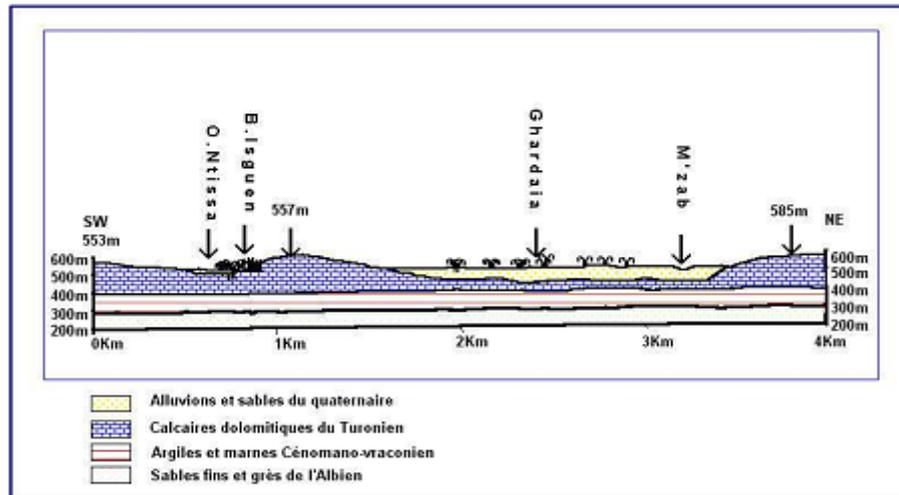


Figure 24 : Esquisse hydrogéologique du M'Zab (A.N.R.H. 2007).

5. Description litho stratigraphique

Le territoire de la wilaya de Ghardaïa est localisé dans le domaine du craton Nord-Africain composé essentiellement de dépôt du Crétacé, du Néogène et du Quaternaire (Fig.25).

5.1. Crétacé

Cette formation qui caractérise une grande partie de la région de la chebka du M'Zab, est constituée d'une double dalle calcaire : calcaire dure et calcaire plus ou moins dolomitique parfois pétries de coquilles (Fabre, 1976 cité par GUERRADI et FARADJI, 2007). Il est représenté par :

- Albien

L'Albien est recoupé uniquement par des sondages et représenté par des sables fins à grès et d'argiles vertes.

- Cénomaniens

Le Cénomaniens est formé par une alternance de bancs d'argiles, de dolomies, de calcaires dolomitiques et d'évaporites (gypse et Anhydrite) (MELLAK, 2009).

Les argiles cénomaniennes constituent l'imperméable de la nappe du Turonien tandis que les calcaires sommitaux du Cénomaniens sont en continuité hydraulique avec cette même nappe (ABDOUSE et BOUCHIBA, 1982).

-Turonien

La série turonienne entièrement carbonatée, forme l'ossature de la chebka du M'Zab et constitue le réservoir aquifère principal. C'est dans sa masse que les oueds ont creusé leurs lits.

La base du Turonien n'est connue que dans la région Ouest de la chebka du fait du plongement général des couches vers le Sud-Est (0.5°). Dans cette région, il est nettement constitué de formations carbonatées : des calcaires dolomitiques massifs à la base, et des calcaires crayeux blancs au sommet, le tout formant d'importantes falaises (Oued El Abiod), bordure de l'Oued El Louha et Berriane). Le Turonien est érodé à l'affleurement, il a plus de 100 m à Ghardaïa (ABDOUSE et BOUCHIBA, 1982).

5.2. Tertiaire

- Sénonien

Le Sénonien affleure partout sur les bordures Est et Nord de la Chebka. Il est représenté par un Sénonien à assises marines ou lagunaire avec une alternance de calcaire et marnes dolomitisées, argiles gypsifères et gypse (O.R.G.M., 1999).

- Néogène

Le Néogène est développé à l'Est de la région et repose en discordance sur les formations sous-jacentes du crétacé (O.R.G.M., 1999). Ce sont des formations détritiques récentes qui occupent les dépressions et qui s'étendent largement au Sud, ces formations sont rattachées au miocène supérieur et au pliocène, sans que l'on puisse établir une détermination exacte. Ce sont, en majeure partie, des produits d'altérations superficielles, rubéfiés (argiles et terre argilo-sableuse plus ou moins mêlées de fragments anguleux) que l'on ne saurait assimiler à des galets fluviaux (GUERRADI et FARADJI, 2007).

Le miocène est constitué de conglomérats, brèches siliceux et calcaires avec une alternance de limons carbonatés et sableux, d'argiles et du sable.

Le pliocène est constitué de conglomérat peu consolidés, de poudingues et de sables graveleux et argileux (O.R.G.M., 1999).

5.3. Quaternaire

Le Quaternaire apparaît surtout sous forme de dépôts alluvionnaires au niveau des lits Des oueds et dépressions fermées (Daïas) (MELLAK, 2009). Le Quaternaire largement répandu à

travers tout le territoire est représenté par des poudingues, des dépôts sablo-graveleux et argileux gypseux (O.R.G.M., 1999).

5.4. La tectonique

Durant le secondaire, la partie centrale du Sahara septentrional a subi des mouvements verticaux d'ensemble qui se sont traduits par un effondrement progressif. Au début du Crétacé, cet affaissement est comblé par un dépôt lagunaire, accusant au centre de la cuvette des épaisseurs considérables. Le mouvement de descente se poursuit très lentement pendant le Turonien et une partie du Sénonien. Les deux étages présentent des épaisseurs et des faciès peu variables sur toute l'étendue de la cuvette saharienne (BOUDJEMA, 1987).

A l'Eocène moyen réapparaît un dépôt lagunaire qui correspond au comblement définitif de la cuvette saharienne, par la suite, les mouvements dans cette dernière se sont traduits par : Un exhaussement d'ensemble suivi d'un mouvement de descente qui a débuté au Miocène et qui dure encore actuellement correspondant à la sédimentation continentale du Mio-Pliocène et du Quaternaire (BOUDJEMA, 1987).

Selon O.R.G.M. (1999) la structure géologique de la région présente une tectonique étagée qui se traduit par :

- L'étage de plissement modéré des différentes roches du Trias à l'Eocène ;
- L'étage subtabulaire des roches principalement meubles de l'Oligocène au Quaternaire.

5.5. Description lithologiques d'un forage au niveau de l'Oued M'Zab

5.5.1. Localisation du forage

Le forage de Lechbour a été implanté en amont de la vallée de M'Zab (Fig.26), à 5 km du chef-lieu de la commune de Ghardaïa. Daïra de Ghardaïa wilaya de Ghardaïa.

5.5.2. Description lithologique / stratigraphie

L'analyse des échantillons prélevés tous les mètres des trous nous a donné la lithologie suivante :

- Le Turonien : de 1 à 50 mètres. Calcaire grisâtre à blanc massif, Marne jaune à calcaire à la base ;

- Le Cénomanien : de 50 à 293 mètres. Il s'agit d'argiles verdâtres grises, brunes, parfois noirâtres. Compactes et bariolée à gypses vitreux, argiles grisâtres claires sableuses à la base;
- L'Albien : A partir de 293 mètres jusqu'à 505 m (fin de forage). De haut en bas on trouve :

Sables argileux bruns à grains fins à moyens, sables jaunes à grès, argiles sableuses grises à vertes, sables fins bruns et roses, argiles sableuses grises, sables argileux fins bruns, grès rose et brun à ciment argileux, sables à argiles rouges, sables fins roses gréseux, grès rouge, argile rouge plastique à la base (Fig.27) (A.N.R.H., 2009).

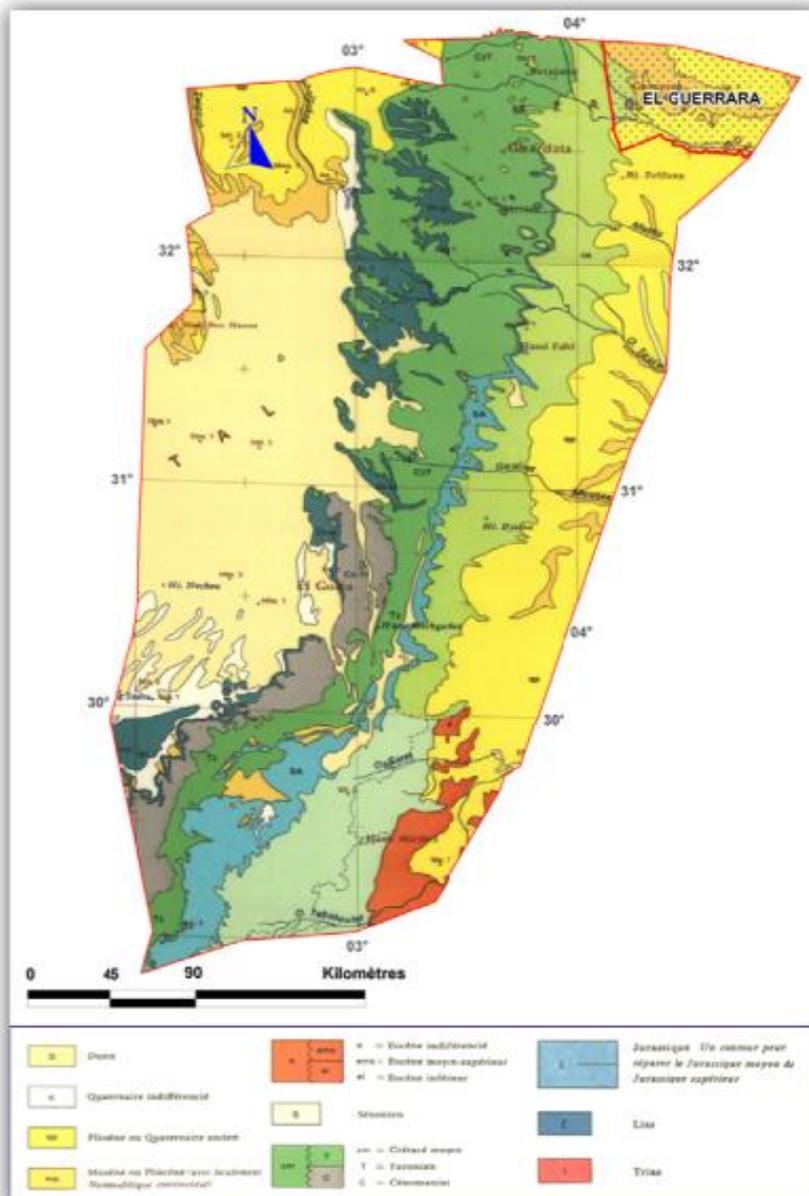


Figure 25 : Carte géologique de la wilaya de Ghardaïa (extrait modifié de la carte géologique au 1/500000 de l'Algérie) (A.N.R.H., 2010).

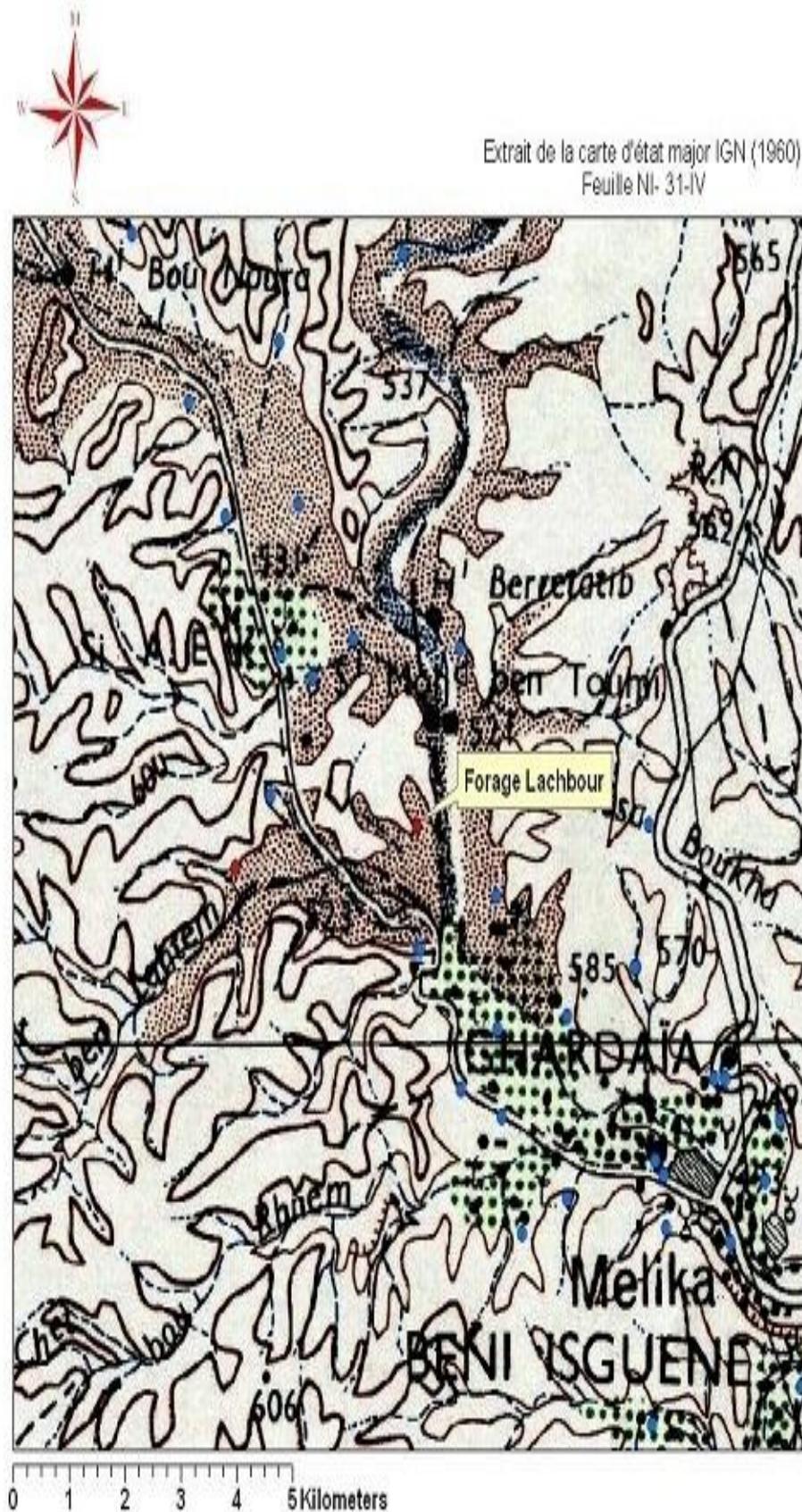


Figure 26 : Localisation du forage de Lechbour (extrait de la carte d'état-major IGN, 1960).

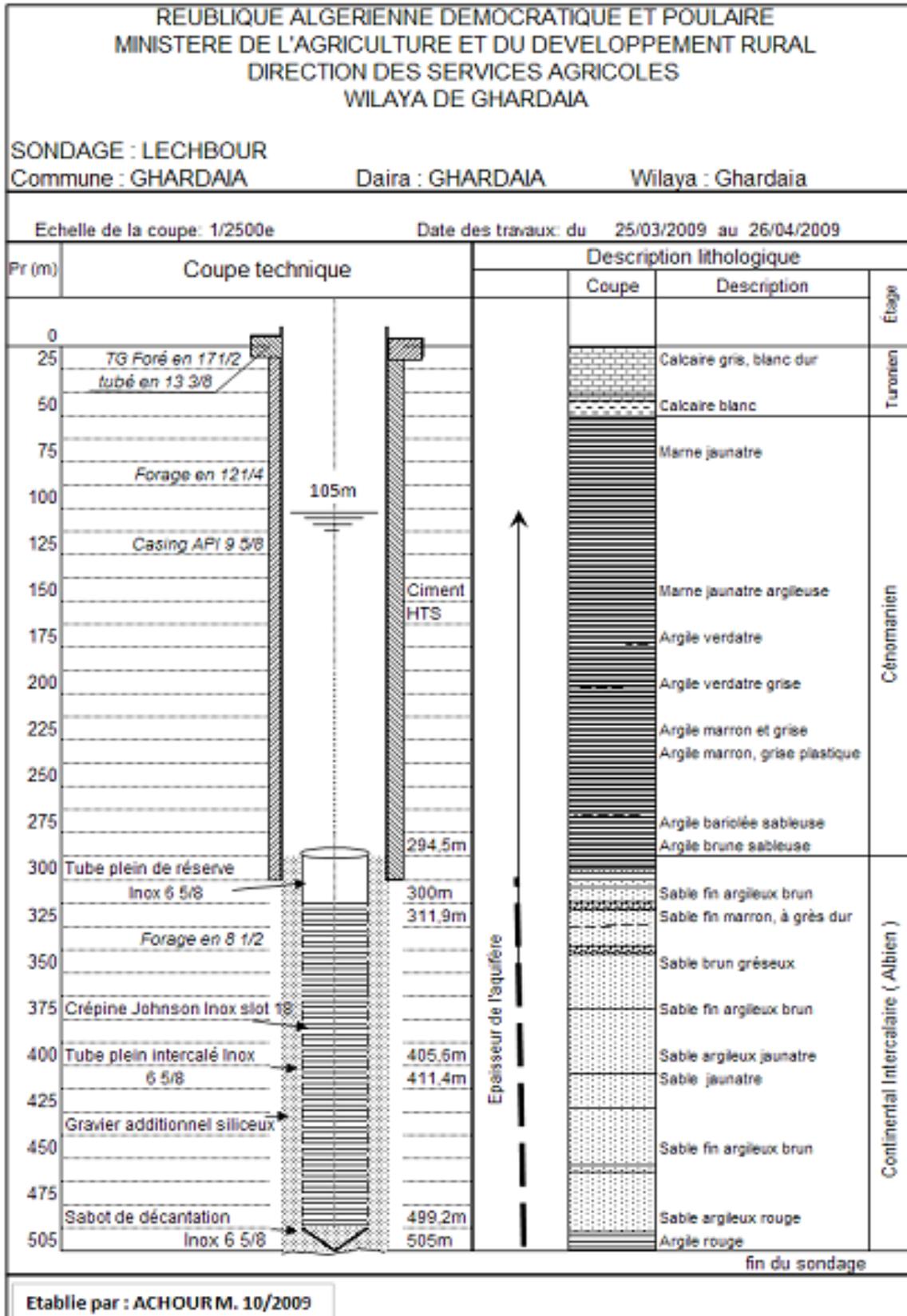


Figure 27 : Logs lithologiques du forage Lechbour (Ghardaia) (A.N.R.H, 2009).

6. Identification hydrogéologique

Les principales ressources en eau de la Wilaya sont d'origines souterraines. Elles sont contenues dans deux types d'aquifères classées par leurs profondeurs comme suit:

- Les eaux de la nappe phréatique contenues dans les alluvions des oueds ;
- Les eaux de la nappe profonde contenues dans les couches perméables des sables et des grés de l'Albien à 300 mètres.

6.1. Nappes phréatiques

L'aquifère de la nappe phréatique est formé d'alluvions et de sables du Quaternaire. Les alluvions reposent sur les couches calcaires du Turonien. L'épaisseur de ces alluvions peut atteindre 25 à 30 mètres. Cette nappe d'Infero-flux, exploitée par des puits traditionnels, présente un intérêt très important dans le domaine agricole, elle sert comme une source pour l'irrigation de la palmeraie de la vallée et elle sert également pour l'alimentation en eau potable à l'amont où les eaux sont moins chargées.

L'alimentation de la nappe se fait essentiellement par les eaux de pluies torrentielles et par les eaux de la nappe profonde (Albien) de certains forages destinés pour l'irrigation et l'alimentation en eau potable.

6.2. Nappe du Continental Intercalaire

La nappe du Continental Intercalaire draine, d'une façon générale, les formations gréseuses et grés-argileuses du Barrémien et de l'Albien. Elle est exploitée, selon la région, à une profondeur allant de 250 à 1000 m.

Localement, l'écoulement des eaux se fait d'Ouest en Est. L'alimentation de la nappe bien qu'elle soit minime, provient directement des eaux de pluie au piémont de l'Atlas Saharien en faveur de l'accident Sud Atlasique (A.N.R.H., 2007).

La nappe du Continental Intercalaire (A.N.R.H., 2007), selon l'altitude de la zone et la variation de l'épaisseur des formations postérieures au Continental Intercalaire, est:

- Jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage (Zelfana, Guerrara et certaines régions d'El Meniaa) ;
- Exploitée par pompage à des profondeurs importantes, dépassant parfois les 120 m (Ghardaïa, Metlili, Berriane et certaines régions d'El Meniaa) (Fig.29).

La profondeur de la couche exploitée est d'environ 200 m à El Meniaa, 300 m à Mansoura, 400 à 450 m dans la vallée du M'Zab et autour de 800 m et plus à Guerrara et Zelfana (Fig.29).

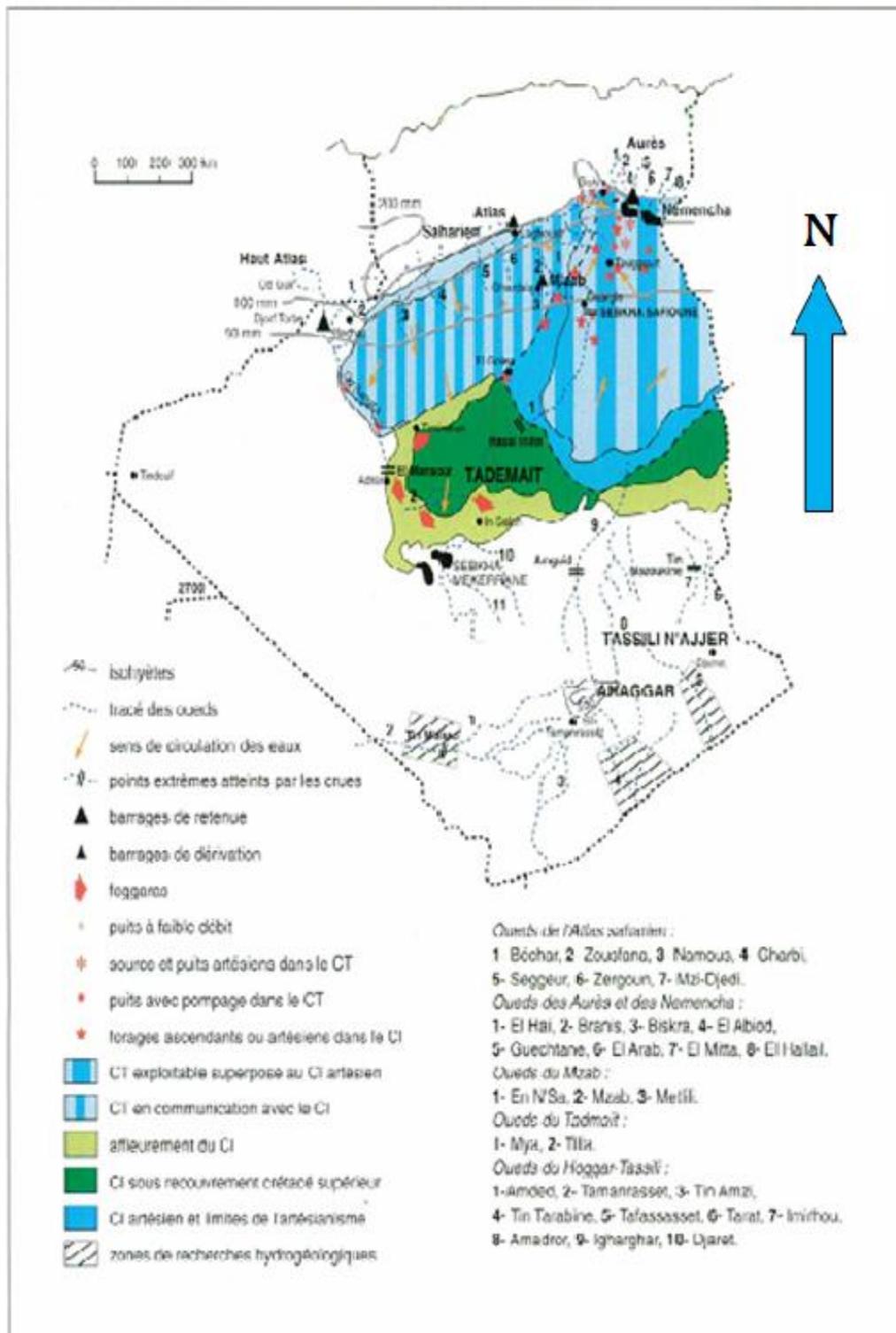


Figure 28 : Aquifères du Sahara Algérien (MELLAK, 2009).

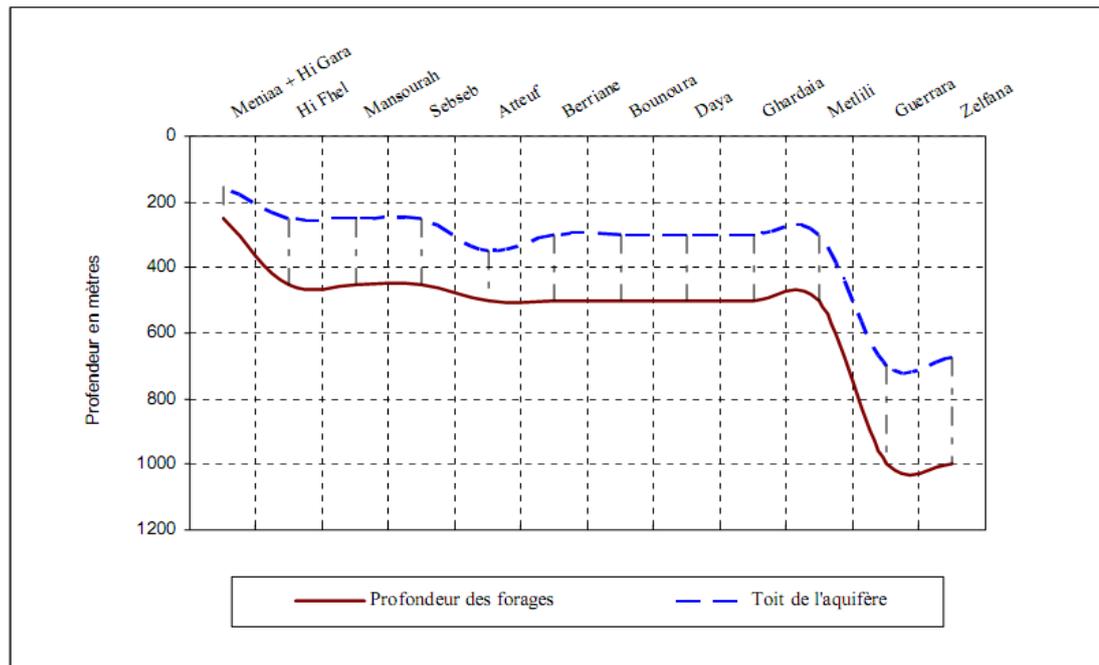


Figure 29 : Variation du toit et de la profondeur de l'aquifère de l'albien

(A.N.R.H, 2005).

