

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 : OULAD HADDAR Meriem

Thème

Recherche de l'impact des fosses septiques sur les caractéristiques biologiques des eaux de la nappe phréatique de la région de Ghardaïa (cas de Sebseb).

Soutenu publiquement le : 23/06/2014

Devant le jury :

M. KRAIMAT M	Maître Assistant B	Univ. Ghardaïa	Président
M. BEN BRAHIM F.	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Encadreur
M. AGOUNE S.	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Examineur
M^{elle}. MEBAREK OUDINA A.	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Examineur
M. OULED HADDAR R.	Invité		

Année universitaire 2013/2014

Dédicaces

*A ceux qui étaient la cause de mon existence;
A ceux qui leur réjouit mon sourire et leur vénère mon succès;
A ceux qui étaient toujours là pour moi, et ils continuent à être là;
A ceux qui sont la lumière de mes yeux, la lueur de mon chemin et, l'éclat de ma réussite.*

A très cher mon père et ma belle mère, qui sont tous ma vie, que Dieu le garde pour moi; .

*A ma frère et mes sœurs, ont complété ma vie;
A mes oncles, à mes tantes et mes cousins;
A toute ma famille (**HADDAR et OULED HADDAR**).*

*A tous ceux qui souffrent et espèrent une meilleure vie, que Dieu soit avec eux;
A ma copine voyageuse : **AICHA**.*

*A tous mes collègues de spécialité écologie;
A tous ceux qui aiment faire le bien, et aider les gens;
A toute personne qui va lire cette thèse;
A toutes ces personnes je dédie ce modeste ouvrage*

MERIEM

Remerciements

Je remercie ALLAH de m'avoir prêté vie et volonté pour achever ce Travail.

*Je veux témoigner mon immense gratitude à Monsieur **BEN BRAHIM F** Maitre-assistant à l'université de Ghardaïa, qui, en tant que Encadreur, 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. Et je tiens à le remercier pour sa grande disponibilité ainsi que pour son nombreux conseil,*

*Mes vifs remerciements vont aussi à **M.KRAIMAIT M** 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^{ELLE}. MEBAREK OUDINA A.** Maitre-assistant à l'université de Ghardaïa pour sa précieuse assistance et pour avoir bien voulu examiner ce travail.*

*Je tiens aussi à remercier vivement **M. AGOUNE S** 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 Melle **MOULAY ABD ALLAH K, Mme HILI Noura**, biologistes au laboratoire de Contrôle Algérienne de Qualité Alimentaire et Emballage (**CAQAE**) d'El Ateuf (Ghardaïa) pour ses conseils précieux, support et ses patiences 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** à, **BOUABDALI K, BECHRAIR F, GHAZELLE F, DAHEMAN H, Fatima, Nedjet, MR .TAHER, MR. Mustapha.** Pour la documentation, leurs conseils, leurs aides et leurs ambiances au laboratoire.*

*Je désire aussi remercier **M. MSAITFA N., MOLAYE A., BENHAMODA H.,** Ingénieurs à laboratoire de l'université de Ghardaïa pour son aide et ses conseils.*

*À l'ingénieur aidés : **OULED HADDAR R.** (Directeur du Bureau d'étude SARL vallée vert) pour n'avoir ménagé ni le temps ni l'effort et qui m'a facilité le travail.*

*J'aimerais adresser des immenses remerciements à mon père amène **MOHAMMED**, à grand père **MEBAREK**, oncle **KADDOUR** et toute ma famille pour sa contribution, sa patience et son accompagnement dans le travail de terrain ainsi que son soutien.*

*Je tiens également à remercier **HADDAR A** Ingénieur de l'hydraulique pour sa contribution, son aide et ses conseils dans le travail de terrain ainsi que son soutien.*

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

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 2ème 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.

Merci.

Résumé

Le présent travail vise à rechercher l'éventuel impact des fosses septique sur la contamination microbiologique des eaux phréatiques de la région Sebseb.

Trois sites ont été choisis de l'amont à l'aval de la vallée en faisant un échantillonnage de 3 fosses et 17 puits dont un témoin.

De point de vue potabilité, les résultats d'analyse ont montré que tous les puits (16/16) sont contaminés et présentent un risque sur la santé humaine.

La recherche de l'impact des fosses septiques sur la pollution biologique a révélé que l'altitude est le facteur le plus influençant sur la diffusion de la pollution avec un gradient décroissant de la pollution en allant vers des puits à altitude élevée par rapport aux fosses.

Mots clés : Sebseb, eaux phréatique, fosses septiques, contamination bactériologique, impact.

Summary

The present work aims to investigate the potential impact of septic tanks to the microbiological contamination of ground waters in Sebseb area.

Three sites were selected upstream and downstream from the mentioned valley this sampling 3 pits and 17 wells with a witness.

View point of potability, test results have shown that all wells from (16/16) are contaminated and present a risk to human health screws microbiological life.

Research the impact of septic systems on biological pollution revealed that altitude is the most influence on the spread of pollution with a decreasing gradient of pollution going into wells to high altitude compared to septic factor.

Keywords: Sebseb _ water table _ bactériological contamination _ septic tanks _ impact.

ملخص

يهدف هذا العمل إلى البحث عن الأثر المحتمل لخزانات الصرف الصحي على التلوث الميكروبيولوجي لمياه الطبقة السطحية لمنطقة سبسب.

و قد تم اختيار ثلاثة من مواقع المنبع الي المصب الوادي حيث أخذت عينات من ثلاثة خزانات للصرف الصحي و17 بئرا مع الشاهد.

من وجهة نظر صلاحيتها للشرب، قد أظهرت نتائج التحليل أن جميع الآبار (16/16) ملوثة وتشكل خطرا على صحة الإنسان ميكروبيولوجيا.

البحث عن تأثير خزانات الصرف الصحي على التلوث البيولوجي وجد أن الارتفاع هو العامل الأكثر تأثيرا على انتشار التلوث مع تدرج متناقص في التلوث كلما اتجهنا نحو الآبار ذات العلو المرتفع بالمقارنة مع خزانات