6.2.1. Exploitation de la nappe du CI

Le premier ouvrage exploitant la nappe albienne dans la région de Ghardaïa, date du 01/05/1891, situé dans la vallée de Goléa avec une profondeur de 55,15 m (A.N.R.H., 2005), et les premiers forages albiens exécutés au M'Zab sont en 1948 et 1950. A partir de cette période, le nombre de forage n'a cessé d'augmenter. La wilaya compte actuellement plus de 345 forages avec 288 sont exploités et 116 forages illicites (A.N.R.H., 2007).

Les forages exploités se présentent comme suit (A.N.R.H., 2005) (Tab.XI) :

- 86 forages d'alimentation en eau potable avec un volume annuel soutiré de 67,43 hm³;
- 134 forages d'irrigation avec un volume annuel soutiré de 137,04 hm³;
- 8 forages d'alimentation en eau industrielle avec un volume annuel soutiré de 5,99 hm³.

Tableau XI : Nombre des forages et volumes d'exploitation par commune (A.N.R.H., 2007).

Communes	Nombre de forages		Débit moyen (l/s)	Volume soutiré (hm ³ /an)	Profondeur moyen (m)	Destination
	Total	exploités				
Atteuf	19	16	30p	8.26	500	AEP+IRR+AEI
Berriane	17	12	25p	6.71	500	AEP+IRR
Bounoura	15	10	30p	7.61	500	AEP+IRR+AEI
Daya	13	4	20p	3.02	500	AEP+IRR
Ghardaïa	36	26	30p	15.46	500	AEP+IRR+AEI
Guerrara	29	20	80a	32.82	1000	AEP+IRR
Hassi fhel	27	20	60a	34.77	450	AEP+IRR
Mansoura	14	7	45p	5.71	450	AEP+IRR
Goléa + H. gara	120	73	20-70 a+p	51	250	AEP+IRR+AEI
Metlili	24	20	30p	13.92	500	AEP+IRR+AEI
SEBSEB	11	4	35p	3.93	450	AEP+IRR
Zelfana	20	16	80a	30.75	1000	AEP+IRR+AEI
Totaux	345	228	-	213.96	-	-

P: pompage

a: artésien

H: Hassi

Chapitre IV : Analyse microbiologique de l'eau

1. Approche méthodologique

L'approche méthodologique choisie dans notre étude permet de caractériser la qualité microbiologique des eaux souterraines dans la région de SEBSEB et d'étudier leurs aptitudes à la consommation humaine.

2. Choix de la région d'étude

Le choix de la région d'étude est basé sur les critères essentiellement d'ordre scientifique et économique, les plus importants sont les suivants :

- La présence de l'eau qui est un facteur limitant dans la mise en valeur des terres surtout au Sahara.
- La présence des puits à la nappe phréatique à proximité des rejets urbains (fosses septiques traditionnelles) ;
- L'existence des exploitations agricoles qui utilisent ces eaux pour l'irrigation et même pour l'alimentation en eau potable;
- Le manque d'études sur cette région.

3. Présentation de la région de SEBSEB

SEBSEB est située dans la wilaya de Ghardaïa à 60 km du chef-lieu de la wilaya et à 663 km au sud d'Alger. Elle est limitée au nord par la commune de Metlili Chaanba, au sud par la commune d'Ain Beida relevant d'Ouargla, à l'ouest par la commune de Brisina relevant de la wilaya d'El Baydh et enfin à l'est par la commune de Mansourah.

SEBSEB a été implantée sur une vallée riche en eaux souterraines peu profondes, il s'agit du lit d'oued qui porte le même nom (Oued SEBSEB) (HOUICHITI, 2009).

La vallée de SEBSEB est la plus large entre les oueds de la Chebka, ainsi qu'elle est reconnue par ses potentialités en eaux phréatiques, l'endroit a été nommé "les cent puits" (REGNIER, 1939).

Etant donné que SEBSEB se situe dans le sud Algérien, à 663 km du littoral et du fait que l'altitude s'élève à 429 m au-dessus du niveau de la mer, la région se caractérise par un climat saharien sec, chaud et sec en été et froid en hiver.

Les indices climatiques déterminés par YOUNG (2003), montrent que la zone est caractérisée par un climat hyper aride et présente un caractère xérique, une continentalité pluviale et thermique, ce qui accentue l'aridité, et une durée d'évaporation de la tranche annuelle de pluie très courte. Ainsi, la classification bioclimatique de la station étudiée, suivent le climagramme d'EMBERGER, qui inclut le degré de fraîcheur hivernale, montre qu'il s'agit d'un climat saharien à hiver tempéré.

Le climat et la géologie sont des facteurs déterminants pour les ressources hydriques, sur leur importance, leurs formes et leur mobilisation (HOUICHITI, 2009).

L'eau mobilisée pour l'irrigation provient principalement de la nappe phréatique, exploitée par des puits traditionnels. Selon la surface de la parcelle, on réalise un ou deux puits. Ceci est aussi valable pour les exploitations dotées de forage albiens, réalisés par les services agricoles (HOUICHITI, 2009).

La vallée de SEBSEB est une formation qui appartient au quaternaire continental. Cette structure se présente sous forme de lits d'oueds, de dépressions et de dunes. Le plateau rocheux de la Chebka est la formation la plus ancienne, elle appartient au secondaire, représentée par le crétacé moyen (le turonien) et le crétacé supérieur marin (le sénonien) (URBATIA, 1996).

La hamada de l'Est et la plaine de l'Ouest sont formées de poudingues calcaires lacustres du pliocène continental (URBATIA, 1996).

Au niveau de la chebka, on ne trouve que des roches calcaires ou dolomitiques, dont le sous-sol est riche en marnes. Les hamadas ne sont que de vastes étendues pierreuses. On ne rencontre du sol qu'au niveau des bas-fonds, daya ou lit d'oued suffisamment large, comme celui de SEBSEB (HOUICHITI, 2009).

Dans cette vallée on retrouve 3 types d'horizons superficiels : sur l'axe de l'oued, la texture du sol se compose de sable grossier, les éléments fins sont périodiquement lessivés par le ruissellement des crues. Le côté sud est couvert d'une nappe de sable éolien, l'arène présente une profondeur qui varie de 10 cm à 1 m. C'est un sable plus ou moins vif selon son état d'humidité, sa couleur jaunâtre indique la dominance d'un faciès gypseux. Dans la rive nord, on rencontre un mélange compact de terre fine et de cailloux (reg) (HOUICHITI, 2009).

Le terrain présente une surface globalement plane, sauf dans les zones de ruissellement et auprès des obstacles et lieux favorables à l'accumulation du sable, comme les clôtures, les touffes de végétation spontanée, les pistes et les constructions (HOUICHITI, 2009).

L'horizon inférieur, à le plus souvent une texture fine et plus ou moins équilibrée, dite localement Tkouri (mélange de sable et d'éléments fins). Ce profil n'est pas totalement homogène, car il contient une succession de minces couches argilo-limoneuses. Dans les dépressions et lieux d'épandages des eaux de crue, l'horizon argileux est plus important; il mesure entre 30 cm et 1 m et prend une structure massive assez dure.

La profondeur totale du sol augmente des marges vers l'axe de la vallée, ou elle est d'environ 7 m, après quoi la roche mère (El safia) apparaît, très peu altérée à sa surface (HOUICHITI, 2009).

Deux nappes différentes sont exploitées par la population de SEBSEB, l'une depuis des siècles, la nappe phréatique, l'autre depuis des années, la nappe du continental intercalaire, le grand réservoir du Sahara.

3.1. Nappe phréatique

L'existence d'eaux souterraines dans la région du M'Zab, s'explique par la présence d'assises marneuses imperméables de l'étage cénomanien, sous les calcaires turoniens de la Chebka (MOULIAS, 1927).

La nappe phréatique est la principale source pour l'irrigation où chaque exploitation dispose de son propre puits. D'ailleurs, vers cette règle tendent les périmètres munis de réseaux collectifs, alimentés par des forages albiens, établis par les autorités (HOUICHITI, 2009).

La profondeur de pompages des eaux de la nappe phréatique varie entre 15 et 25 mètres à partir de la surface du sol. Cette profondeur augmente chaque fois que l'on s'éloigne de l'ancienne oasis. Les puits de la nappe phréatique se trouvent également à l'extérieur de l'oasis. Ils sont nécessaires pour les nomades, et constituent des sources d'eau et des repères pour les terrains et les parcours (HOUICHITI, 2009).

3.2. Nappe du continental intercalaire

En vue d'augmenter les disponibilités en eau pour les besoins agricoles et domestiques des habitants, 11 forages ont été réalisés dans la nappe albienne (DJEKAOUA, 2006).

La profondeur de ces forages est la même (500 m), mais le débit varie de 22 à 60 litres par seconde. Pour amener l'eau à la surface, le pompage est nécessaire (HOUICHITI, 2009).

Les eaux phréatiques dans la commune de SEBSEB n'ont pas la même qualité. Certains puits ont une eau relativement douce, d'autres par contre sont plus ou moins chargées en sels.

Quelques puits sont même abandonnés, en raison de leur forte salinité. En revanche, les différents forages de la nappe albienne ont la même qualité d'eau (HOUICHITI, 2009).

L'eau d'irrigation exploitée à cette nappe est fortement saline (0,78 dS/m à 25°C) à excessivement saline (5,86 dS/m à 25°C) avec une moyenne de $2,33 \pm 1,33$ dS/m à 25°C. Ces eaux appartiennent aux classes C3, C4 et C5 (DAOUADI et OULAD SIDI OMAR, 2011).

Dans la commune de SEBSEB, I); les eaux de la nappe albienne sont caractérisées par une forte salinité (1,62 à 2,19 dS/m à 25°C) avec une moyenne de $1,9 \pm 0,21$ dS/m à 25°C. Tous les forages analysés appartiennent à la classe C3 (DAOUADI et OULAD SIDI OMAR, 2011).

4. Echantillonnage

L'échantillon doit être représentatif de la masse d'eau considérée sans aucune altération entre le moment du prélèvement et celui de l'analyse.

4.1. Zone d'échantillonnage

Nous avons sélectionné 30 points d'eau pour la réalisation de ce travail. Ils sont répartis uniformément à travers le lit de l'oued SEBSEB, de l'amont de la région de Jedide jusqu'à l'aval de la région de Chaab Nasre (photo1, photo 2) et à l'aide d'un GPS, nous avons localisés les points d'eau retenus.

Les analyses microbiologiques sont effectuées au niveau du laboratoire de Contrôle Algérien de Qualité Alimentaire et Emballage (CAQAE), et les paramètres de pollution au niveau du laboratoire de l'A.D.E, unité de Ghardaïa.

4.2. Représentativité des échantillons

Avant de prélever un échantillon d'eau, il faut s'assurer de la représentativité de l'échantillon. Une bonne représentativité des échantillons repose sur :

- Une bonne répartition spatiale des puits ;
- L'utilisation de l'eau (consommation et/ou pour des besoins agricoles) ;
- L'accessibilité pour les prélèvements des points d'eau ;
- Renouvellement de l'eau par pompage ou soutirage jusqu'à ce qu'elle devienne représentative de la portion d'aquifère que l'on veut échantillonner.

4.3. Matériel d'échantillonnage

4.3.1. Préparation des récipients

Les flacons sont lavés (eau + détergent non toxique) puis soigneusement rincés à l'eau déminéralisée, ils sont ensuite séchés à l'abri de la poussière, bouchés au coton et étiquettes pour inscrire ultérieurement l'identification du prélèvement, les bouchons subissent les mêmes opérations puis sont enveloppés séparément dans du papier filtre (JOSEPH et PIERRE, 2004).

4.3.2. Stérilisation

Par chaleur humide dans un autoclave (120 C°) durant 15 à 20 min (JOSEPH et PIERRE, 2004).

4.4. Méthode de prélèvement

D'après JOSEPH et PIERRE, (2004), si le puits est équipé d'une pompe à main, le bec de la pompe est stérilisé après au moins cinq minutes de pompages, le flacon est ensuite rempli après refroidissement réalisé par un nouveau pompage.

4.5. Transport et conservation de l'échantillon

Selon REJSEK (2002), La teneur initiale en microorganismes contenus dans l'eau risque de subir des modifications dans le flacon après le prélèvement, c'est pour cela que toute analyse doit être effectuée le plus rapidement possible.

Pour les analyses bactériologiques les prélèvements ont été transportés dans une enceinte froide (aux environ de 4 C°) avec un délai maximum de 8 heures avant l'analyse.

5. Mesures de terrain

A l'aide d'un GPS de marque GARMIN, les coordonnées géographiques des différents points d'eau ont été prises sur terrain.

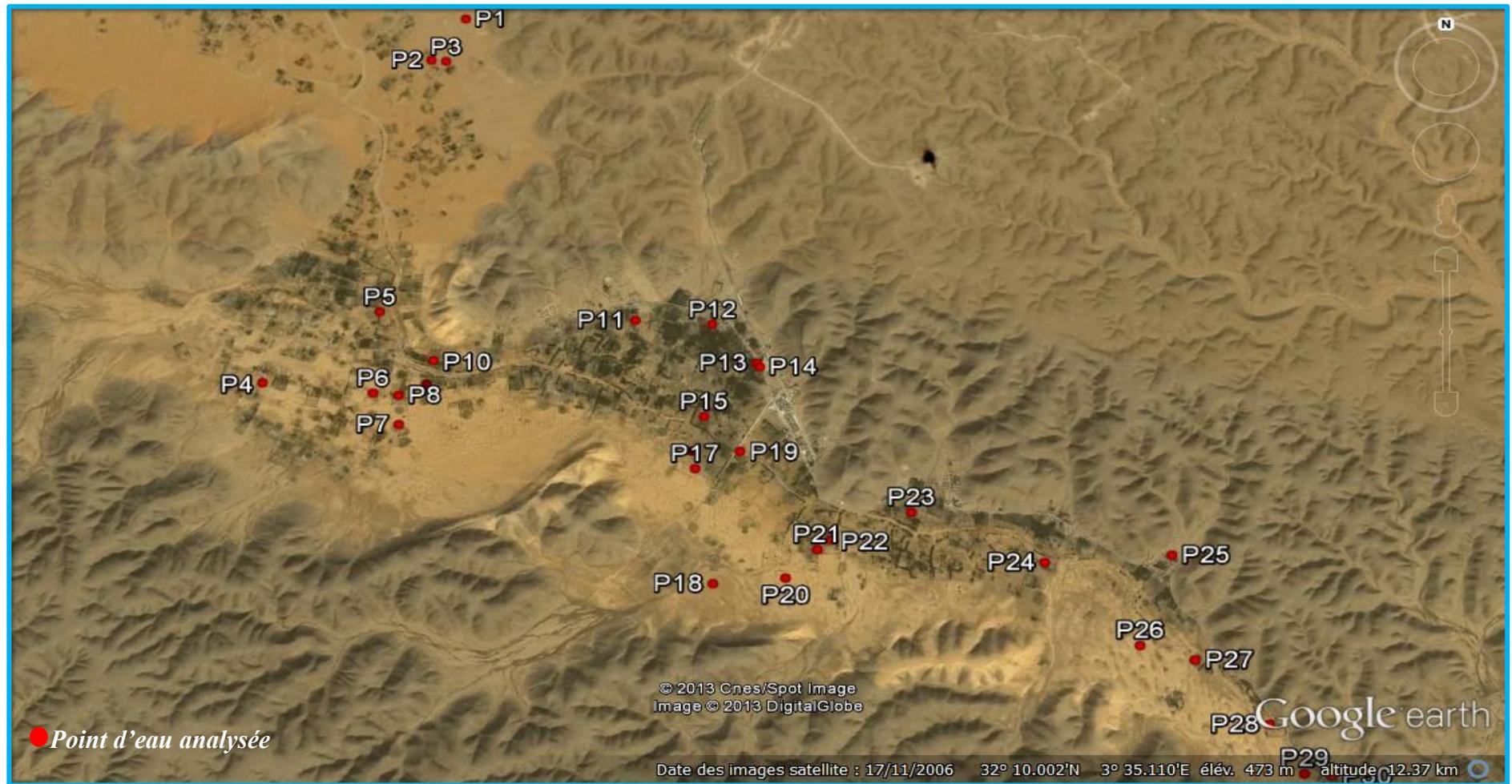


Photo 1 : Répartition spatiale des points de prélèvement des eaux phréatiques au niveau d'oued SEBSEB.



Photos 2 : Deux puits de prélèvement (Originale).

6. Techniques d'analyse

6.1. Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées au niveau du laboratoire de l'A.D.E, unité de Ghardaïa.

6.1.1. pH

La mesure du pH a été faite à l'aide d'un pH mètre.

➤ Principe

Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène $[H^+]$ présent dans l'eau ou les solutions.

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (Calomel - KCl saturé). Plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H^+ (ISO, 1984).

6.1.2. Conductivité électrique, température, salinité et TDS

La conductivité électrique a été mesurée à l'aide d'un conductimètre et ramené à la température de 25°C.

La valeur de la conductivité est un paramètre cumulé pour la concentration en ions d'une solution mesurée, plus une solution contient de sel, d'acide ou de base, plus sa conductivité est élevée. L'unité de conductivité est $\mu\text{s}/\text{cm}$.

➤ **Principe**

Mesure de la conductance électrique d'une colonne d'eau délimitée par deux électrodes de platine (Pt) (ou couvertes de noir de platine) maintenues parallèles.

Si R est la résistance de la colonne d'eau en ohms.

S sa section en cm^2 et l sa longueur en cm.

La résistivité électrique en ohms-cm est

$$P = R \frac{S}{l}$$

La conductivité électrique en S/cm est :

$$V = \frac{1}{P} = \frac{1}{R} \cdot \frac{1}{S}$$

$\frac{1}{S}$: Est appelé constante de l'élément de mesure (ISO, 1984).

6.1.3. Turbidité

La mesure de la turbidité a été faite à l'aide d'un turbidimètre.

➤ **Principe**

Comparaison de la lumière diffusée et la lumière transmise par l'échantillon d'eau et par une gamme étalon constituée de solutions de formazine.

La mesure de la lumière diffusée est significative pour les eaux de faible turbidité non visible à l'œil nu (par exemple les eaux de boisson).

La mesure de la lumière transmise est significative pour les eaux de turbidité visible à l'œil nu (par exemple les eaux polluées) et pour les eaux de faible turbidité contenant des substances qui ne diffusent pas.

Pour tout échantillon d'eau, la mesure de la lumière diffusée et de la lumière transmise permet la détection de matières non dissoutes, absorbant mais diffusant mal, qui passeraient inaperçues par la seule mesure de la lumière diffusée (ISO, 1984).

6.1.4. Ammonium

Le dosage est fait par un spectrophotomètre UV 440µm.

➤ Principe

Mesure spectrométrique, du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitrosopentacyanoferrate de sodium (nitroprussiate de sodium) (ISO, 1986).

6.1.5. Nitrates

Le dosage est fait par un spectrophotomètre UV 440µm.

➤ Principe

Le dosage des nitrates se fait par colorimétrie dans un photomètre UV 440µm avec le réactif sulfophérique (ISO, 1986).

6.1.6. Nitrites

Le dosage est fait par un spectrophotomètre UV 440µm.

➤ Principe

Réaction des nitrites avec, le diméthyle-2.6 phénol en présence des acides sulfuriques et phosphoriques avec production du nitro-4diméthyle-2.6 phénol.

La durée de la réaction est d'environ 05 minutes (ISO, 1986).

6.1.7. Orthophosphates

Le dosage est fait par un spectrophotomètre UV 440µm.

➤ Principe

Réaction des ions orthophosphates avec une solution acide contenant des ions de molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonylphosphomolybdate. Réduction du complexe par l'acide ascorbique pour former un complexe de molybdène fortement coloré en bleu. Mesurage

de l'absorbance de ce complexe pour déterminer la concentration en orthophosphates présents. Les polyphosphates et certains composés organophosphorés sont dosés après transformation, par hydrolyse par l'acide sulfurique, en orthophosphates réagissant au molybdate (ISO, 1986).

6.1.8. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)

➤ Principe

Dans des conditions définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par un excès de dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) acidifié par acide sulfurique (H_2SO_4), en présence de sulfate d'argent (Ag_2SO_4) et de sulfate de mercure ($HgSO_4$).

L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de Fer et d'ammonium (ISO, 1989).

6.1.9. Détermination de la demande biologique en oxygène (DBO₅)

➤ Définition

La demande biochimique en oxygène (DBO₅) est la masse d'oxygène moléculaire dissoute nécessaire aux micro-organismes pour la dégradation par oxydation (mais aussi pour la transformation) des matières organiques contenues dans l'eau, dans des conditions définies et dans un espace de temps donné.

➤ Principe

L'échantillon d'eau introduit dans une enceinte thermostatée est mis à incuber en présence d'air. Les micro-organismes présents consomment l'oxygène dissous qui est remplacé en permanence par l'oxygène en provenance du volume d'air situé au-dessus de l'échantillon. L'anhydride carbonique (CO_2) formé est piégé par l'hydroxyde de potassium (ISO, 1989).

Cette détermination en oxygène crée une dépression qui est enregistrée par une élévation du niveau de mercure.

6.2. Analyse bactériologique de l'eau

6.2.1. Milieu de culture

Dans notre partie expérimentale, nous avons utilisés deux types de milieux de culture : liquides et solides.

Les milieux de culture solides utilisés sont : Gélose nutritive standard Plate Count Agar (PCA), Gélose Bile Esculine Azide (BEA).

Les milieux de culture liquides utilisés sont : Bouillon lactose au pourpe de bromocrésol double et simple concentration (BCPL), Milieu Indole-Manitol (milieu de Schubert), Bouillon glucose a l'azide de sodium simple et double concentration (milieu de Rothe), Bouillon glucose a l'éthyle violet et azide de sodium (Eva Listky), gélose Viande-Foie (VF).

Lors de la préparation, les milieux de culture, existant sous une forme déshydratée, sont reconstitués par ajout d'eau distillée, chauffage au bec bunsen, jusqu'à homogénéisation puis autoclavage à 120°C pendant 15 minutes.

6.2.2. Dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux

6.2.2.1. Protocole

- Transférer, à l'aide d'une pipette stérile, une prise d'essai de 1 ml de l'échantillon à analyser dans deux boîtes de Pétri de diamètre 90 cm ;
- On ajoute 15 ml de milieu Gélose nutritive standard plat count agar (PCA) puis mélange le tout sous forme va et vient ou sous forme de 8, laisser à refroidir ;
- On incube l'une des boîtes de Pétri à 22°C et l'autre à 37°C (Fig.30) (MOUFFOK et al., 1992).

6.2.2.2. Incubation

Les boîtes de Pétriensemencées sont mises en incubation à l'étuve, 22°C et 37°C, pendant 24 à 48 heures.

6.2.2.3. Lecture du résultat

Nous avons effectué le comptage de bactéries sur les boîtes de Pétri contenant moins de 300 colonies. Le résultat a été rapporté pour chaque germe et chaque échantillon dans un tableau.

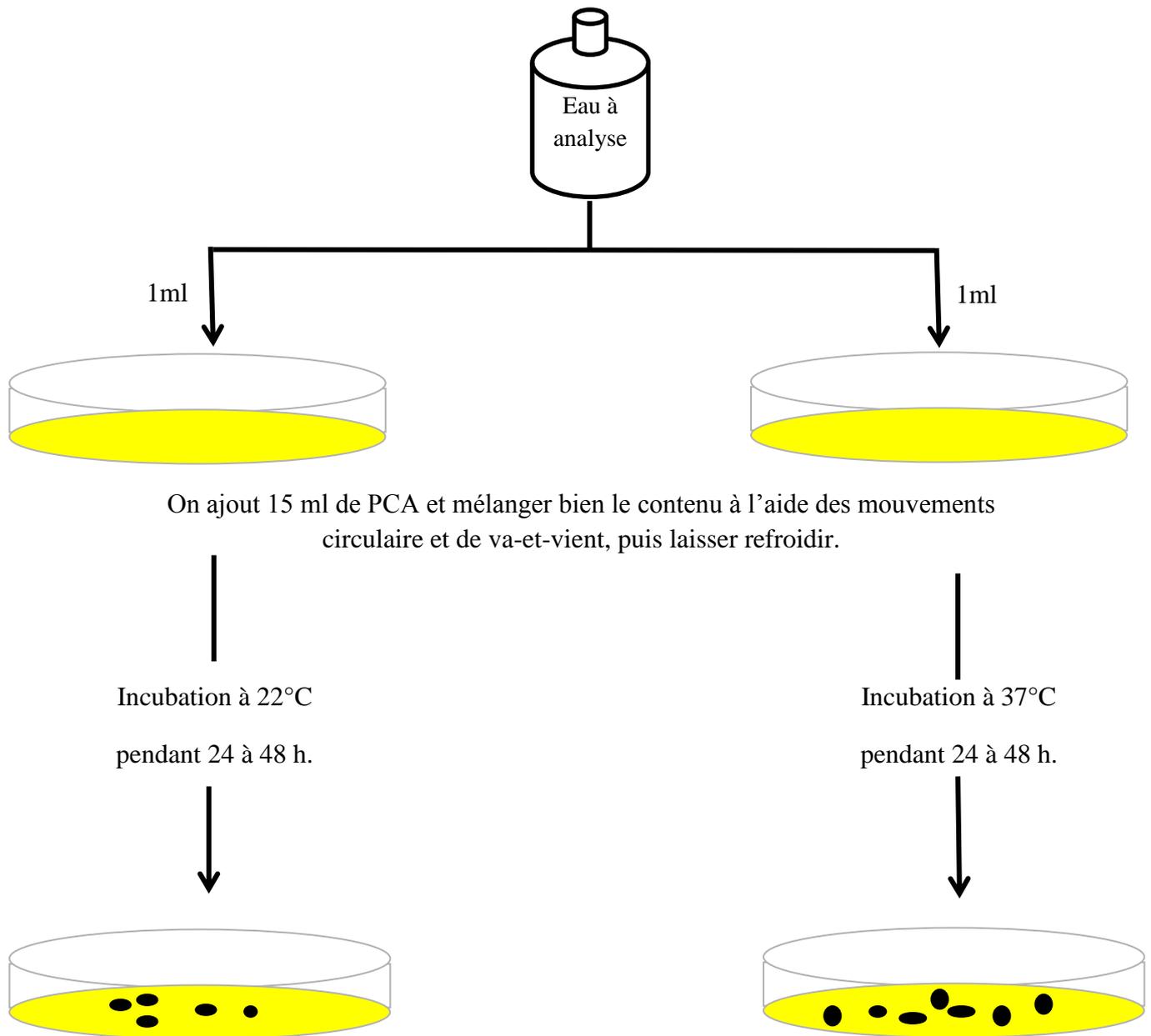


Figure 30 : Recherche des germes anaérobies mésophiles totaux dans les eaux des puits (MOUFFOK et al., 1992).

6.2.3. Recherche des coliformes

La technique en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- Le test de présomption: réservé à la recherche des coliformes totaux.
- Le test de confirmation : encore appelé test de Mac Kenzie et réservé à la recherche des coliformes fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

6.2.3.1. Test présomptif

On ensemence l'eau à analyser dans une série de tube contenant le milieu Bouillon lactosée du Bromocrésol poupre (BCPL) et muni de cloche de Durham, comme suit (Fig.31) :

- Trois tubes de milieu BCPL doublement concentrés, chacun estensemencé par 10 ml d'eau à analyser ;
- Trois tubes de milieu BCPL à simple concentration, chacun estensemencé par 1 ml d'eau a analysé ;
- Trois tubes de milieu BCPL à simple concentration, chacun estensemencé par 1 ml de la dilution (9 ml de TSE + 1 ml de la solution mère) ;
- On incube le tout à 37°C pendant 24 heures (MOUFFOK et al., 1992).

➤ Observation

Les tubes qui présentent une présomption des coliformes sont ceux qui présentent un virage de couleur de milieu vers le jaune indiquant ainsi la dégradation de Lactose : caractère des coliformes, lactose (+) avec production de gaz qui est dégagé dans la cloche de Durham.

6.2.3.2. Test confirmatif

Ce test est effectué pour le dénombrement des coliformes fécaux. Les milieux considérés comme positifs après le test présomptif, sont repiqué dans un nouveau milieu qui est le milieu Shubert sélectif pour la recherche des coliformes thermo-tolérants (Fig.31).

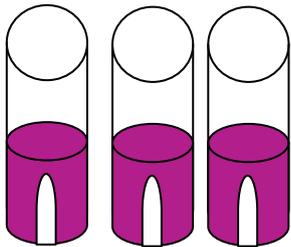
L'incubation des tubesensemencés est effectuée à 44°C pendant 24 heures. La présence des coliformes fécaux se traduit, après l'incubation, par un trouble dans le milieu de culture plus un dégagement de gaz dans la cloche de Durham.

L'identification des coliformes fécaux se fait en ajoutant quelques gouttes de réactifs KOVAKS ; la production d'indole est indiquée par l'apparition d'un anneau rouge (Réaction caractéristique d'*E. Coli*). Ensuite, le dénombrement est effectué suivant la méthode du nombre le plus probable «NPP» (Annexe 2 techniques table de Mac Crady).



Test de présomption

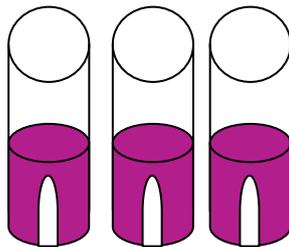
3 × 10 ml



3 trois tubes de 10 ml

de BCPL D/C

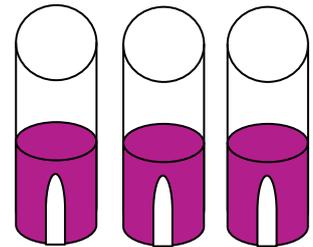
3 × 1 ml



3 trois tubes de 10 ml

de BCPL S/C

3 × 0,1 ml



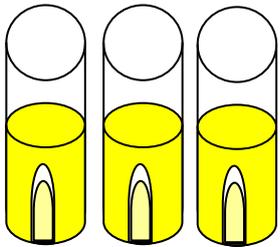
3 trois tubes de 10 ml

de BCPL S/C

- Incubation à 37°C/24 h.

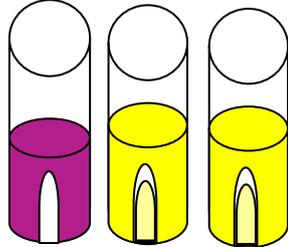
Les milieux positifs présentent :

- Virage de couleur de milieu de violet à jaune ;
- Présence du gaz dans la cloche de Durham.



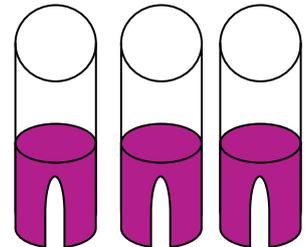
+ + +

3



- + +

2

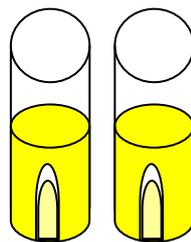
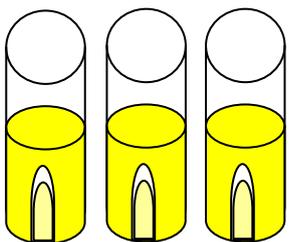


- - -

0

Test de confirmation

Repiquage des tubes (+) dans le milieu Schubert.



Incuber à 44°C, 24 heures

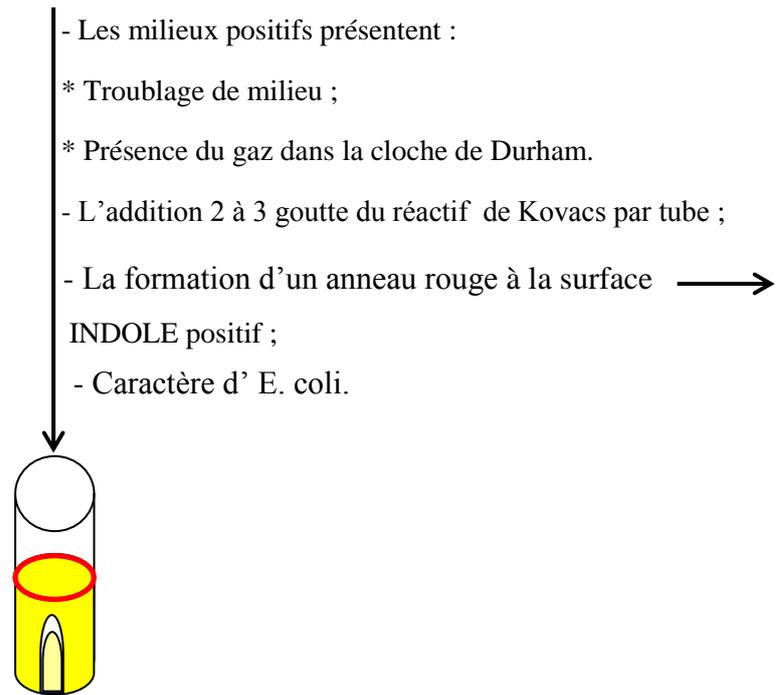


Figure 31 : Recherche et dénombrement des coliformes et d' *E. Coli* dans les eaux de puits (MOUFFOK et al., 1992).

6.2.4. Recherche et dénombrement des streptocoques

6.2.4.1. Test présomptif

Nous avons, utilisé la méthode des tubes multiples (Fig.32), le milieu de ROTHE est utilisé comme un milieu présomptif, pour réaliser ce test, nous avons procédé comme suit :

- Trois tubes de milieu ROTH à double concentration (D/C), chacun estensemencé par 10 ml d'eau à analyser ;
- Trois tubes de milieu ROTH à simple concentration (S/C), chacun estensemencé par 1 ml d'eau à analyser ;
- Trois tubes de milieu ROTH à simple concentration (S/C), chacun estensemencé par 0.1 ml d'eau à analyser ;
- On incube le tout à 37°C pendant 24 heures (MOUFFOK et al., 1992).

➤ **Observation** : Les tubes considérés comme positifs sont ceux qui présentent une culture positive avec un trouble homogène.

6.2.4.2. Test confirmatif

Il est indispensable de repiquer à partir des tubes positifs un second milieu plus sélectif ; c'est le milieu EVA LITSKY, incubé à 37°C pendant 24 à 48 heures.

La présence de streptocoques fécaux se traduit par un trouble et la formation d'une pastille violette au fond de tube. Le dénombrement est réalisé selon la méthode «NPP».

Après le test, on fait un isolement sur milieu BEA afin de confirmer les caractéristiques des streptocoques D : bacilles Gram (+), se présentant en coques isolées, ou le plus souvent en courtes flexueuses, avec la présence de capsule.

6.2.5. Recherche des anaérobies sulfito-réducteurs

6.2.5.1. Protocole

- On prend, pour chaque échantillon, un tube stérile de contenance 25 ml, et on y introduit, aseptiquement, 10 ml de l'eau à analyser ;
- On met le tube au bain-marie à 80°C, pendant 10 minutes afin de détruire les formes végétatives ;
- On refroidit le tube à essai, rapidement, sous un courant d'eau froide ;
- On y ajoute le milieu de gélose viande foie (VF) plus deux réactifs (Alin de fer + sulfite de sodium) et on secoue énergiquement afin d'homogénéiser le contenu des tubes (Fig.33).

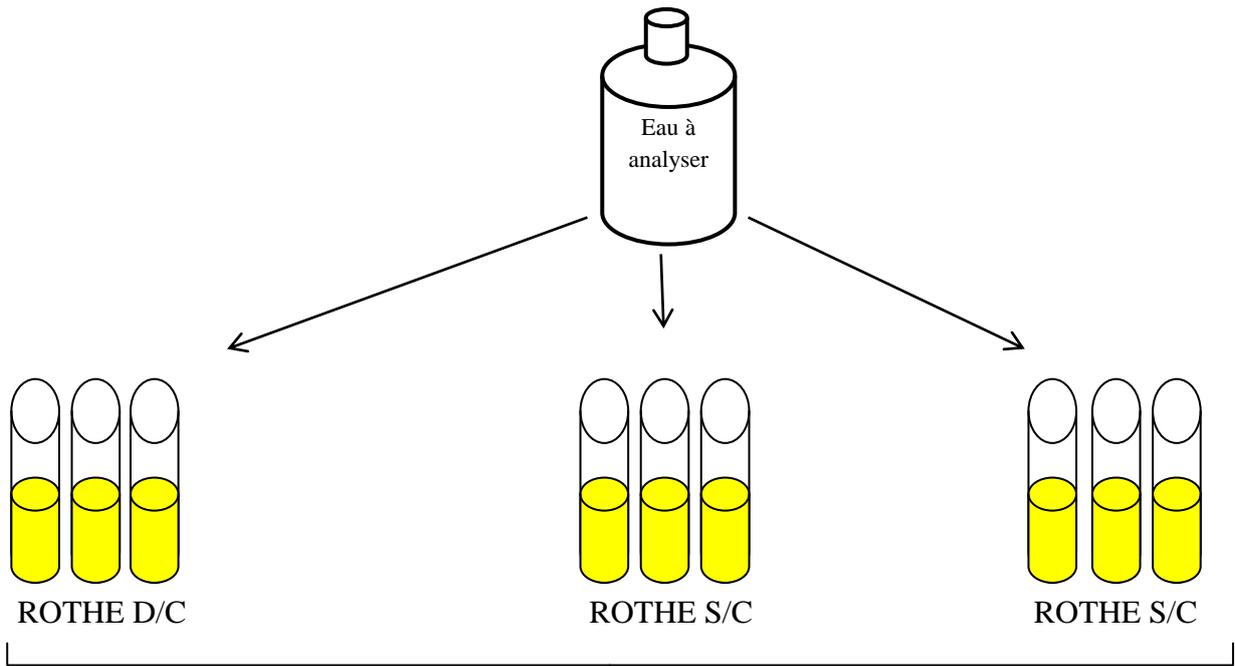
Après la solidification, le tube est incubé à 37°C, la lecture est effectuée après 24h et 48h (MOUFFOK et al., 1992).

6.2.5.2. Lecture

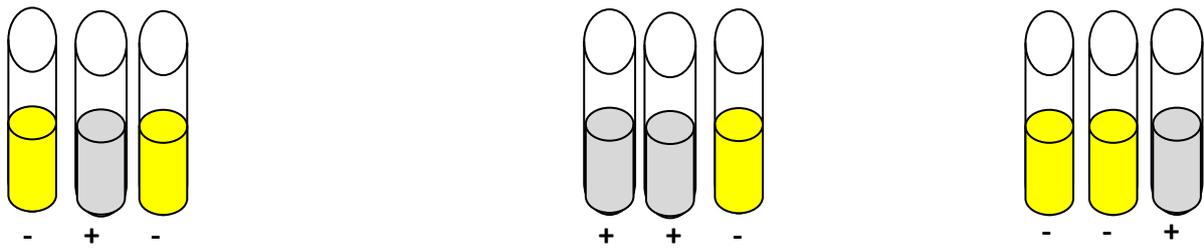
La présence des bactéries anaérobies sulfito-réductrices se traduit par l'apparition des colonies noires, en réalité elles sont blanches entourées d'un halo de précipitation de sulfite de sodium noir.

Pour la confirmation, on vérifie les caractéristiques de ces bactéries : bacilles Gram (+), les spores sont grandes, ovales, centrales à sub-terminales (coloration de Gram et observation microscopique).

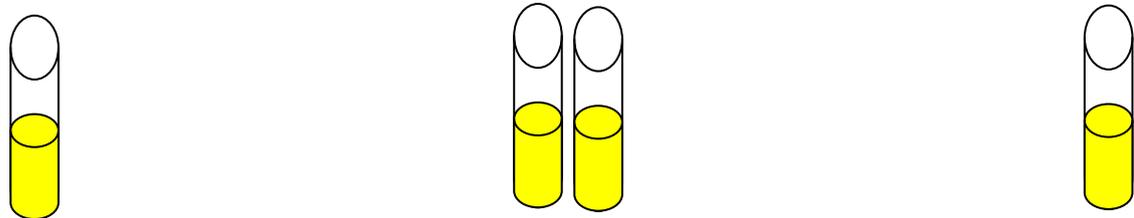
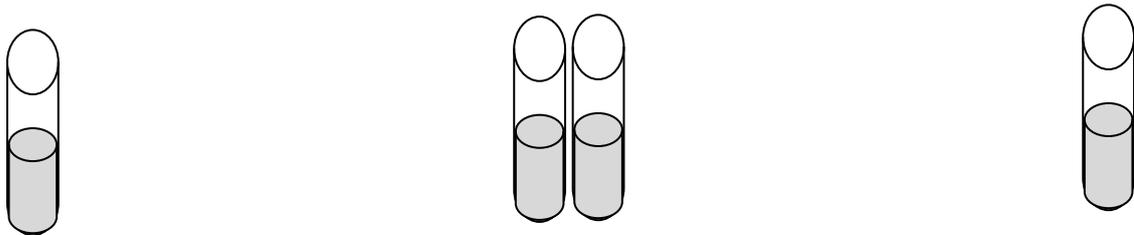
Test de présomption



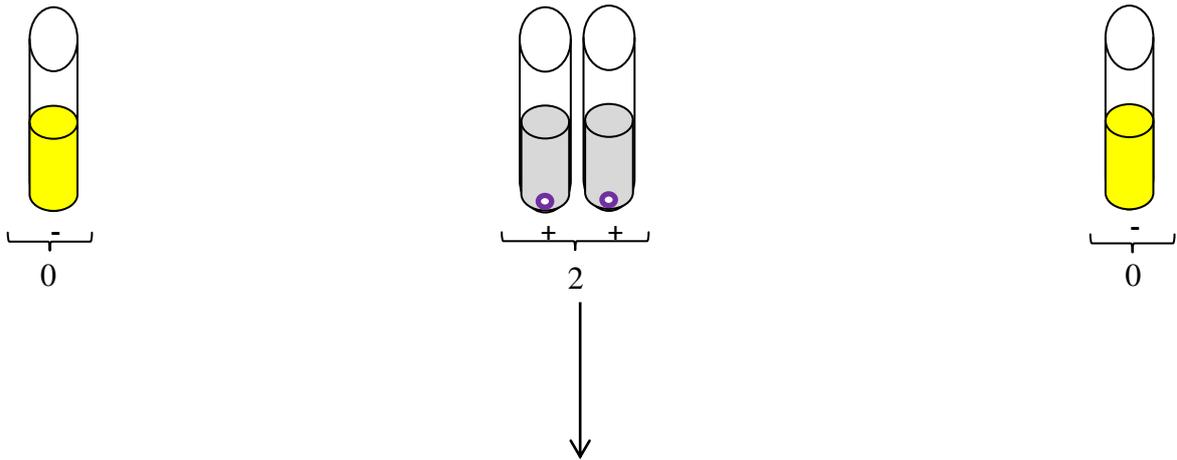
Incubation à 37°C pendant 24 à 48 heures.



Test de confirmation



- Incubation à 44°C / 24 h.



- La présence des streptocoques fécaux est indiquée par un trouble de milieu plus une pastille au fond du tube.

Figure 32 : Recherche et dénombrement des streptocoques dans les eaux de puits (MOUFFOK et al., 1992).

7. Traitement de données

7.1. Analyse statistiques (Statistiques descriptives)

Cet outil d'analyse génère un rapport de statistiques à une seule variable pour les données contenues dans la plage d'entrée, fournissant ainsi des informations sur la tendance centrale et la dispersion des données.

Les statistiques descriptives dans notre cas concernent la moyenne, l'écart type, le minimum, et le maximum (Annexe 3).

7.2. Réalisation des cartes thématiques

Afin de caractériser la répartition spatiale de la qualité des eaux phréatiques de la région de SEBSEB par rapport aux normes de la qualité d'eau, nous avons réalisé des cartes thématiques avec le logiciel SURFER version 8.

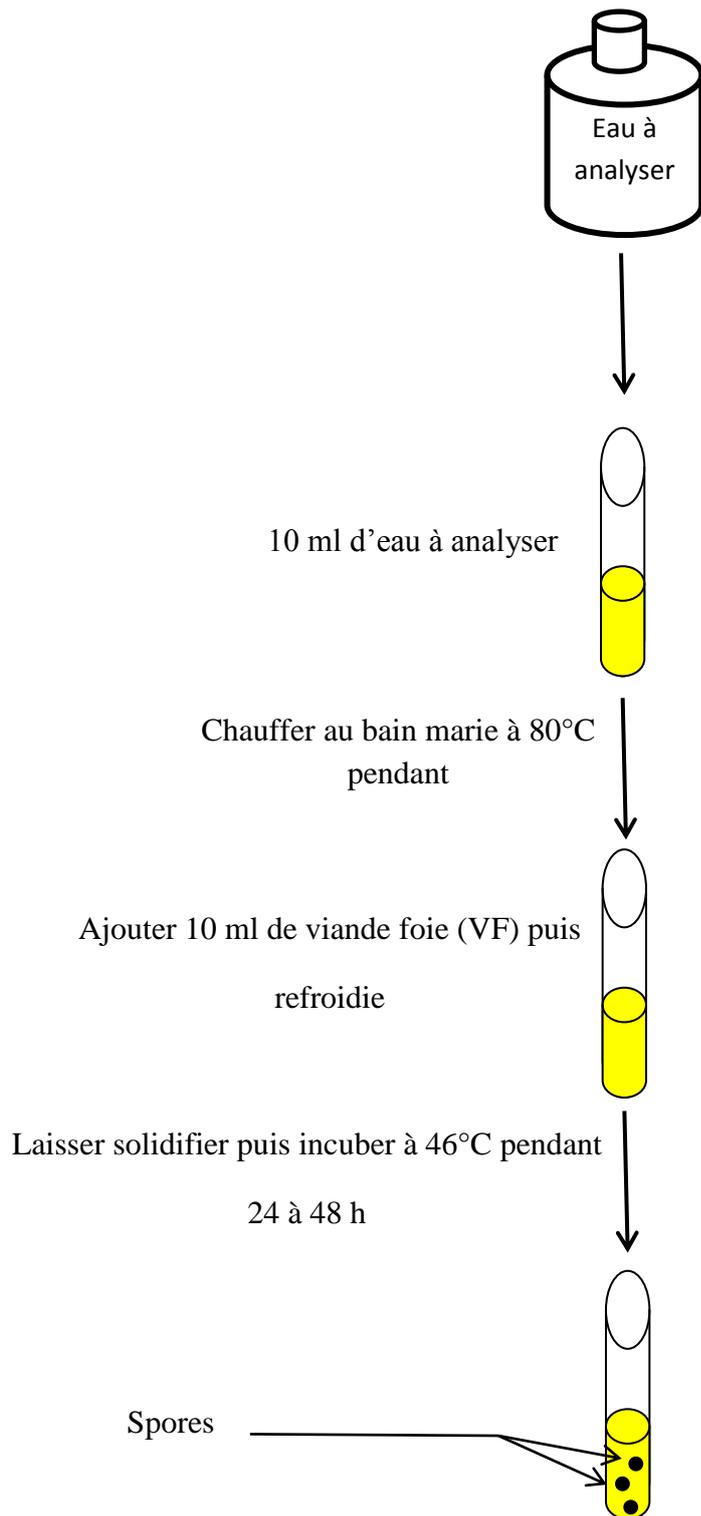


Figure 33 : Recherche des Clostridiiums dans les eaux de puits (MOUFFOK et al., 1992).

TROISIEME PARTIE



***RESULTATS &
DISCUSSIONS***

Chapitre V : Résultats et discussions

La qualité de l'eau se mesure aux caractéristiques qui la rendent plus ou moins apte à une utilisation donnée, c'est-à-dire à satisfaire les besoins de l'utilisateur. Elle est définie par certaines caractéristiques physiques, chimiques et biologiques et même une référence personnelle comme le goût. Plusieurs normes ont été proposées selon les différents domaines tels que l'alimentation en eau potable et l'irrigation.

Nous avons adopté les normes internationales de Communauté Economique Européenne (CEE) et les normes Algérienne de la qualité des eaux potables afin de caractériser l'existence ou non d'une pollution des eaux phréatiques des puits échantillonnés.

1. Paramètres physico-chimiques

1.1. pH

Les mesures effectuées révèlent d'une façon générale un pH qui varie entre la valeur minimal de 6,92 au niveau de puits P30 et une valeur maximal de 7,89 au niveau de puits P11 avec une moyenne de 7,34.

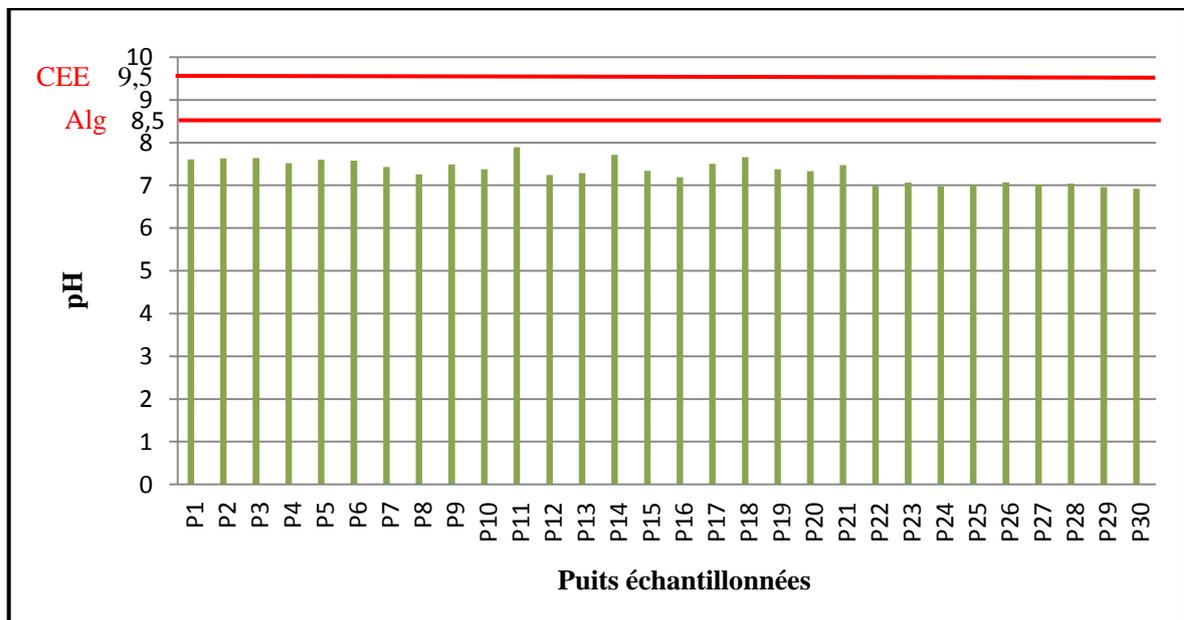


Figure 34 : Variation de pH des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.

Selon la figure 34, les valeurs de pH des eaux de la nappe phréatique de la commune de SEBSEB sont inférieures aux valeurs citées dans l'index de la norme Algérienne et européenne. Cette eau ne présente aucun inconvénient vis-à-vis du pH des eaux potables.

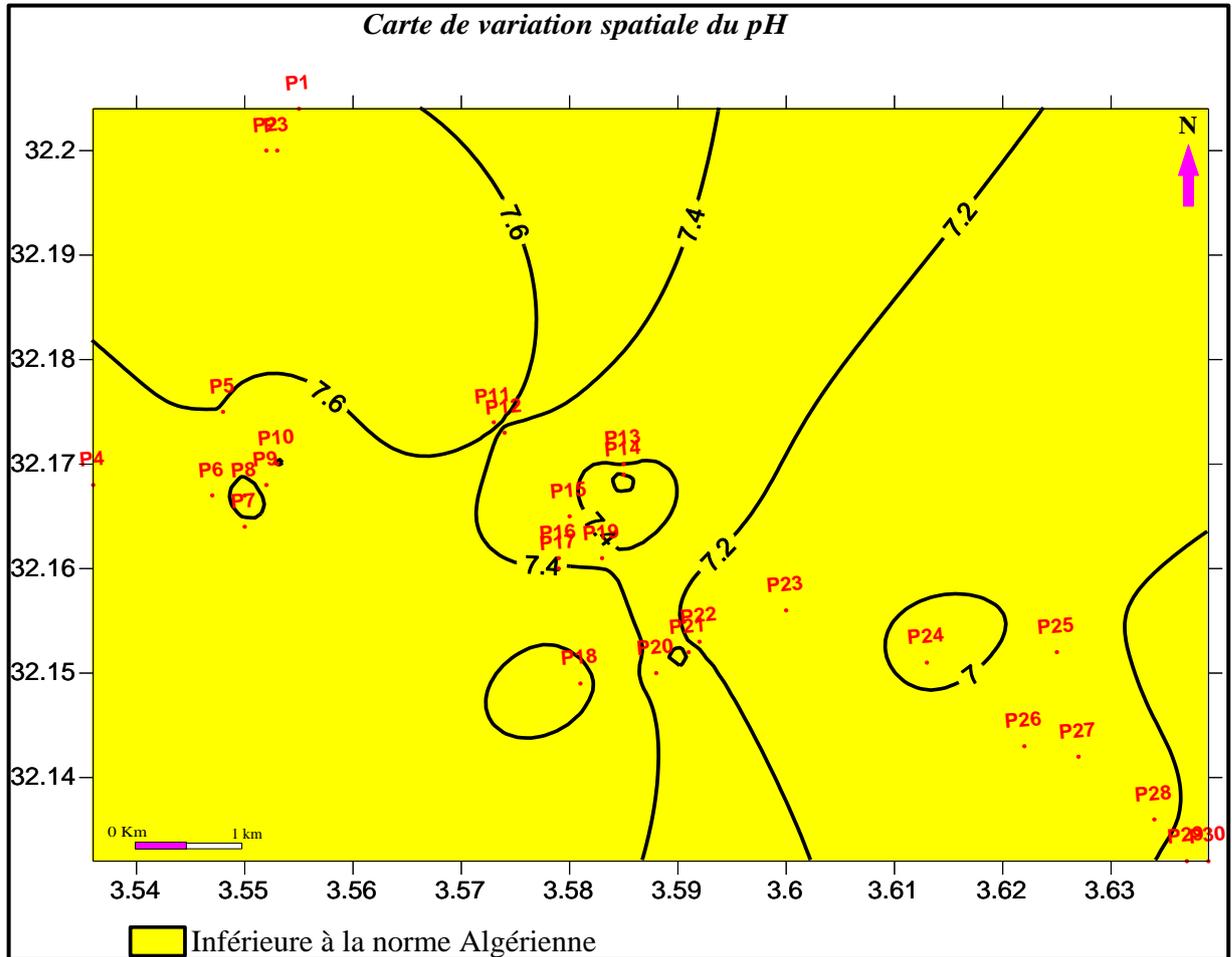


Figure 35 : Carte de Variation spatiale du pH des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.

D'après les figures 34 et 35, le pH présente une variation spatiale claire, les valeurs qui présentent une alcalinité élevée sont situées en amont, ceux d'alcalinité faible sont situées en aval notamment au puits P29 ensuite P30, les valeurs neutres sont situées au centre de la vallée, notamment au puits P25 et P24. Les eaux explorées de la vallée sont tous conforme à la norme. L'alcalinité faible des puits en aval peut être expliquée par l'effet de lessivage et de drainage souterrain des éléments chimiques.

1.2. Conductivité électrique

Selon la figure 36, les valeurs de la Conductivité électrique qui varient entre 391 $\mu\text{S}/\text{m}$ au puits P18 indiquent la valeur minimale, et 6630 $\mu\text{S}/\text{m}$ au puits P16 indique la valeur maximale avec une moyenne de 3240,37 $\mu\text{S}/\text{m}$.

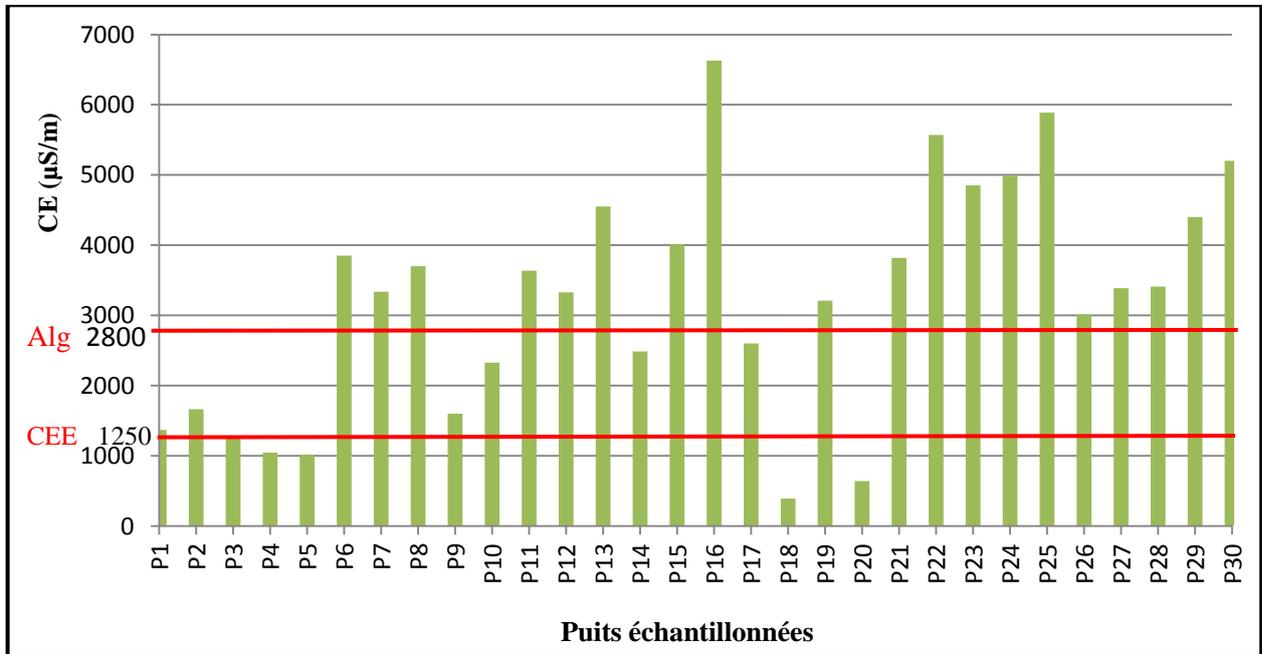


Figure 36: Variation de la conductivité électrique des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.

D'après la figure 36, cinq des puits échantillonnés (P3, P4, P5, P18 et P20) ont une valeur de la conductivité électrique inférieure à la norme européenne, alors que le reste des puits dépassent la norme, ce qui rend ces eaux impropres à la consommation par rapport aux normes européennes.

Concernant la norme Algérienne, onze puits d'eau analysés (P1, P2, P3, P4, P5, P9, P10, P14, P17, P18 et P20) ont une valeur de conductivité électrique acceptable, Ce qui indique que cette eau peut être utilisée pour la consommation. Tandis que les autres puits dépassent la norme.

Selon la carte (Fig.37), on observe une forte salinité au centre d'oued jusqu'à l'aval, ce qui est probablement due à la lixiviation des sels issue de l'irrigation vers l'aval ainsi qu'au drainage souterrain des eaux favorisé par la pente en ajoutant l'impact probable des fosses septiques avoisinantes.

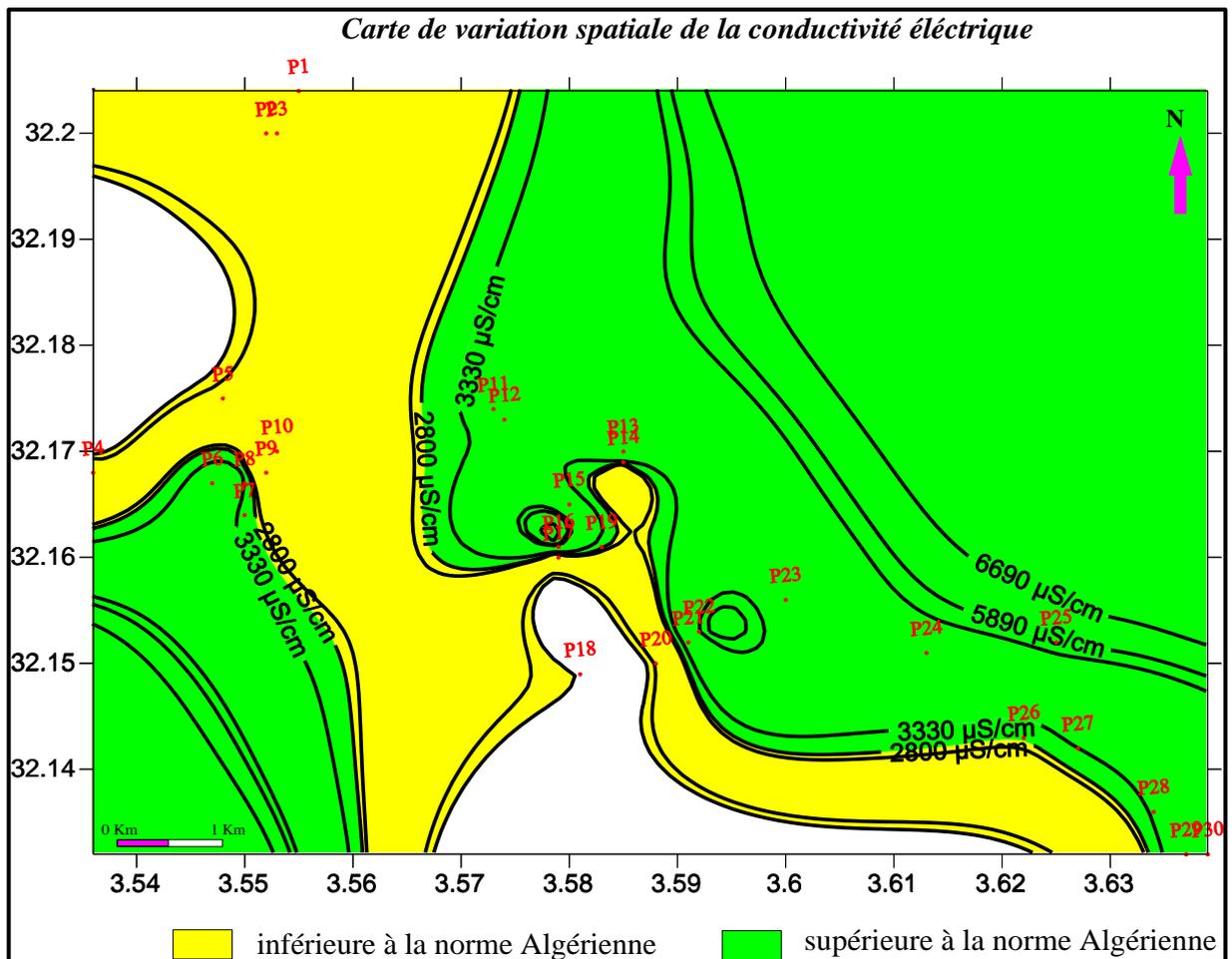


Figure 37 : Carte de variation spatiale de la conductivité électrique des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.

2. Paramètre de pollution particulière

2.1. Turbidité

Les valeurs de la turbidité varient entre la valeur minimale 0,39 NTU et la valeur maximale 8,44 NTU avec une moyenne de 1,21 NTU.

Au vue de la figure 38, tous les puits d'eaux analysées contiennent des eaux claires, ce qui explique une faible turbidité acceptable pour la teneur maximale admissible à la norme Algérienne, ce qui traduit la potabilité de ces eaux vis-à-vis ce paramètre ; A l'exception des deux puits (P5 et P14) qui ont une valeur de turbidité supérieure à la norme, ayant des impacts sur la santé par la diminution de l'efficacité des traitements de désinfection et génère des risques microbiologiques.

La carte (Fig.39), montre une homogénéité de la variation spatiale de la turbidité par rapport à la norme Algérienne, sauf pour les deux puits (P5 et P14) qui ont des valeurs supérieurs, ce

résultat traduit la présence des particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques).

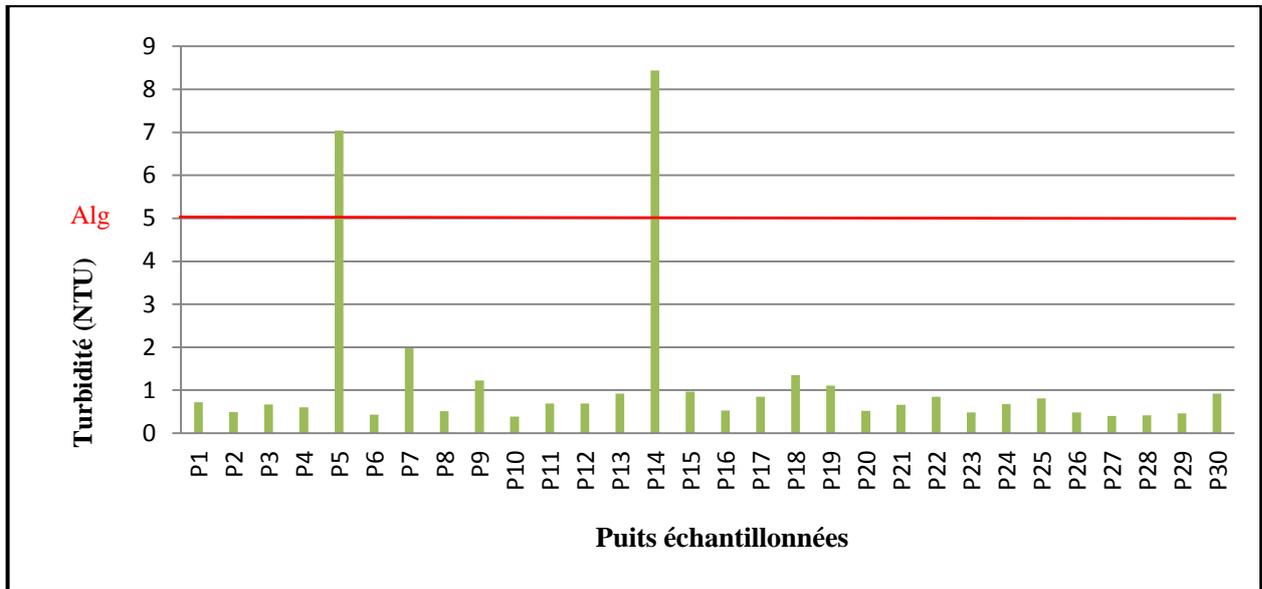


Figure 38 : Variation de la Turbidité des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.

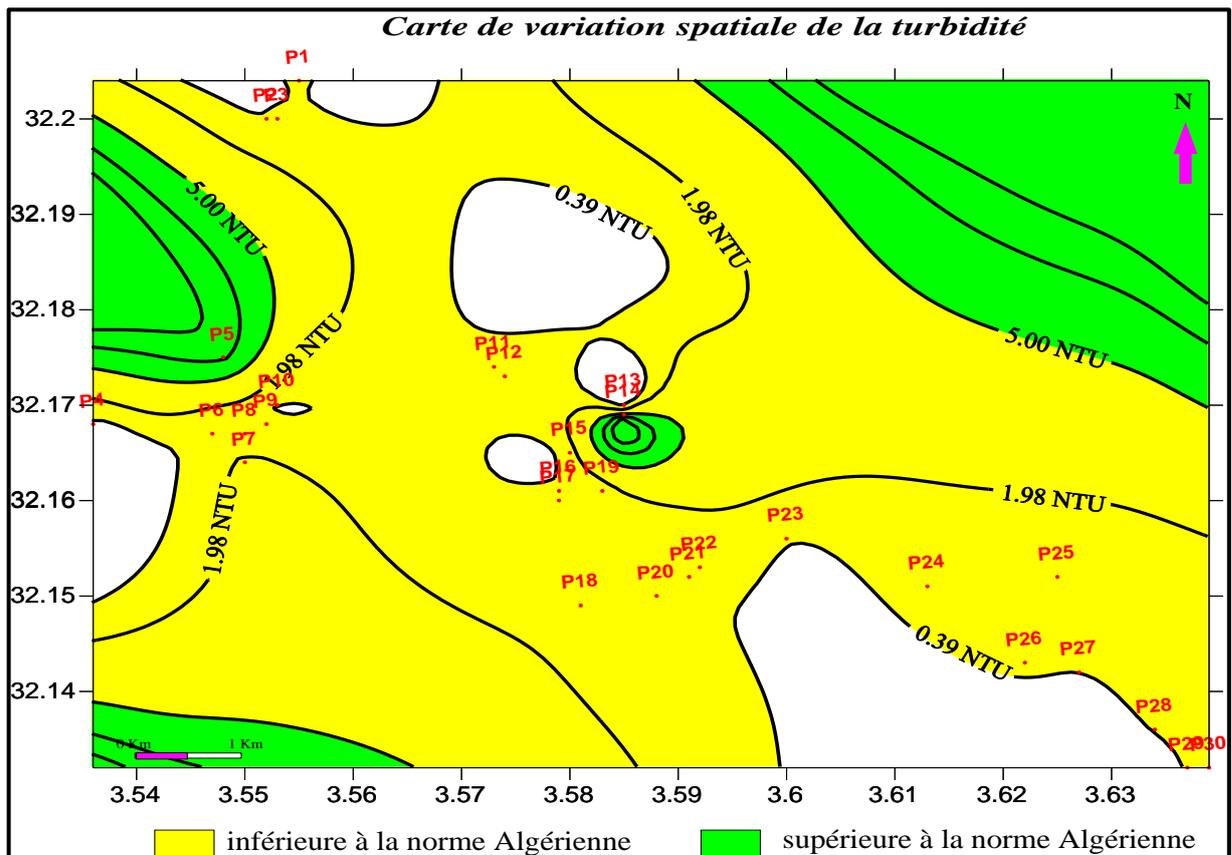


Figure 39 : Carte de variation spatiale de la turbidité des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.

Une étude sur la qualité de l'eau potable dans le Grand Vancouver réalisée par ARAMINI *et al* (2000), établit une relation entre la turbidité de l'eau et les troubles gastro-intestinaux. La turbidité, indicateur de présence de matières particulaires, renseigne donc indirectement sur la présence des microorganismes : plus la teneur en particules de l'eau est élevée, plus il est probable de trouver des microorganismes (Santé Canada, 1995).

3. Paramètres de pollution (Matière azotée)

3.1. Ammonium

Le taux d'ammonium est oscillé entre la concentration minimale de 0 mg/l enregistré au puits (P4, P6, P9, P10, P11, P14, P16, P20 et P25) et une maximal de 0,332 mg/l enregistré au puits P29 avec un taux moyen de 0,07 mg/l.

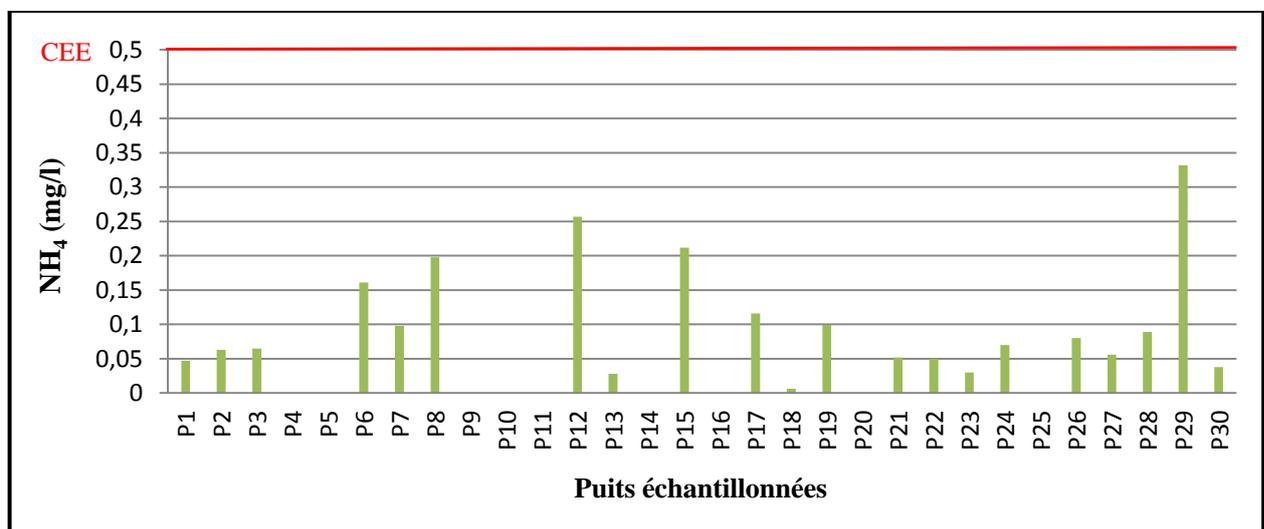


Figure 40 : Variation de la teneur en Ammonium des eaux phréatiques de la commune de SEBESEB.

Aucun des puits échantillonnés dépassent la norme maximale admissible de CEE (Fig.40), ce qui indique que les eaux de la zone d'étude sont valables pour la consommation de point de vue teneur en ammonium.

La carte (Fig.41), montre une homogénéité de la variation spatiale de la teneur en ammonium par rapport aux normes européennes avec une augmentation de cette dernière de l'amont vers l'aval où le maximum a été enregistré (P29). Ces résultats peuvent être expliqués les taux élevés de nitrate dans ces puits ; En profondeur, les eaux peuvent se charger en ion ammonium par réduction des nitrates sous l'action des bactéries autotrophes (RODIER *et al.*, 2005).

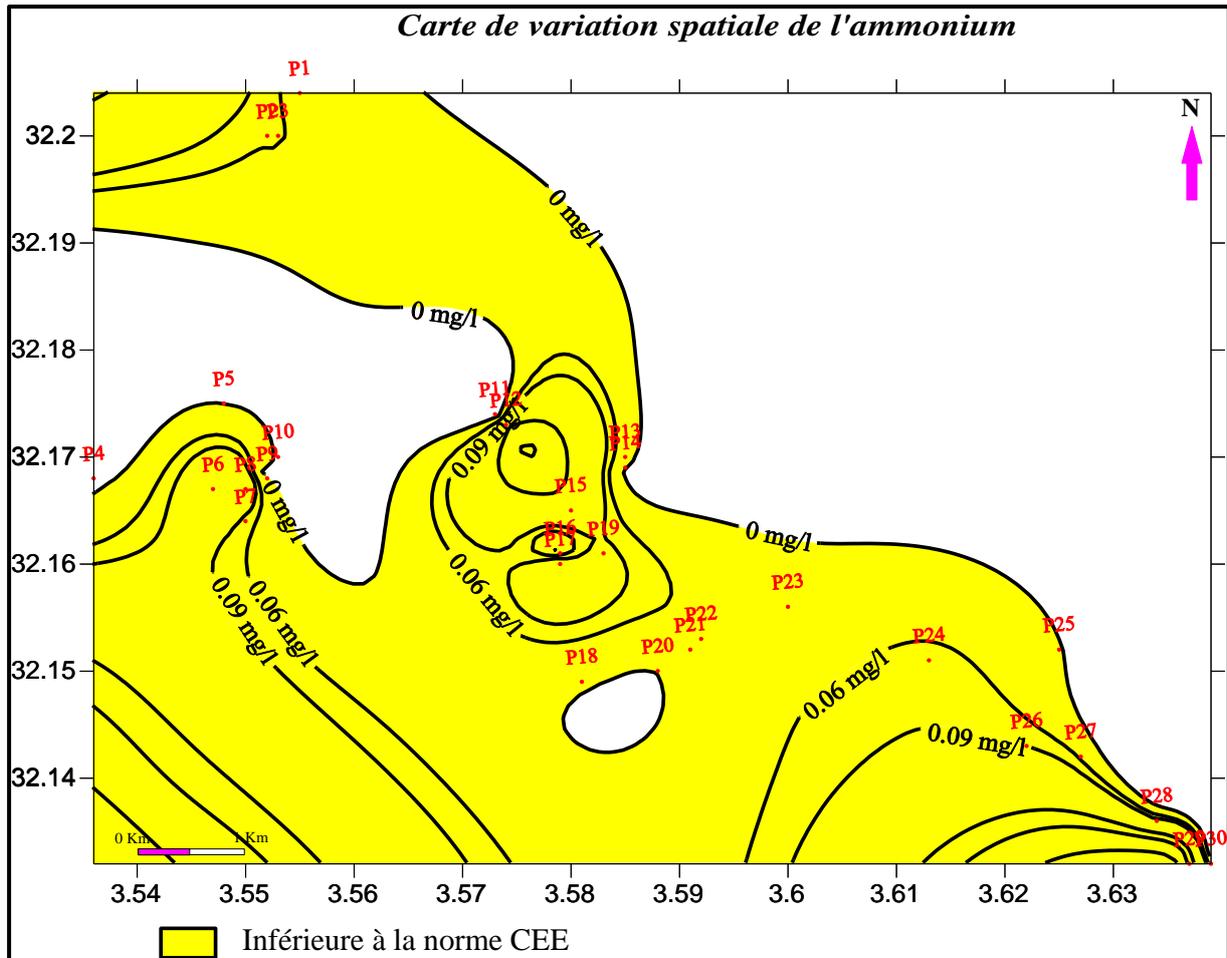


Figure 41 : Carte de variation spatiale de l'ammonium des eaux phréatiques de la commune de SEBSEB.

3.2. Nitrite

La teneur en nitrite (NO_2) dans les eaux phréatique de SEBSEB varie entre 0 mg/l et 0,966 mg/l, avec une moyenne estimée à 0,12 mg/l.

La concentration en nitrite (Fig.42) de sept échantillons (P5, P9, P11, P14, P23, P25 et P30) est supérieure à la norme européenne et à celle Algérienne, ce qui indique que les eaux des sept puits sont pas valables pour la consommation et peuvent constituer un danger sur la santé par des problèmes respiratoires. Tandis que les autres puits ne dépassent pas les normes.

La présence de nitrite est d'origine naturelle et très rare (RODIER et al., 2009). Au vue de la carte (Fig.43), on observe l'absence de nitrite sur la partie amont jusqu'au centre (P2, P3, P6, P7, P12, P13, P19 et P21).

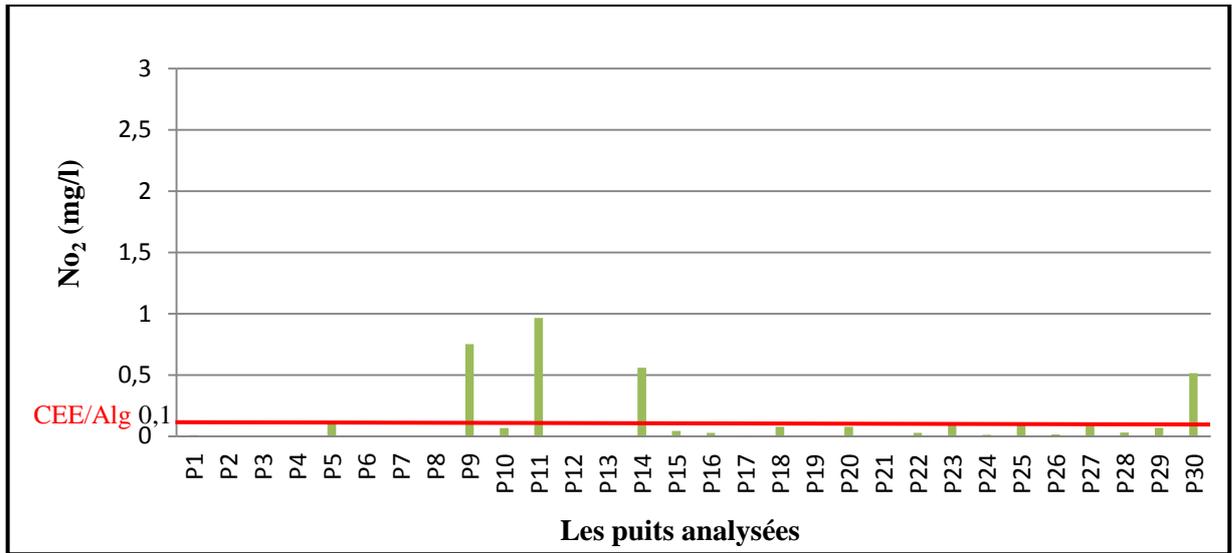


Figure 42 : Variation de la teneur en Nitrites des eaux phréatiques de la commune de SEBESEB.

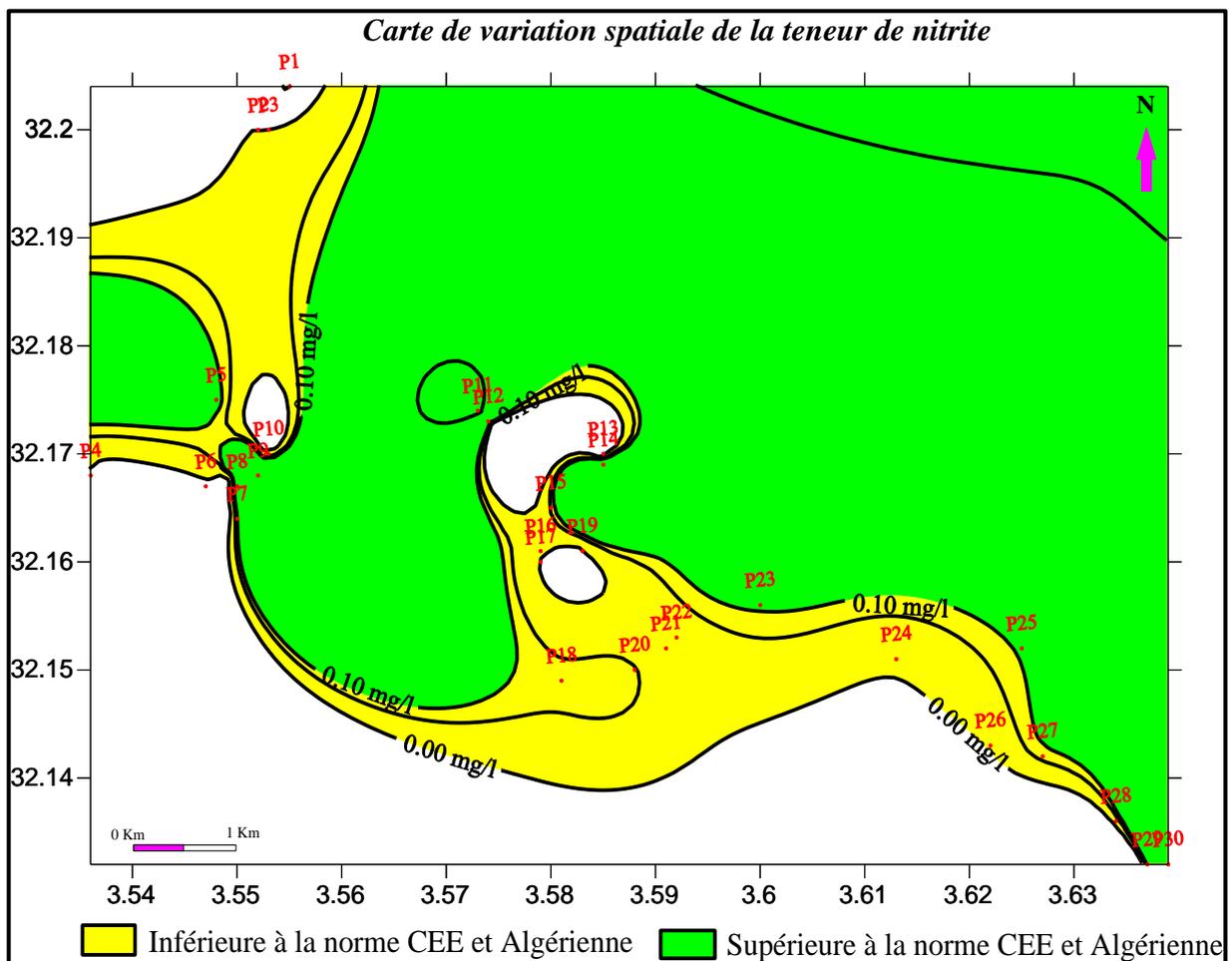


Figure 43 : Carte de variation spatiale de la teneur en nitrite des eaux phréatiques de la commune de SEBESEB.

Au contraire, on constate la minoritaire des puits qui présente un taux élève de nitrite située en aval, ce qui est expliqué par la présence de fosse septique proche de ces puits ou bien proviennent par une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante des bactéries (phénomène de la dénitrification) (RODIER et al., 2005 ; DIB, 2009).

3.3. Nitrate

Les valeurs de concentration d'élément nitrate (NO_3) oscillent entre une minimale de 15,5 mg/l au niveau de puits P8 et P10 et une maximale de 186,5 mg/l au niveau de puits P28 avec une moyenne de 78,15 mg/l.

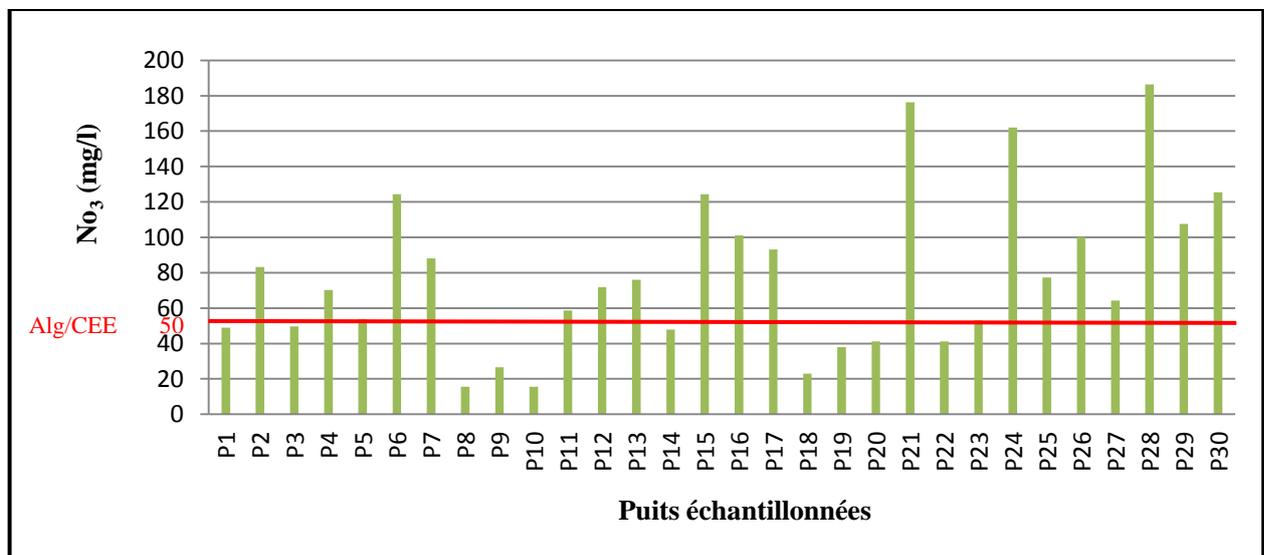


Figure 44 : Variation de la teneur en Nitrates des eaux phréatiques de la commune de SEBESEB.

La concentration maximale acceptable d'après les normes européennes et Algérienne est observé dans les puits (P1, P3, P8, P9, P10, P14, P18, P19, P20 et P22) (Fig.44), ce qui indique la potabilité de ces eaux par rapport à la teneur en nitrate.

D'autre part, on observe que la majorité des valeurs qui dépassent la norme européenne et Algérienne sont situés dans les puits (P2, P4, P5, P6, P7, P11, P12, P13, P15, P16, P17, P21, P23, P24, P25, P26, P27, P28, P29 et P30), ce qui traduit que ces eaux sont pas potables et peuvent provoquer une méthémoglobinémie chez les nourrissons.

D'après la carte (Fig.45), on constate une variation spatiale des concentrations en nitrate par rapport aux normes, la partie amont de la vallée est caractérisée par une potabilité d'eau, par contre la partie aval présente une mauvaise qualité d'eau vis-à-vis de la concentration en nitrate. Les

concentrations élevés dépend essentiellement de l'intensification de l'agriculture et dans une moindre mesure des rejets en azote des effluents industriels et urbains, alors que l'ion nitrate provient de la lixiviation des sels. En ajoutant la transformation probable de l'ammonium en nitrite puis en nitrate dans le temps face à un traitement réduit et une élévation de la température. Toutes les formes d'azote sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique selon RODIER et al. (2005).

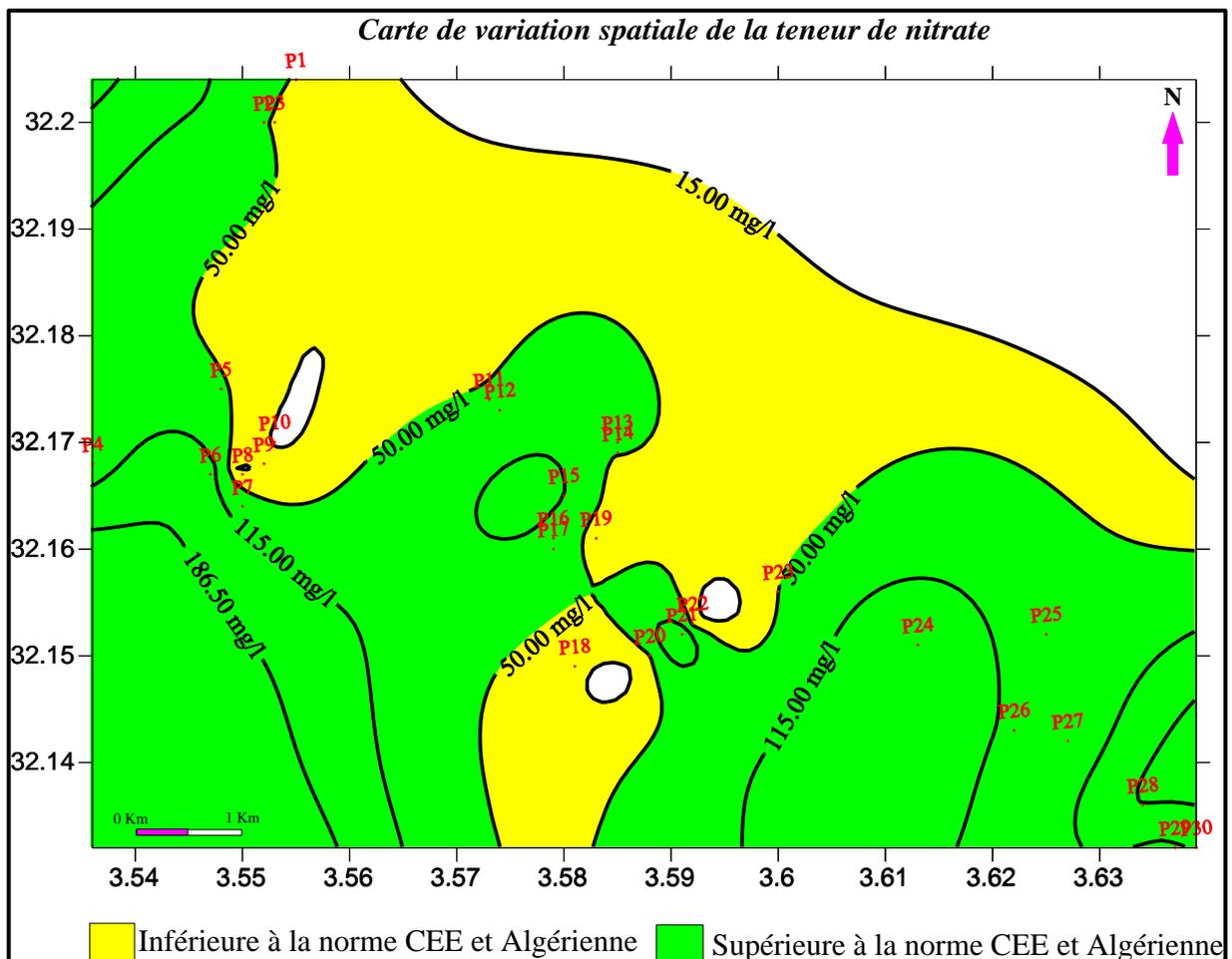


Figure 45 : Carte de variation spatiale de la teneur en nitrate des eaux phréatiques de la commune de SEBESEB.

3.4. Orthophosphate

Les concentrations obtenues montrent une fluctuation allant d'un minimum de 0 mg/l enregistrée dans la majorité des puits et un maximum de 0,028 mg/l enregistrée au niveau de puits P23 avec un moyen aux alentours de 0 mg/l.

Selon la figure 46, les valeurs de l'orthophosphate des échantillons d'eau analysées sont inférieures par rapport à la norme Algérienne. Ce qui indique que cette eau peut être utilisée pour la consommation et elle ne présente aucun effet sur la santé de consommateur.

La carte (Fig.47), montre une homogénéité de la variation des Orthophosphates par rapport aux normes Algériennes de potabilité, on observe l'absence d'orthophosphate dans la région d'étude à l'exception des puits (P14, P19, P23 et P30) qui possèdent des valeurs relativement négligeables. Ces résultats sont probablement dus à l'activité faible des microorganismes responsable à la transformation du phosphore organiques en polyphosphates et orthophosphates.

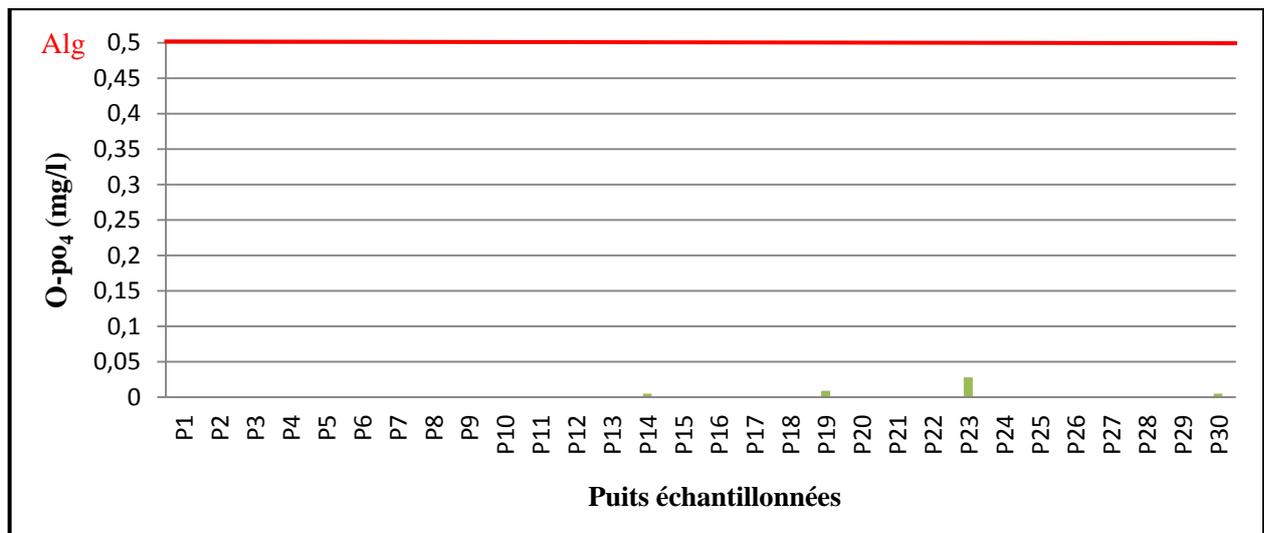


Figure 46 : Variation de la teneur en Orthophosphate des eaux phréatiques de la commune de SEBESEB.

4. Paramètres de pollution organique (DCO, DBO₅)

Vue les difficultés rencontrés pour l'analyse de la DCO et de la DBO₅, nous avons analysés que 5 et 4 échantillons respectivement.

4.1. Demande chimique en oxygène (DCO)

Les valeurs de cinq puits analysées sont variées entre le minimum de 586,98 mg/l au niveau de puits P3 et le maximum de 654,70 mg/l au niveau de puits P4 avec une moyenne de 611,81 mg/l.

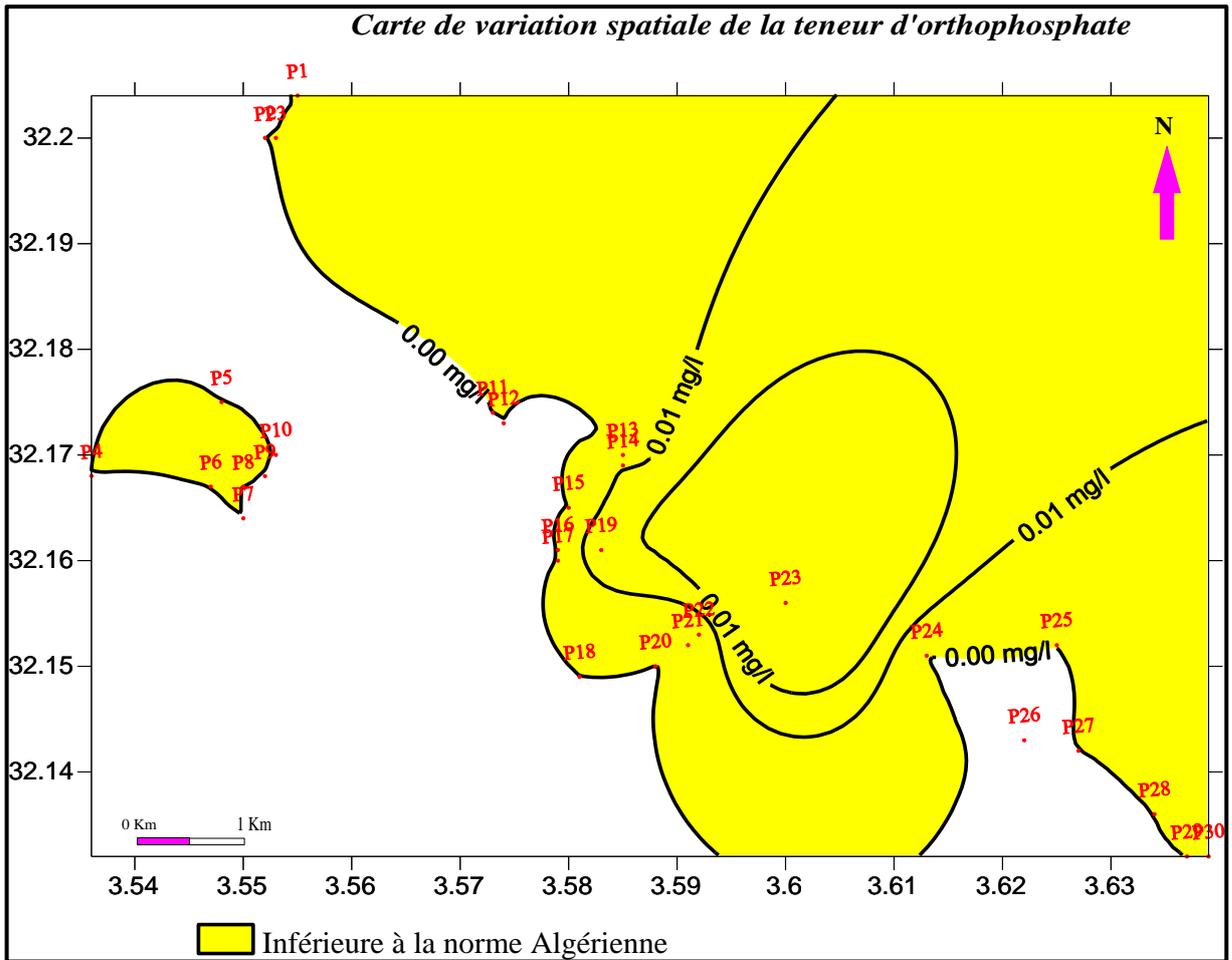


Figure 47 : Carte de variation spatiale de la teneur en Orthophosphate des eaux phréatiques de la commune de SEBESEB.

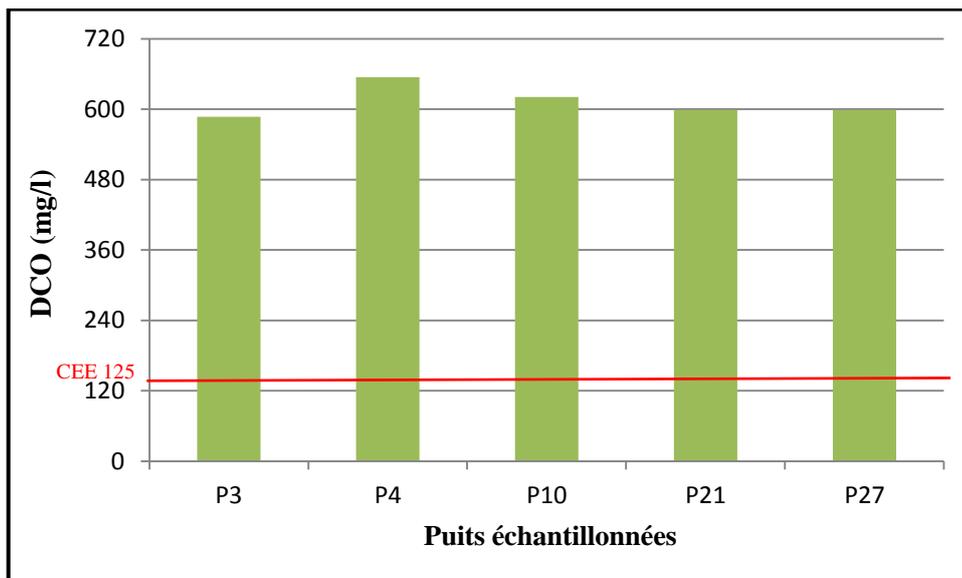


Figure 48 : Variation de la DCO des eaux phréatiques de la commune de SEBESEB.

Les concentrations de la DCO dans les puits analysés dépassent la valeur acceptable à la norme européenne (Fig.48), ce qui indique que ces eaux ne sont pas potables et peuvent provoquer des effets sur la santé humaine.

En analysant la carte (Fig.49), on observe une homogénéité de la variation spatiale de la DCO par rapport à important pour la DCO. Cela explique le degré de pollution chimique des eaux.

La DCO est une indication aussi de les quantités de substances organiques chimiquement oxydables, présentes dans l'eau (ATTAB, 2011).

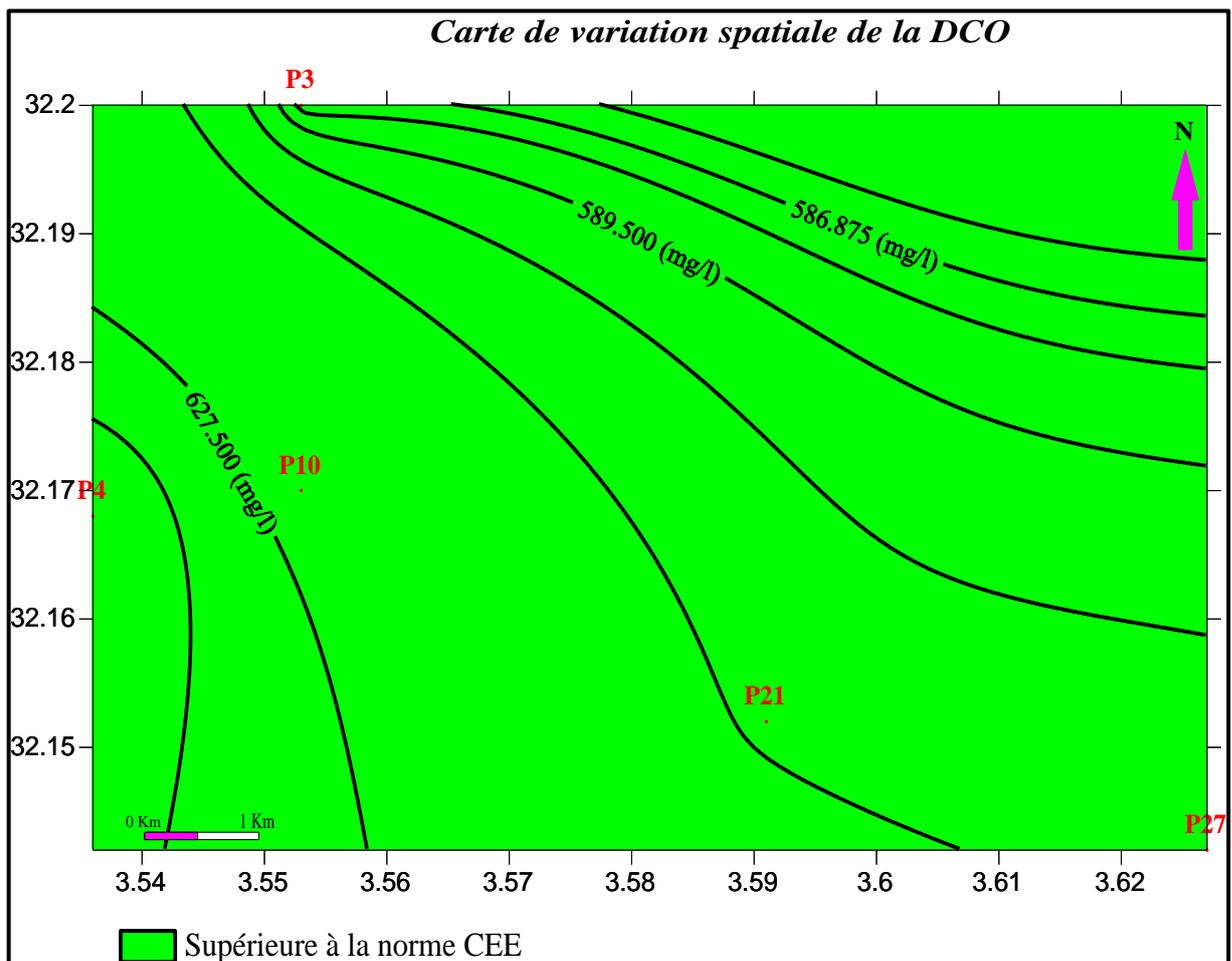


Figure 49 : Carte de variation spatiale de la DCO des eaux phréatiques de la commune de SEBESEB.

4.2. Demande biologique en oxygène (DBO₅)

La concentration de la DBO₅ est varié entre la valeur minimal de 10 mg/l au niveau de puits P4 et la valeur maximal de 15 mg/l au niveau de puits P10 avec une moyenne de 12,50 mg/l.

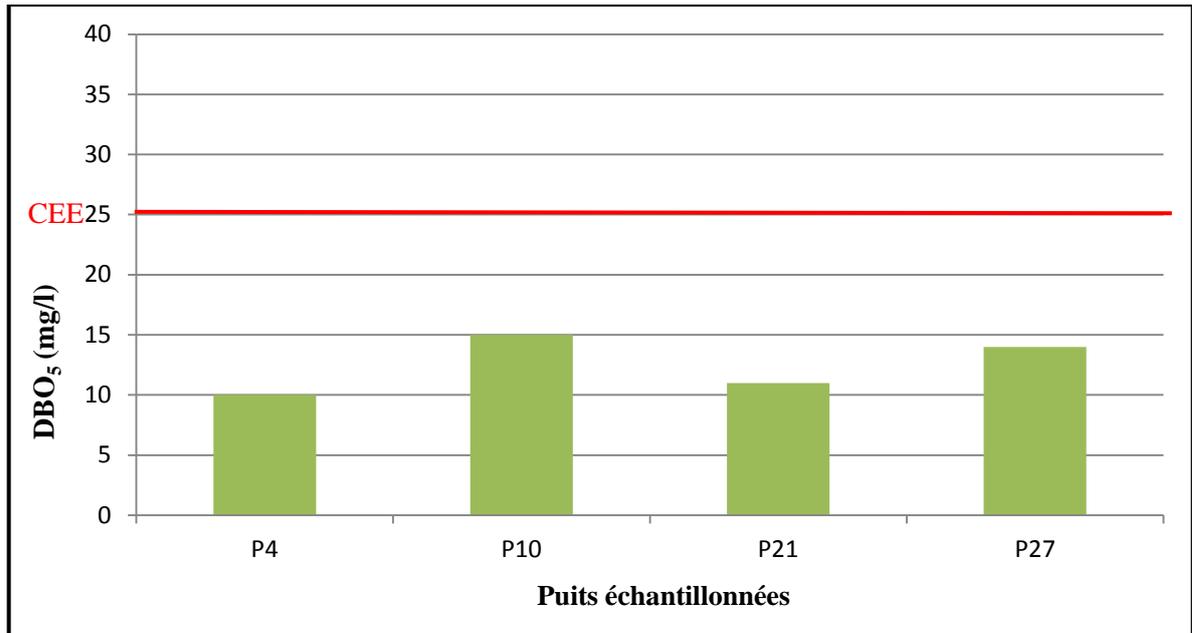


Figure 50 : Variation de la DBO₅ des eaux phréatiques de la commune de SEBESEB.

Au vue de la figure 51, les concentrations de la DBO₅ dans les puits analysés sont acceptables pour la norme européenne, ces eaux possèdent une bonne qualité hygiénique. La DBO₅ renseigne sur la quantité d'oxygène consommé par les micro-organismes sans donner de précision sur leurs natures. L'analyse de la qualité microbiologique des eaux est indispensable pour confirmer ou nier l'hypothèse de leurs potabilités.

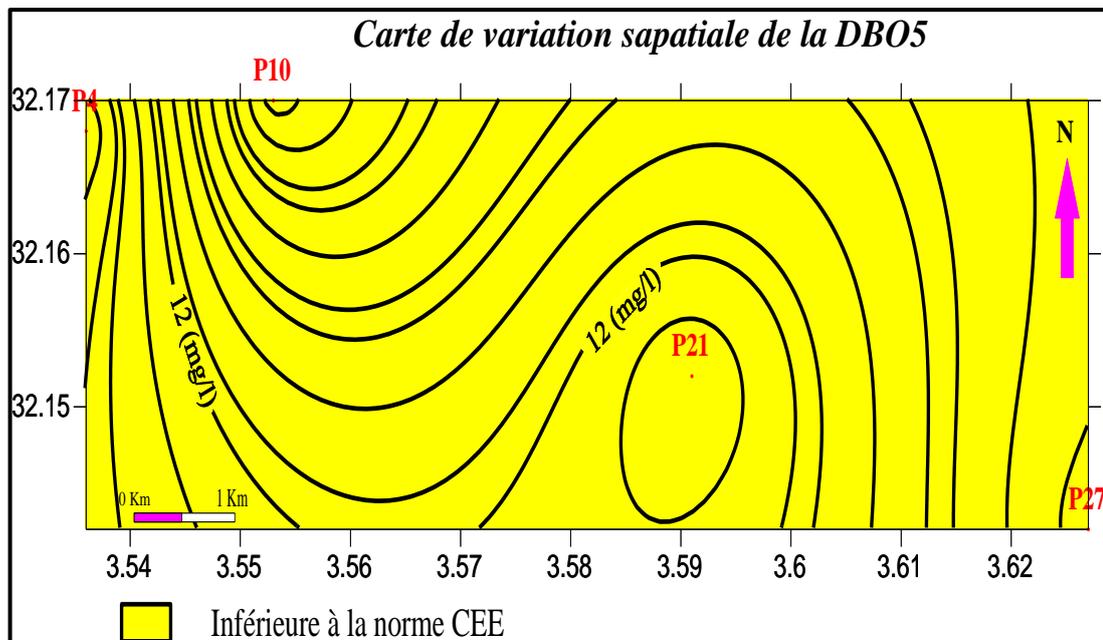


Figure 51 : Carte de variation spatiale de la DBO₅ des eaux phréatiques de la commune de SEBESEB.

La carte de la répartition de la DBO₅ ne montre aucune variation spatiale par rapport aux normes, les concentrations de quatre puits analysés ont des faibles valeurs en DBO₅ (Fig.51).

5. Paramètres microbiologiques

5.1. Germes totaux à 22°C

Les germes totaux à 22°C sont des bactéries d'origine résiduaire (environnementale) (HAMDI, 2011). Les valeurs sont entourées entre 0 UFC/ml et 335 UFC/ml avec une moyenne de 146,23 UFC/ml (photos 3 et 4).

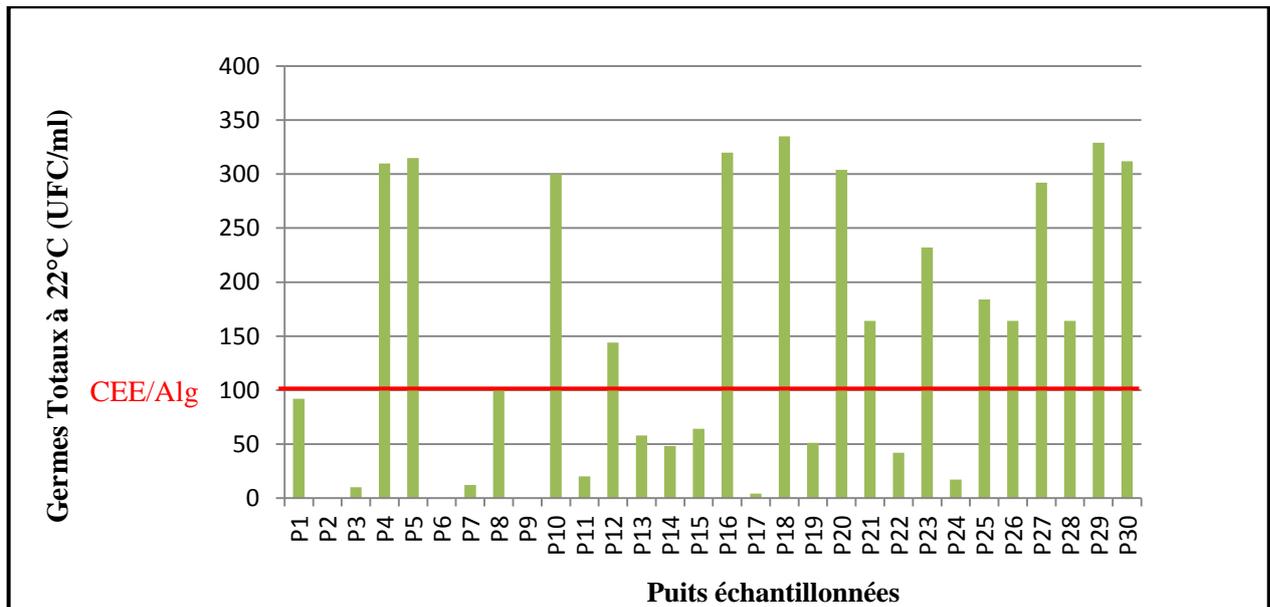


Figure 52 : Variation de la concentration des germes totaux à 22°C des eaux phréatiques de la commune de SEBESEB.

Selon la figure 52, on remarque que la moitié des puits analysés sont conforme à la norme européenne et Algérienne et apte à la consommation. La consommation des eaux des puits dépassant les normes peut provoquer des maladies pouvant conduire à des épidémies telles que le choléra, la fièvre typhoïde, et la dysenterie pouvant entraîner la mort.

D'après la carte (Fig.53), on observe une variation spatiale très importante, nous notons que les eaux des puits valable à la consommation sont situées en amont.

Au contraire, les puits présentant une quantité élevée de germes totaux sont situés sur la partie aval, cela est probablement dû à la contamination des eaux par des bactéries provenant de plusieurs sources de pollution proches de ces puits (accumulation des déchets, rejet d'égout, fosses septiques, étables d'animaux).

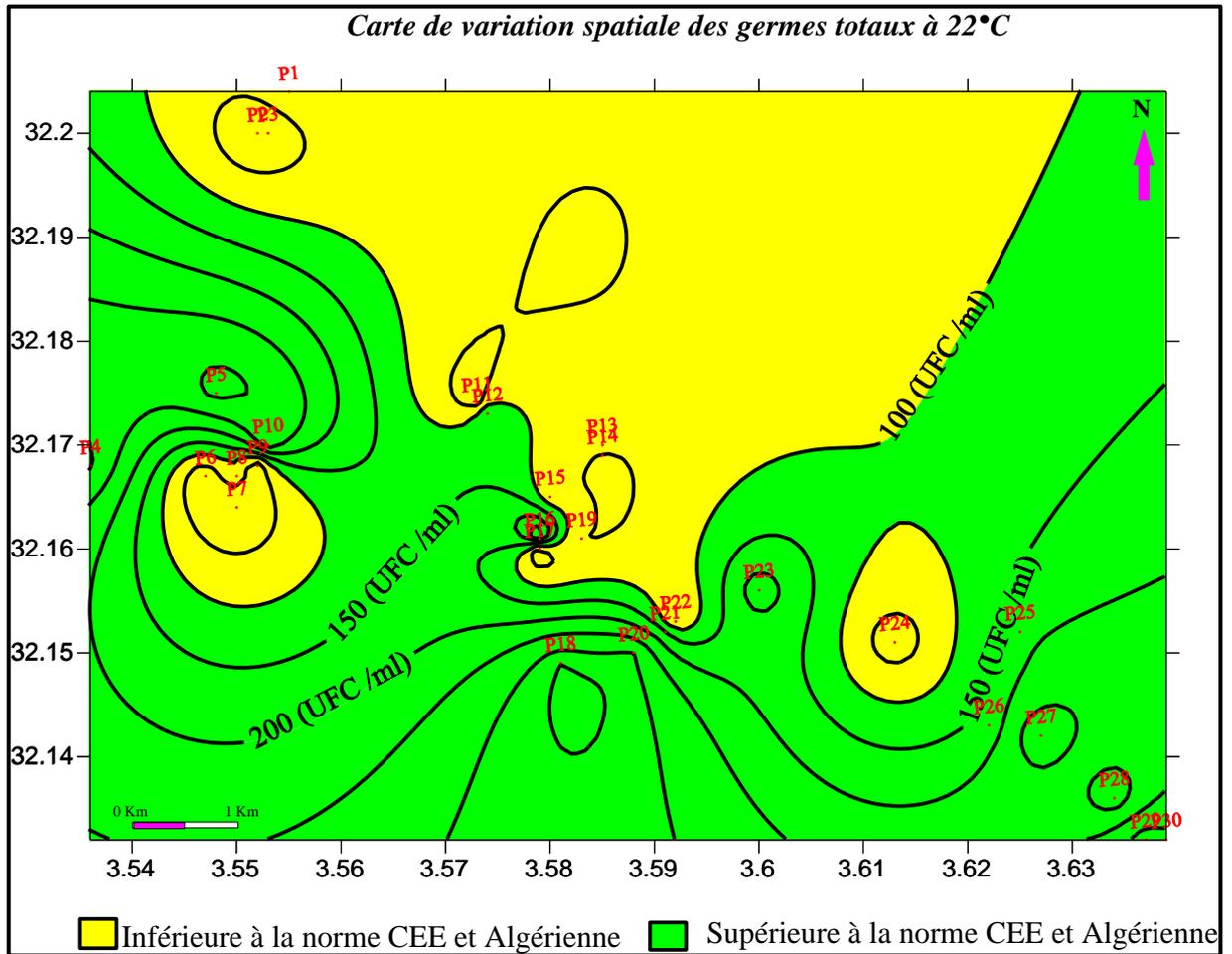


Figure 53 : Carte de variation spatiale des germes totaux à 22°C des eaux phréatiques de la commune de SEBESEB.

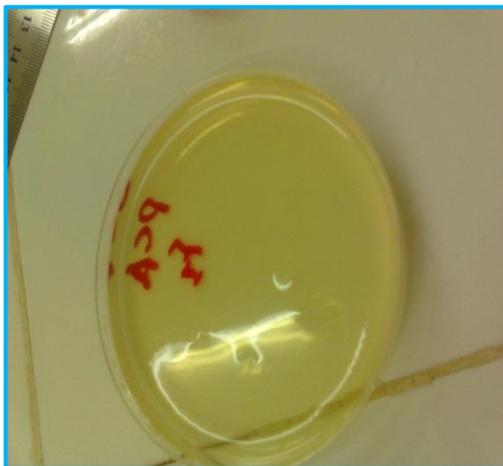


Photo 3 : Absence des germes totaux (original).

Photo 4 : Présence des germes totaux (original).

5.2. Germes totaux à 37°C

D'après la figure 54 et la carte (Fig.55), La concentration de la flore aérobie mésophile totale, à 37 °C, varie entre une valeur minimale de 0 UFC/ml enregistrée au niveau des puits P2,P3,P6 et P7 en amont et une valeur maximale de 355 UFC/ml enregistrée dans le puits P29 en aval, avec une moyenne de 139,07 UFC/ml.

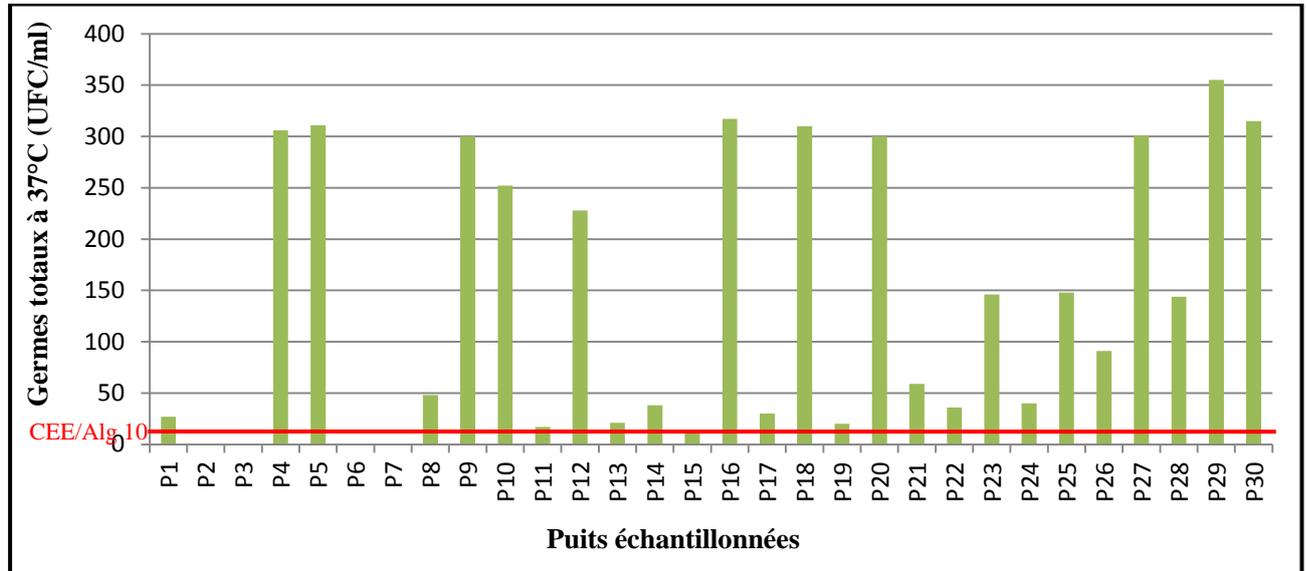


Figure 54 : Variation de la concentration des germes totaux à 37°C des eaux phréatiques de la commune de Sebeseb.

D'après la figure 54, il existe quatre échantillons d'eaux analysées (P2, P3, P6 et P7) inférieure à la norme européenne et Algérienne, pour cela on peut dire ces eaux sont valide à la consommation et possèdent une bonne qualité microbiologique. Tandis que les restes de puits sont supérieurs à la norme, ce qui indique ces eaux sont non potable et peuvent créer des inconvénients majeurs sur la santé humaine vis-à-vis des germes totaux.

Les germes totaux à 37°C sont des bactéries d'origine intestinale (humaine ou animale) (HAMDI, 2011). D'après la carte (Fig.55), on remarque que la variation spatiale est relativement faible par rapport aux normes. La présence des germes à 37°C traduit une manque de qualité hygiénique de l'eau et explique une contamination de l'eau par des produits animaux, en particulier les matières fécales, en plus les puits contaminée sont situés dans une terre agricole, c'est ce qui provoque probablement un accroissement des germes suite à l'utilisation intensive de fumier non traités.

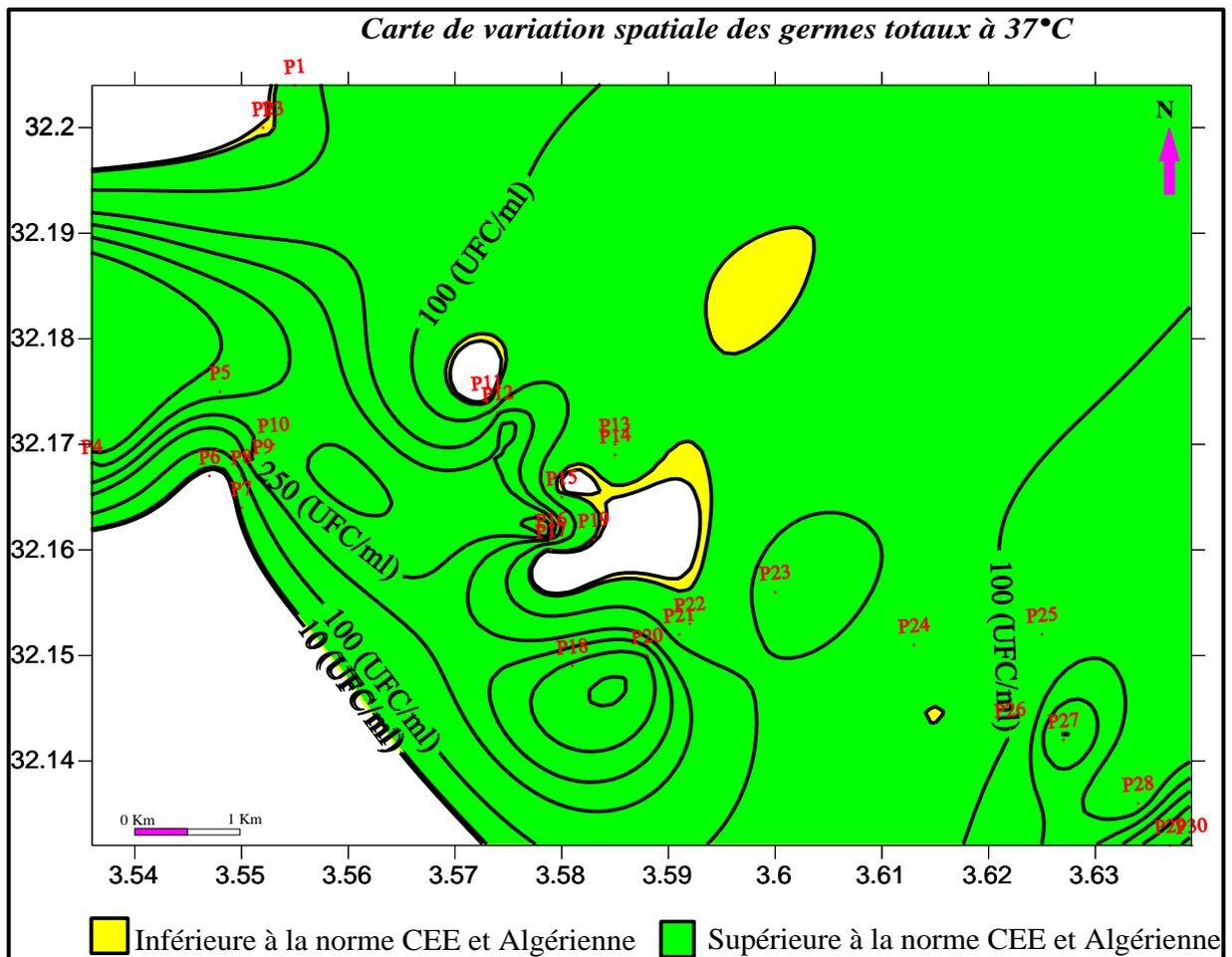


Figure 55 : Carte de variation spatiale des germes totaux à 37°C des eaux phréatiques de la commune de SEBESEB.

5.3. Coliformes totaux

La concentration minimale est obtenue au niveau du puits (P2, P6, P14 et P17) 0 UFC/ml. Tandis que la concentration maximale est obtenue au niveau du puits P4 1130 UFC/ml, avec une moyenne de 639,60 UFC/ml.

Les valeurs de coliformes totaux dans les puits analysés présentent que cinq échantillons (P2, P6, P8, P14 et P17) conforme à la norme européenne (Fig.56), au contraire les autres puits dépassent la norme, ce qui traduit que ces eaux ne sont pas valables à la consommation à cause de la présence de bactéries pathogènes pouvant causer des infections des voies respiratoires et génito-urinaires ainsi qu'une septicémie.

Au vue de la carte (Fig.57), on ne trouve pas une variation spatiale concernant les coliformes totaux. En se référant aux normes européennes et Algérienne, la majorité des eaux analysées durant cette étude ne sont pas valables à la consommation, leur présence en nombre élevé

montre une détérioration de la qualité de l'eau. Cette contamination peut être causée par la présence à proximité des fosses septiques, de l'épandage de fumier ou d'engrais chimiques à proximité des puits, une infiltration d'eau de surface dans le puits, une eau restée stagnante ou bien encore de l'encrassement de la tuyauterie.

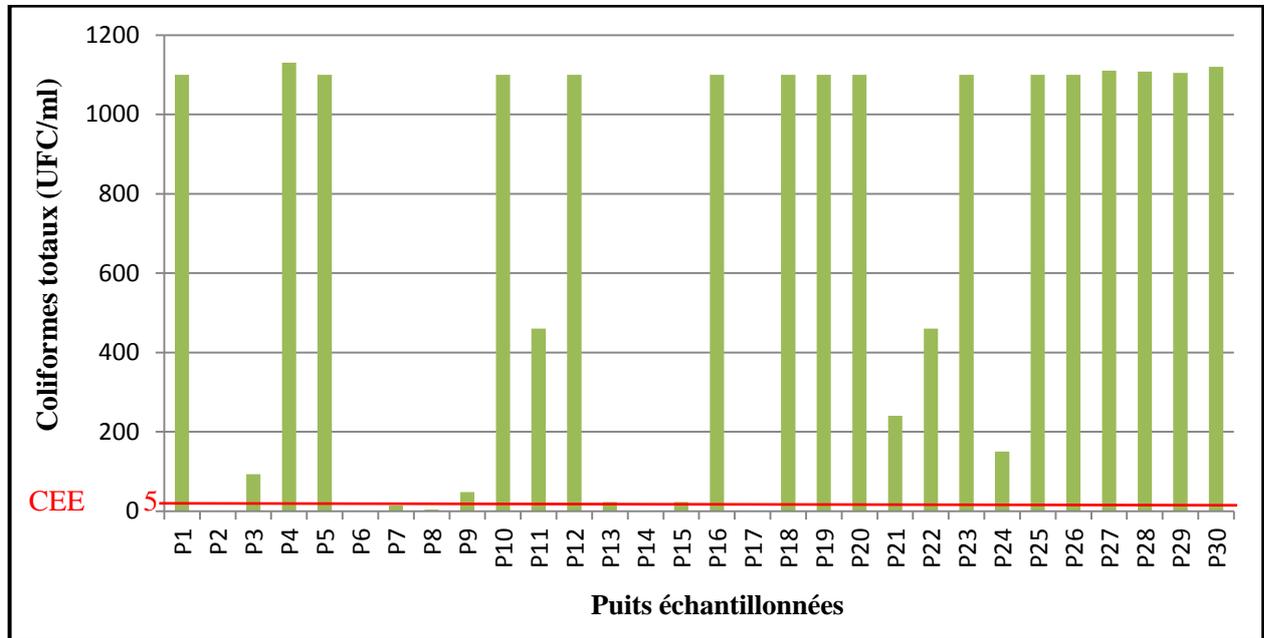


Figure 56 : Variation de la concentration des coliformes totaux des eaux phréatiques de la commune de SEBESEB.

5.4. Coliformes fécaux

Le nombre d'individu du coliforme fécaux varie de 0 UFC/ml représente le minimum à 1100 UFC/ml représente le maximum avec une moyenne de 99,30 UFC/ml.

Selon la figure 58, on remarque que la majorité des puits analysés dépassent la norme européenne et Algérienne, à l'exception de sept puits (P2, P6, P8, P13, P14, P17 et P18) qui sont conforme à la valeur maximale acceptable. On peut dire que ces eaux sont propre à la consommation de point de vue coliforme fécaux ; Tandis que la présence des coliformes fécaux dans les échantillons analysés indique un risque sanitaire d'origine hydrique qui se manifeste le plus souvent par des troubles gastro-intestinaux (nausées, vomissements et diarrhée), habituellement de courte durée.

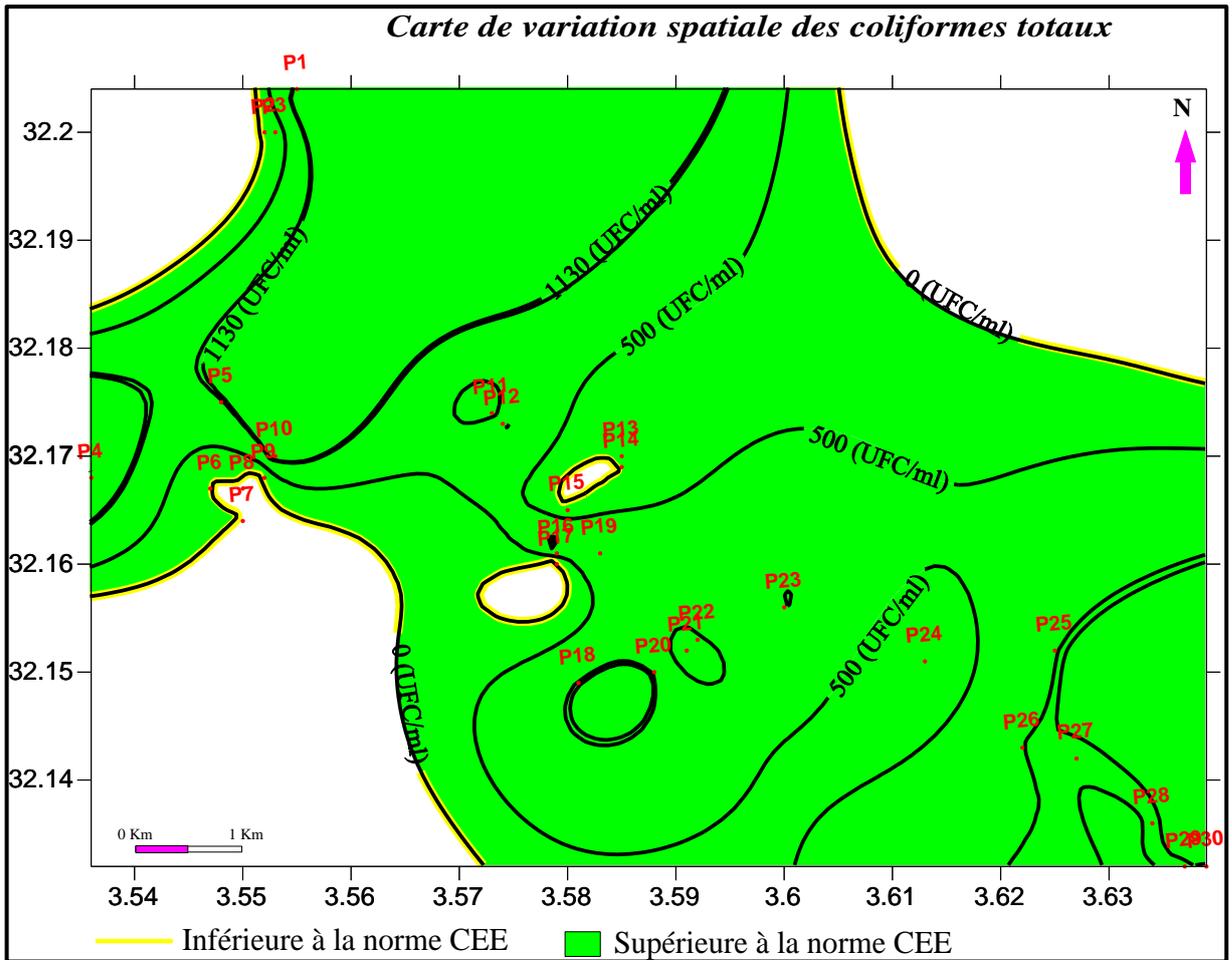


Figure 57 : Carte de variation spatiale des coliformes totaux des eaux phréatiques de la commune de SEBESEB.

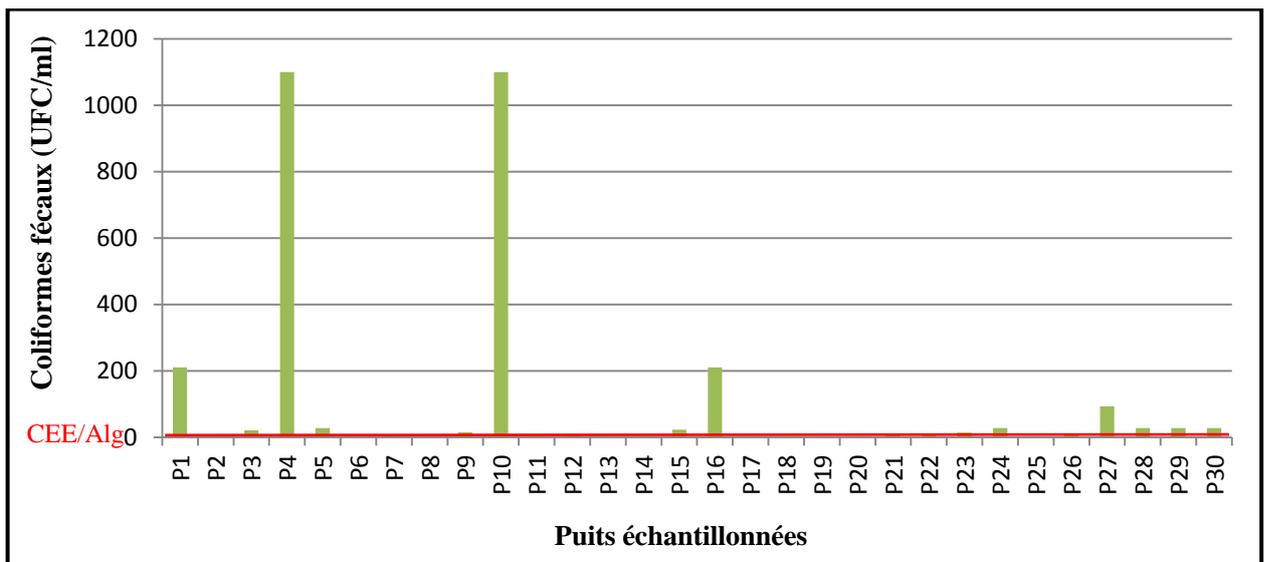


Figure 58 : Variation de la concentration des coliformes fécaux des eaux phréatiques de la commune de SEBESEB.

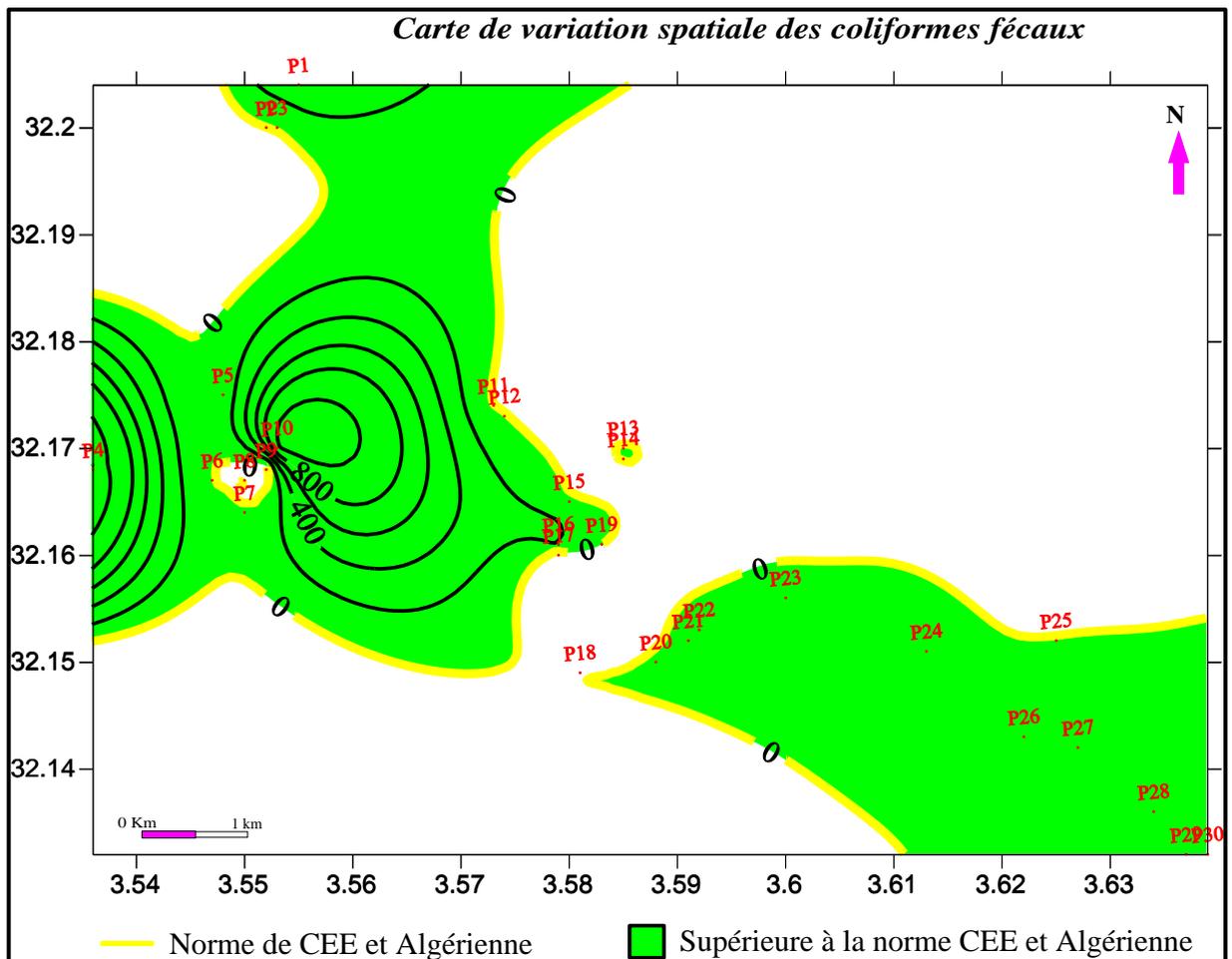


Figure 59 : Carte de variation spatiale des coliformes fécaux des eaux phréatiques de la commune de SEBESEB.

D'après la carte (Fig.59), la variation spatiale sur l'amont de la carte est très importante avec une concentration très élevée, au contraire sur la partie aval de la carte, on observe une faible variation avec une faible concentration.

Les concentrations très élevée peuvent être expliquée par la présence d'une source de pollution microbienne due à l'accumulation des matières fécales (fumiers utilisé dans l'agriculture, fosse septique et Excréments d'animaux qui tombent dans le cas des puits ouverts).

5.5. *Escherichia coli*

Les concentrations d'*Escherichia coli* dans les eaux analysées sont étendues entre la valeur minimale de 0 UFC/ml et la valeur maximale de 93 UFC/ml enregistrée au niveau de puits P27, avec une moyenne de 7,67 UFC/ml (Photo 5).

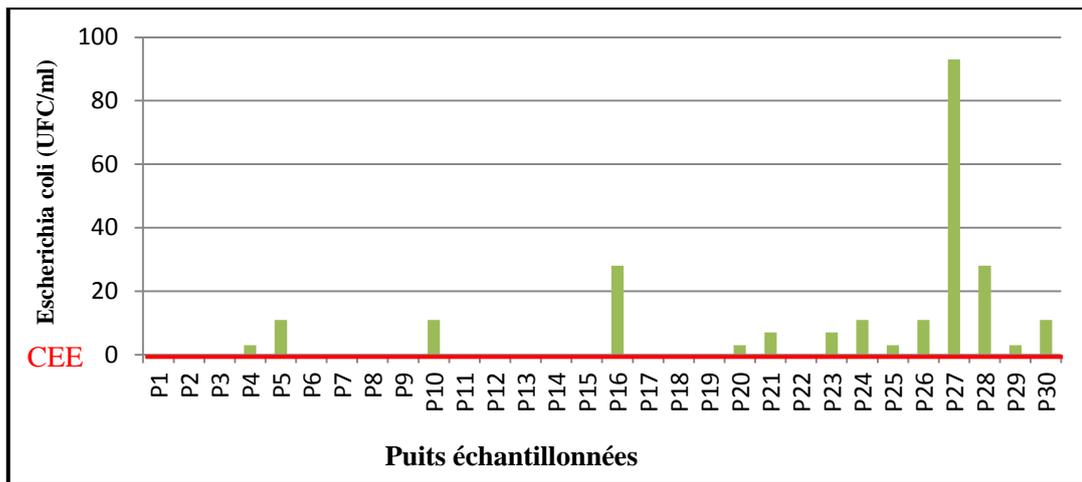


Figure 60 : Variation de la concentration d'*Escherichia coli* des eaux phréatiques de la commune de SEBESEB.

D'après la figure 61, on observe l'absence d'*Escherichia coli* dans la moitié des échantillons analysés ce qui indique qu'ils sont acceptables à la norme européenne. Dans le reste des puits, nous avons noté la présence d'*E. Coli*, ce qui indique que ces eaux sont imbuables et peuvent provoquer des affections génito-urinaires (métrite et cystite) et dans des syndromes digestifs (lithiases et appendices) et circulation pulmonaires.

D'après la carte (Fig.61), nous avons enregistré une variation spatiale par rapport aux normes européennes d'*Escherichia coli*, avec une concentration faible à l'amont et une concentration élevée en aval, ce qui est probablement due à la présence du centre d'accumulation des rejets en aval. La présence d'*Escherichia coli* indique une contamination récente par des matières fécales humaines ou animales, provenant des eaux de ruissellement, de fosses septiques et des rejets d'eau usées non traités. Des bactéries et d'autres micro-organismes dangereux peuvent pénétrer dans les nappes phréatiques dans des puits mal construits ou mal entretenus ce qui peut accroître les risques de contamination.

La présence d'*E.Coli* dans l'eau des puits échantillonnés témoigne d'une contamination fécale récente (AVRIL et al., 1992).

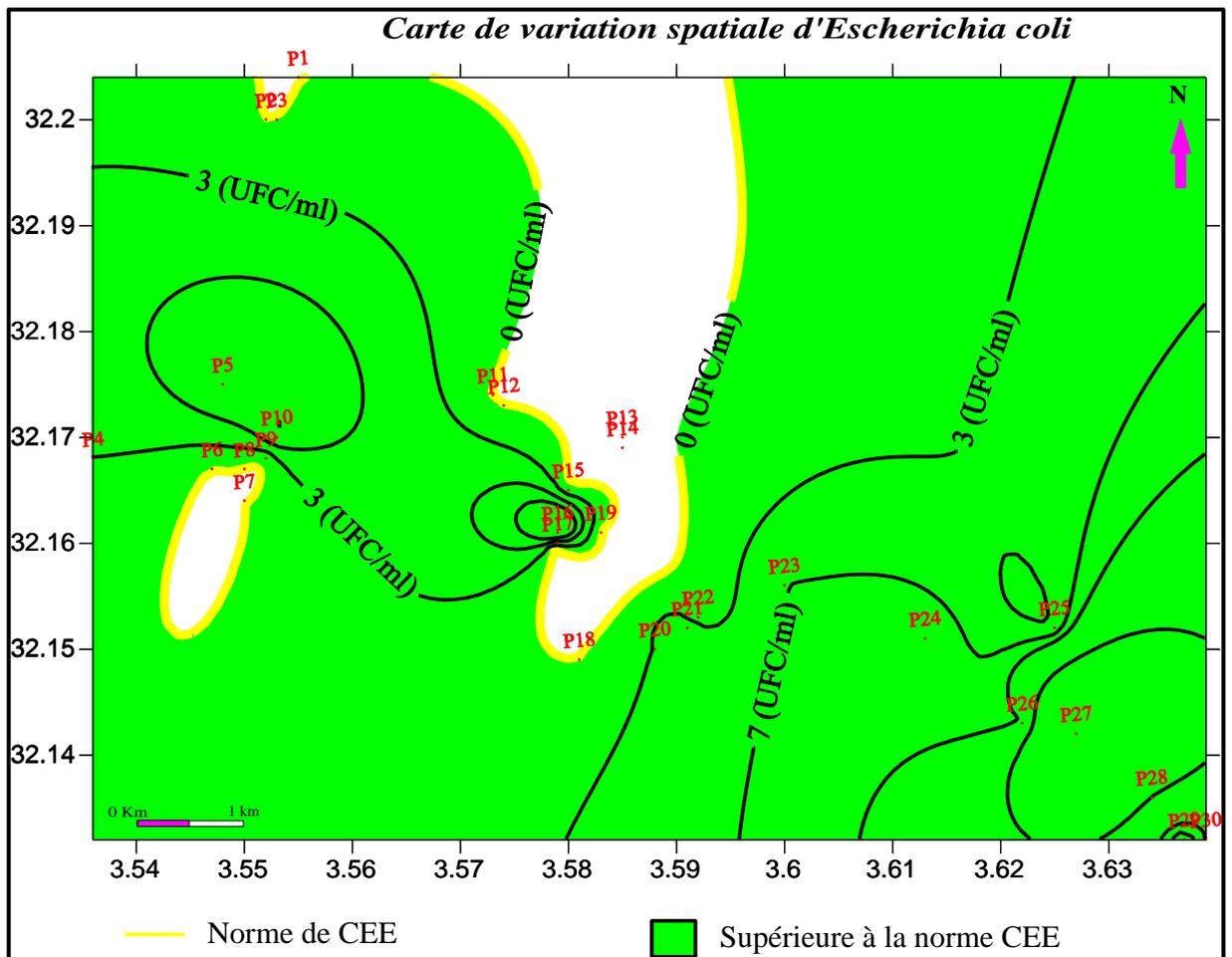


Figure 61 : Carte de variation spatiale d'*Escherichia coli* des eaux phréatiques de la commune de SEBESEB.



Photo 5 : Présence d'*Escherichia coli* dans l'eau (Original).

5.6. Streptocoque D

La concentration minimal de Streptocoque D est de 0 UFC/ml enregistrée dans les puits (P2, P6, P8, P9, P11, P14, P17, P19), une forte contamination dans la majorité des puits analysés qui présent une valeur maximal de 1127 UFC/ml est enregistrée au niveau de puits P30 avec une moyenne de 406,83 UFC/ml (photo 6).

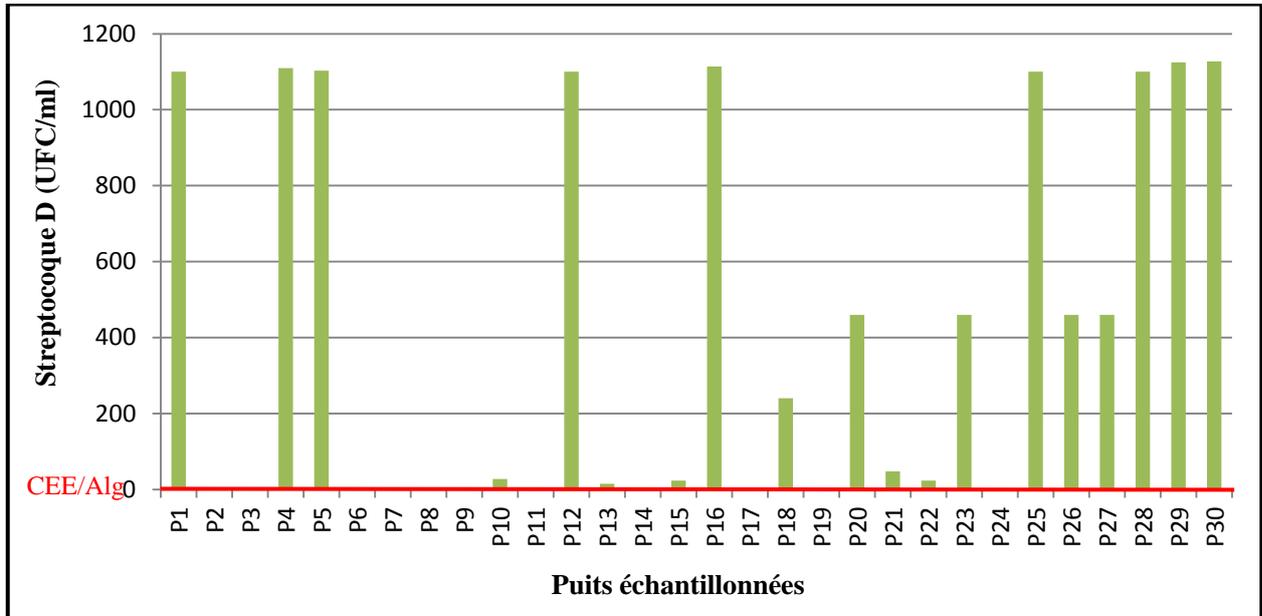


Figure 62 : Variation de la concentration des streptocoques D des eaux phréatiques de la commune de SEBESEB.

D'après la figure 62, on trouve huit puits analysés conformes aux normes européennes et Algérienne, ce qui indique que ces eaux sont valide pour l'alimentation en eau potable vis-à-vis les streptocoques D. Par contre, les autres puits dépassent la norme admissible ce qui les rend impropre à la consommation et peuvent créer des maladies dangereuses comme le cancer colique.

La représentation de cet indicateur dans la carte (Fig.63), révèle une variation spatiale légèrement faible avec des concentrations oscillatoire depuis l'amont jusqu'à l'aval; Ces résultats traduisent une contamination fécale, ce qui a été vérifier par l'analysé des coliformes totaux cités auparavant.

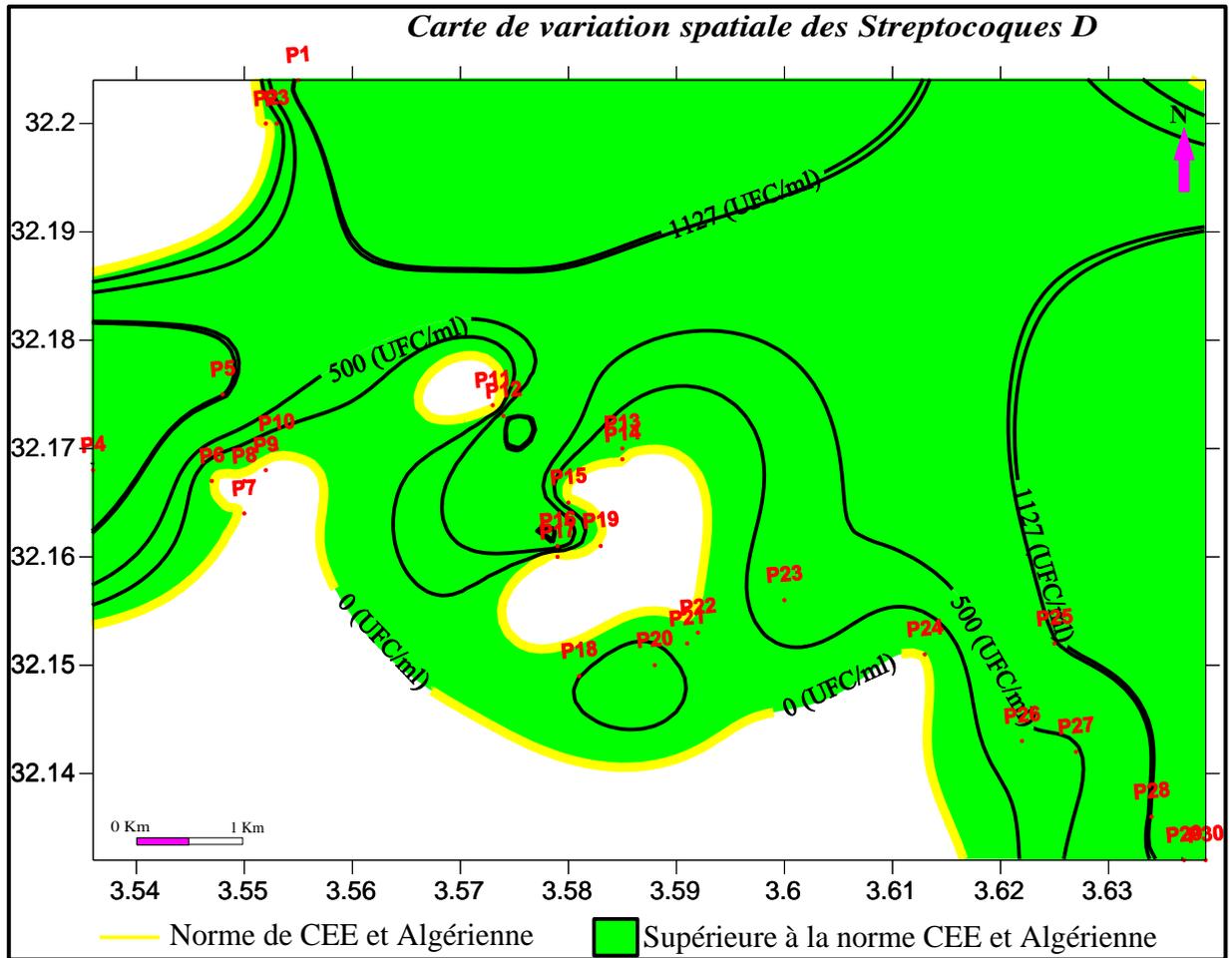


Figure 63 : Carte de variation spatiale des streptocoques D des eaux phréatiques de la commune de SEBESEB.

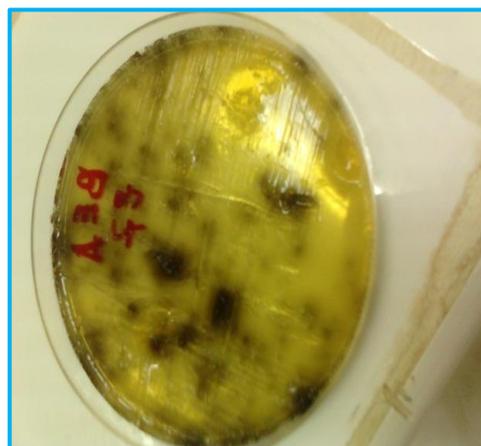


Photo 6 : Présence des streptocoques D dans l'eau (Original).

5.7. Clostridium sulfito-réducteur

D'après les résultats d'analyses obtenus, on constate l'absence de Clostridium sulfito-réducteur dans tous les puits, ce qui indique la validité à la norme européenne et Algérienne et traduit une bonne potabilité et une qualité hygiénique souhaitable de point de vue de Clostridium sulfito-réducteur.

L'absence de Clostridium sulfito-réducteur traduit la présence d'*E. Coli* en grande quantité, ou bien signifiée une efficacité de la filtration naturelle. La présence des spores d'*anaérobies sulfito-réducteurs* dans une eau naturelle fait penser à une contamination fécale et, en l'absence de bactéries Coliformes, à une contamination déjà ancienne (OMS, 1994).

L'absence du Clostridium dans les eaux des puits échantillonnés prouve que la pollution n'est pas ancienne, sachant que ces bactéries sont considérées comme témoins de la pollution fécale et leurs présence met en évidence une contamination ancienne (AVRIL et al., 1992 ; HILI, 2000)

6. Discussion générale

Les eaux provenant de la nappe phréatique dans la commune de SEBSEB ne sont pas potables de point de vue qualité physico-chimique et microbiologique selon les normes Algériennes et européennes. Ces eaux possèdent un manque de qualité hygiénique et ont un impact néfaste et dangereux sur la santé humaine.

Nous avons enregistré une variation spatiale importante des paramètres hydrobiologiques entre les puits analysés, avec un gradient de concentration des eaux en éléments polluants de l'amont vers l'aval de l'oued, cela est probablement dû au drainage naturel, la présence des fosses septiques avoisinantes des puits, l'accumulation des déchets en aval et l'activité agricole. Par ailleurs la forte contamination bactériologique des puits pourrait être due à la mauvaise protection des puits (puits à ciel ouvert). Les puits de notre zone d'étude connaissent de fortes pollutions en indicateurs de contamination fécale, en accord avec la présence de bactérie pathogène comme l'*Escherichia coli*.

La combinaison entre la présence de l'*Escherichia coli* et l'absence de Clostridium montre l'origine récente de la pollution biologique dans les puits de SEBSEB.

Les eaux superficielles chargées en microorganismes s'infiltrant dans le sol sablonneux, parviennent à la nappe sans avoir bénéficié d'une filtration efficace, et occasionnent une multitude de pollutions ponctuelles. BOUTIN (1987), a mentionné également que l'eau d'une nappe phréatique est d'autant plus vulnérable que le sommet de la nappe est proche de la surface du sol,

que les terrains qui surmontent l'aquifère sont perméables et que les sources superficielles de pollution sont importantes. En outre Les nappes superficielles, accessibles par les puits, apparaissent fortement contaminées par des matières organiques d'origine humaines et animales. La qualité bactériologique des eaux des puits met en évidence la contamination de la nappe phréatique par des pollutions avoisinantes (terres agricoles, élevage des bétails, existence des fosses septiques).

CONCLUSION

Conclusion

L'étude de la caractérisation microbiologique des eaux de la nappe phréatique de la commune de SEBSEB a été réalisée en analysant trente échantillons (30) de l'amont de la vallée jusqu'à l'aval, avec une comparaison des résultats trouvés aux normes européennes et Algériennes de potabilité des eaux.

Les résultats d'analyse montrent des concentrations élevées en nitrates et DCO dans la majorité des puits. La concentration en nitrate atteint 186,50 mg/l dans le puits P28, alors qu'elle dépasse la norme européenne maximale admissible de 50 mg/l. Cette contamination est le résultat de la combinaison de plusieurs origines possibles à savoir, la minéralisation des déchets organiques rejetés sur le sol ou enfouis, les engrais chimiques utilisés en agriculture, les fosses septiques ou bien par un défaut de traitement (absence).

La pollution nitratée constatée est un des signes de la détérioration du milieu. Cela démontre la vulnérabilité de la nappe qui est contenue dans des sables perméables sur lesquels sont déversés les déchets.

Les valeurs de la conductivité électrique sont fortement influencées par les ions NO_3 qui indique la salinisation dans la majorité des eaux de puits. De même les valeurs de pH semblent influencées par l'ammonium NH_4 .

Les analyses microbiologiques montrent également la présence des germes totaux à 22°C et à 37°C, les coliformes totaux, streptocoque D, coliformes fécaux (*Escherichia coli*) sur 14 puits d'eaux analysées. La présence de ces micro-organismes dans les eaux de puits montre qu'ils sont exposés à une pollution microbiologique fécale d'origine humaine et que cette pollution est récente. Cette pollution détériore gravement la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux. Elle constitue un risque sanitaire pour une grande partie de la population de SEBSEB.

Nous avons enregistré une variation spatiale importante des paramètres hydro-biologiques entre les puits analysés, avec un gradient de concentration des eaux en éléments polluants de l'amont vers l'aval de l'oued, cela est probablement dû au drainage naturel, la présence des fosses septiques avoisinantes des puits, l'accumulation des déchets en aval et l'activité agricole. Par ailleurs la forte contamination bactériologique des puits pourrait être associée aussi à la mauvaise protection des puits (puits à ciel ouvert).

Sur la base des résultats de cette étude, il s'avère que la qualité des eaux phréatiques de la région de SEBSEB est biologiquement détériorée et impropre à la consommation. Ces eaux constituent un risque majeur sur la santé humaine.

Les recommandations ci-dessous sont fondées sur trois axes (recherche, contrôle et protection, santé publique) et visent à éclairer certains problèmes qui ont été observés, d'après les sorties réalisées sur terrain et les résultats qui ont été obtenus, et à proposer des solutions.

Il serait capital pour la protection de l'écosystème de la vallée de SEBSEB :

- De confronter les résultats obtenus avec une étude localisée pédologique, géologique, hydrologique, hydrogéologique et géomorphologique ;
- D'installer des réseaux d'assainissements afin de conduire les rejets humains loin des zones vulnérables;
- De déterminer les périmètres de protection des points d'eaux exploitées pour les eaux de consommation ;
- D'éviter la préparation des puits à proximité des sources de pollution (terres agricoles, fosse septique zones urbaines, décharge public.....etc).

Le contrôle continu de la qualité des eaux est d'une grande importance ; c'est la principale étape de prévention contre les maladies à transmission hydrique surtout au niveau des pays chauds comme c'est le cas de l'Algérie en général et ses régions sud en particulier.

Afin de réduire l'impact de la pollution biologique sur la population de SEBSEB, il faut prendre les mesures suivantes :

- Sensibilisation de la population autochtone sur les dangers associés à la pollution biologique des eaux ;
- Désinfecter l'eau avant la consommation (utilisation du chlore).

Notre travail réalisé sur la caractérisation microbiologique des eaux phréatique de la région de SEBSEB permet de sonner l'alarme sur l'état de la pollution de ces eaux et les risques majeurs sur la santé humaine accompagnés par cette détérioration.

Ce travail demeure insuffisant et nécessite d'être poursuivi en tant compte des éléments suivants :

- Extension de l'échantillonnage pour parcourir tous les puits ;
- Etude microbiologique détaillé en identifiant les micro-organismes pouvant avoir des impacts sur la santé ;
- Etude épidémiologique sur les maladies à transmission hydrique dans la commune de SEBSEB.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Référence bibliographique

1. **A.N.R.H, 2005.** Note relative aux ressources en eaux souterraines de la Wilaya de Ghardaïa, Rapport de l'Agence national ressource Hydrique. Ouargla, 19p.
2. **A.N.R.H, 2010.** Note de synthèse sur les premières mesures piézométriques en utilisant les nouveaux piézomètres captant la nappe du Continental Intercalaire dans la wilaya de Ghardaïa, Rapport de l'Agence national ressource Hydrique. Ouargla, 10p.
3. **A.N.R.H., 2007.** Notes relatives aux ressources en eau souterraines de la wilaya d'Ouargla, Rapport de l'Agence national ressource Hydrique. Ouargla, 12p.
4. **A.N.R.H., 2009.** Rapport de fin du sondage, Rapport de SHAOLIN, Ghardaïa, 63p.
5. **ABDOUSE L ET BOUCHIBA D, 1982.** Contribution à l'étude hydrogéologique de la chebka du M'Zab. Mémoire d'ingénieur, Alger, U.S.T.H.B., 67p.
6. **AMIEUR HADDA et ZAHOUANI AHLAM, 2012.** Etude de la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux souterraines de certains forages de la région de Ghardaïa. Mémoire d'ingénieure. Université Amar TELIDJI Laghouat, 1p.
7. **ARAMINI J, MC LEAN M, HOPES J, COPES R, ALLEN B and SEARS. W. (2000) -** Drinking water quality and health care utilization for gastrointestinal illness in Greater Vancouver ».
8. **AROUA A, 1977.** L'homme et son milieu, Ed 531 /77 ,75pp.
9. **ATTAB S, 2011.** Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration haoud berkaoui par l'utilisation d'un filtre à sable local. Thèse Magister, Universite kasdi merbah-ouargla, 69p.
10. **AVRIL J, DABERNAT H, DENIS F, MONTEIL H, 1992.** Bactériologie clinique. Ed 2, 149- 205pp.
11. **BENZAYET B, 2010.** Evaluation hydrochimique des eaux souterraines de la vallée du M'Zab: Cas de Oued Labiod Mém. Ing, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Alger, 78p.
12. **BERNARD, 1999.** Que sais-je la pollution des eaux .Ed.46671, France, 7p.

13. **BONNARD et GARDAL (BG), 2002.** Etude d'assainissement et de protection contre les crues de la vallée de l'Oued M'Zab, Bonard et Gardal Ingénieur- conseil S A 2002.
14. **BOUCHENGA S et LAHRACHE A, 2006.** Etude de la qualité microbiologique des eaux de puits zone urbaine et agricole (Ghardaïa). Mémoire d'ingénieur, Laghouat, Université Amar Telidji, Laghouat, 70p.
15. **BOUDJEMA A, 1987.** Evolution structurale du bassin pétrolier triasique du Sahara Nord oriental (Algérie). Thèse Universitaire Paris XI Orsay, 290p.
16. **BOURGEOIS C.M et COLL, 1996.** Microbiologie alimentaire. Tome 1, Ed. Lavoisier et Doc, 37-62 pp.
17. **BOURGEOIS C.M et LEVEAU J.Y., 1991.** Technique d'analyse de contrôle microbiologique dans les industries agroalimentaire Volume 3. Ed. Lavoisier et Doc. 247-309pp.
18. **BOUTIN C, (1987).** Impact de l'épandage des eaux usées de la ville de Marrakech sur la nappe phréatique. Bull. Fac. Sc. Marrakech, Sér. Biol.2 : 5-27pp.
19. **BOUZIANE N et GUESSIER B, 2010.** Les normes internationales des eaux, Exposé, Université Kasdi Merbah-Ouargla, 9-12pp.
20. **BOUZIANI M, 2000.** L'eau, de la pénurie maladies .Ed. IBN-KHOLDON, ORON ,156-158pp.
21. **BRL ingénie, 1998.** Etude de plan directeur général de développement des régions sahariennes- connaissance d'Ensemble. Rapport, ANRH, Alger, Algérie.
22. **CAQAE, 2013.** Laboratoire de Contrôle Algérienne de Qualité Alimentaire et Emballage. Indices NPP pour 100 ml d'échantillon et limites de confiance à 95% (pour diverses combinaisons de résultats positifs avec trois prises d'essai de 10 ml, trois de 1 ml et trois de 0,1 ml), 1p.
23. **CARBONNELLE B., DENIS F., MARMONIER A., PINON G., VARGUES R, 1987.** Bactériologie Médicale : Techniques usuelles. *SIMEP SA*, Paris : 121-137 ; 146-155pp.
24. **CAROLINE B, FRANÇOIE G, Guy L et EVELUNE V, 2002.** Microbiologie et Qualité dans les industries agroalimentaires. Bourdais-paris : Doin ; Bordeaux : CRDP d'Aquitain, 248p.

25. **CLAUDE A, BALLE F, BENOIT M, BONIFICAL A, BOURNEUF J, CASALIS D, CHABRIER E, DALBANNE J ET DEMAY F, 1980.** La petite Larousse ed laibraie.
26. **D.P.A.T., 2010.** Annuaire statistique de la wilaya de Ghardaïa, direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire, 15^{ème} édition, volume I, 84p.
27. **DADDI BOUHOUN M, 1997.** Contribution à l'étude de l'évolution de la salinité des sols et des eaux d'une région saharienne : cas du M'Zab. Thèse Magister, El-Harrach, I.N.A, 180p.
28. **DAJOZ R, 1982.** Précis d'écologie. Paris, Bordas, 503p.
29. **DAOUADI et OULAD SIDI OMAR, 2011.** Qualité des eaux d'irrigation dans la wilaya de Ghardaïa, Mém licence, université de Ghardaïa, 35p.
30. **DEGREMOT, 1989.** Mémento technique d'eau. Ed. DEREMOT, PARIS. 233-339-358pp.
31. **DIB I, 2009.** L'impact de l'activité agricole et urbaine sur la qualité des eaux souterraines de la plaine de Gadaine- Ain Yaghout (Est Algérien). Mémoire de magister en hydraulique, construction hydro-technique et environnement, faculté des sciences de l'ingénieur, département d'hydraulique, Université Hadj Lakhdar Batna, 127 p.
32. **DJEKAOUA, 2006.** Monographie de la commune de sebseb. 37p.
33. **DRAME B, 2001.** Micro méthode d'identification et d'étude de la sensibilité des entérobactéries : Intérêts thérapeutiques. *Thèse Pharm.*, Dakar ; n° 86.
34. **DUBIEF J, 1963.** Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara. Alger, Service des études scientifiques, 457p.
35. **ELMUND Gk. ALLEN Mg. RICH Ew, 1999.** Comparison of Escherichia coli, total coli form and fecal coli form population zs indicator of wastewater treatment, p71.
36. **ENCARTA, 2009.** Encyclopédie Microsoft Encarta, DVD.
37. **FAURIE C., FERRA C. ET MEDORI P, 1984.** Ecologie. Ed. Baillièrre J. B., Paris, 168 p.
38. **FRENY, RENAUD J.F, WHENSFU et COLL., 1994.** Manuel de bactériologie Clinique. Vol 1 et 2.

39. **GOMELA C ET GUERREE H, 1974.** La distribution dans les agglomérations urbaines et rurales .Ed. eyrolles, PARIS.
40. **GUERBOUZ F, 2006.** Contribution à l'étude cinétique de la qualité de l'eau potable au niveau de la ville de Metlili (Ghardaia). Mémoire ingénieur, Université kasdi merbah-Ouargla, 22-27 pp.
41. **GUERRADI H et FARADJI O, 2007.** éochimie et sédimentologie des alluvions de la daya d'El'Amied (Guerrara). Mémoire d'ingénieur, Ouargla, Université Kasdi Merbah, Ouargla, 66pp.
42. **HAMDI W, 2012.** Qualité hygiénique et caractéristiques physicochimiques des eaux domestiques de quelques localités de la cuvette d'Ouargla. Thèse Magister, Université kasdi merbah-ouargla, 62-63 p.
43. **HASLAY C et LECLERC H, 1993.** Microbiologie des eaux d'alimentation. Edit. Tec et Doc Lavoisier, 98-101pp.
44. **HILI N, 2000.** Influence de la nature des eaux d'irrigation sur la qualité bactériologique du poivron. Mémoire d'ingénieur, Université des sciences de la technologie Houari Boumediene, Institut Pasteur d'Algérie, 12-36 pp.
45. **HOUICHITI, 2009.**Caractérisation d'un agro système saharien dans une perspective de développement durable : Cas d'oasis de SEBSEB (Wilaya de GHARDAIA) mémoire de magister, OUARGLA, 18p.
46. **ISO, 1984.** Qualité de l'eau. NA 1653, ISO 6058. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 4p.
47. **ISO, 1986.** Qualité de l'eau. NA 1848, ISO 6332. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 3p.
48. **ISO, 1989.** Qualité de l'eau. NA752, ISO 5813. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 5p.
49. **JOSEPH et PIERRE G, 2004.** Pratique des normes en microbiologie alimentaire, 120p.
50. **Journal officiel de la république Algérienne.** N° 35,27 mai 1998, 17-24pp.
51. **KEMASSI A et OUANOUGHY S, 1997.** Chloration organique et effet de la minéralisation. Mémoire. d'ing uni .Mohammed Khaider Biskra, 13-14-26.43pp.

- 52. KETTAB A, 2000.** Les ressources en eau en Algérie: stratégies, enjeux et vision. Ed, 2000, 25-33pp.
- 53. KHADRAOUI A ET TALEB S, 2008.** Qualité des eaux dans le sud algérien .Ed ,2008 khayam. Constantine, 367p.
- 54. KOULE N ET BASSOU E, 2003.** Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de l'agglomération d'Ouargla. Mémoire. d'ing uni .Ouargla, 8-10-11pp.
- 55. LANOIX J-N, Roy M-L, 1976.** Manuel du technicien sanitaire, Edit OMS, 17-31, 48-51 pp.
- 56. MELLAK D, 2009.** Etude de la vulnérabilité de l'aquifère de la vallée du M'Zab. Mémoire d'ingénieur, El Harrach, E.N.S.P, 89p.
- 57. MIDJEK Fella, 2011.** Eau potable : 94% de la population raccordés, article publié dans Horizons, journal Djazaïress.
- 58. MONTIEL A., 1999.** Contrôle de la pollution de l'eau. Ed. Techniques de l'ingénieur, 12 p.
- 59. MOUFFOK F, MAKHLOUF B et LEBRES E, 1992.** Guide technique pour l'analyse bactériologique des eaux. Laboratoire bactériologique alimentaire et des eaux. Institut Pasteur d'Algérie.
- 60. MOULIAS, 1927.** L'organisation hydrolique des oasis saharienne. Edition Jules carbonel, Ancienne maison Bastide-Jourdan.305p.
- 61. MUTIN G, 1977.** La Mitidja, décolonisation et espace géographique. Ed. Office Publ. Univ., Alger, 606p.
- 62. O.R.G.M., 1999.** Livr et des substances utiles non métallique de l'Algérie; wilaya de Ghardaïa, Rapport de l'Offi. Rég. Géol. Min., Boumerdès, 34p.
- 63. OMS, 2004.** Directives de qualité pour l'eau de boisson. 3ème édition, Vol. 1. Directives. Ed. Organisation mondiale de la sante, Genève, 110p.
- 64. OMS. (1994).**Directives de qualité de l'eau de boisson, 2ème édition, Vol. 1 : Recommandations, OMS, Genève, 8-30pp.

- 65. ONM Ghardaïa, 2013.** Office nationale météorologie, Les données climatiques de la région de Ghardaïa (1996-2012), 1p.
- 66. PIERRE et MARIE C, 2003.**Bactériologie.Faculté de médecine, Université Paris, 55-85 pp.
- 67. PILET C-H, BOURBON J-L, TOMA B, CHAL N, BOLBASTRE C, 1979.** Bactériologie médicale et vétérinaire « systématique bactérienne », Ed 2, Edit Doin, 50-165 pp.
- 68. RAMADE F, 2002.** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Ed DUNOD. France.
- 69. Rapport des Nations Unis sur le Développement Mondial de l'Eau "Water for people Water for life", 2013.** p.102 et suite.
- 70. REGNIER, 1939.** Les chaamba sou le régime français, leur transformation. Thèse de Doctorat en droit, Université de Paris, faculté de Droit. Ed. Domat Montchrestieu. 184p.
- 71. REJSEK F, 2002.** Analyse des eaux. Centre régional de documentation pédagogique d'aquitaine.
- 72. REMINI B, 2005.** Problématique de l'eau dans l'Algérie, Ed 2000.12-15pp.
- 73. RODIER J., BAZIN C., BROUTIN J. P., CHAMBON P., CHAMPSAUR H., RODI L., 2005.** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384 p.
- 74. RODIER J., LEGUBE B, MERLET N et coll, 2009.** L'analyse de l'eau. Ed 9. Dunod, Paris, 1187-1190 p.
- 75. Santé Canada. (1995).** La turbidité. Document de support aux recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada. Accessible à http://www.hc-sc.gc.ca/ehp/dhm/catalogue/dpc_pubs/rqepdoc_appui/rqep.htm.
- 76. SIGLETON P, DUSART J, 1997.** Bactériologie, 4 éditions, Edit Dunod, 385-394 pp.
- 77. URBATIA, 1996.** Plan Directeur de l'aménagement Urbain (PDAU) de la commune de Sebseb, Rapport d'orientation, phase finale. Bureau d'étude pour l'Urbanisme et le bâtiment URBATIA. Agence de Ghardaia.75p.

78. VLAGINES R, 2003. Eau environnement et santé publique, Edit Tec et Doc, Ed 2, 5-18, 56-61 pp.

79. YUCEF Fouzia, 2003. Mise au point d'une étude climatique du Sahara Septentrionale Algérien (Ouargla, Touggourt, Ghardaïa). Mémoire d'ingénieure, Université de Ouargla, 88p.

Références électroniques

1. Net 1 : www.wikilinks.fr
2. Net 2 : www.bacteriainphotos.com
3. Net 3 : www.nbbcfood.info
4. Net 4 : www.e-sante.be
5. Net 5 : www.futura-sciences.com
6. Net 6 : www.pseudomonas.com

ANNEXES

Annexes

- Annexe 1 : Milieux de culture

- Les formules sont données par g/1000 ml d'eau distillée

➤ **Bouillon lactosé au pourpe de bromocrésol (BCPL)**

- Simple concentration (S/C)

- Extrait de viande de bœuf	3
- Peptone	5
- Lactose	5
- Pourpe de bromocrésol	0,03
- pH = 6.7	

- Doublement concentration (D/C)

- Extrait de viande de bœuf	6
- Peptone	10
- Lactose	10
- Pourpe de bromocrésol	0,06
- pH = 6.7	

➤ **Milieu Indole-Manitol (milieu de Schubert)**

- Tryptophane	0,2
- Acide glutamique	0,2
- Sulfate de magnésium	0,7
- Sulfate d'amonium	0,4
- Citrate de sodium	0,5
- Chlorure de sodium	2
- Tryptone oxoide	10
- Manitol	7,5
- Tampon phosphate	1000 ml
- pH = 7,6	

➤ **Bouillon glucose à l'azide de sodium (milieu de Rothe)**

- Simple concentration (S/C)

- Hydrolysate tryptique de caséine	12,8
- Peptone	8
- Glucose	5
- Chlorure de sodium	5
- Phosphate biphosphate	2,7
- Phosphate monopotassique	2,7
- Azohydrate de sodium	0,2

pH = 6,8

- Double concentration (D/C)

- Hydrolysate tryptique de caséine	25,6
- Peptone	16
- Glucose	10
- Chlorure de sodium	10
- Phosphate biphosphate	5,4
- Phosphate monopotassique	5,4
- Azohydrate de sodium	0,4

pH = 6,8

- Bouillon glucose à l'éthyl violet et azide de sodium (E.V.A) : milieu d'Eva Litsky

- Peptone	20
- Glucose	5
- Chlorure de sodium	5
- Phosphate biphosphate	2,7
- Phosphate monopotassique	2,7
- Azohydrate de sodium	0,3
- Ethyl – violet	0,0005

pH = 6,8 - 7

➤ Gélose viande – foie

- Extrait viande-foie	30
- Glucose	2
- Amidon	2
- Gélose	12

➤ Solution à ajouter**- Solution sulfite de sodium**

- Sulfite de sodium	1 g
- Eaux distillée	100 ml

Solution Alun de fer

- Alun de fer	5 g
- Eaux distillée	100 ml

➤ Gélose nutritive standard plate count agar (PCA)

- Hydrolysate trypsique de caséine	5
- Extrait de levure	2,5
- Glucose	1
- Agar	2

pH = 7

- Annexe 2

Tableau de MAC CRADY : Indices NPP pour 100 ml d'échantillonne et limites de confiance à 95% (pour diverses combinaisons de résultats positifs avec trois prises d'essai de 10 ml, trois de 1 ml et trois de 0,1 ml) (CAQAE, 2013).

Nombre de tube positifs			NPP par 100 ml	Limites de confiances à 95%	
3 de 10 ml	3 de 1 ml	3 de 0,1 ml		Inférieure	Supérieure
0	0	1	3	< 1	9
0	1	0	3	< 1	13
1	0	0	4	< 1	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	149
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	379
3	1	0	48	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	36	1300
3	3	1	460	71	2400
3	3	2	1100	150	4800

- Annexe 3

Tableau : Statistiques élémentaires des variables physico-chimiques et microbiologiques des eaux de la nappe phréatique d'oued SEBSEB.

Variable	Observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Germes totaux à 22°C	30	0,00	335,00	146,23	126,54
Germes totaux à 37°C	30	0,00	355,00	139,07	131,75
Coliformes Totaux	30	0,00	1130,00	639,600	517,45
Coliformes fécaux	30	0,00	1100,00	99,30	277,10
E.Coli	30	0,00	93,00	7,67	17,80
Streptocoque D	30	0,00	1127,00	406,83	491,60
C.sulfito.R	30	0,00	0,00	0,00	0,00
pH	30	6,92	7,89	7,34	0,27
CE	30	391,00	6630,00	3240,37	1632,33
No2	30	0,00	0,97	0,12	0,24
No3	30	15,50	186,50	78,15	45,31
NH4	30	0,00	0,33	0,07	0,08
po4	30	0,00	0,03	0,00	0,01
T°	30	10,80	18,20	15,99	2,24
DBO5	5	10,00	15,00	12,50	2,38
DCO	5	586,98	654,70	611,81	26,95

Résumé : Caractérisation microbiologique des eaux de la nappe phréatique de la région de Ghardaïa (cas de SEBSEB).

L'étude de la caractérisation microbiologique des eaux phréatiques de la vallée de SEBSEB réalisée sur la base d'un échantillonnage de 30 puits, révèle l'existence d'une pollution biologique qui se traduit par la présence de germes totaux à 22°C et à 37°C, coliformes totaux, coliformes fécaux, *Escherichia coli* et streptocoque D, ce qui rend ces eaux impropre à la consommation humaine par rapport aux normes européennes et Algériennes.

L'étude de la variation spatiale des paramètres hydro-biologiques montre un gradient de pollution biologique de l'amont vers l'aval de l'oued.

Mots clés : Nappe phréatique, microbiologie, normes, pollution, SEBSEB.

ملخص : الخصائص الميكروبيولوجية لمياه الطبقة السطحية في منطقة غرداية (حالة منطقة سبب).

إن دراسة الخصائص الميكروبيولوجية لمياه الطبقة السطحية بوادي سبب و التي أنجزت عن طريق تحاليل لثلاثين عينة أوضحت وجود تلوث بيولوجي من خلال وجود مجموع البكتيريا في درجة حرارة 22° م و 37° م, مجموع القولونيات, القولونيات البرازية, ايشيريشيا كولي (*Escherichia coli*) و المكورات العقدية د (D), مما يجعل المياه غير صالحة للاستهلاك البشري وفقا للمعايير الاوروبية و الجزائرية.

إن دراسة التباين المكاني للخصائص البيولوجية المائية تظهر التدرج في التلوث البيولوجي من المرتفع الى المنخفض.

الكلمات الدلالية : الطبقة السطحية, علم الأحياء الدقيقة, المعايير, التلوث, سبب.

Summary: Microbiological characterization of water ground water in the region of Ghardaia (if SEBSEB).

The study of microbiological characterization of ground water in the valley of SEBSEB made on the basis of 30 samples, reveals a biological pollution that results in the presence of total bacteria at 22°C and at 37°C, total coliforms, fecal coliforms, *Escherichia coli* and streptococcus D, which makes the water unfit for human consumption by European and Algerian.

The study of spatial variation of hydro-biological parameters shows a biological pollution gradient from upstream to downstream of the river.

Keywords: Groundwater, microbiology, standards, pollution, SEBSEB.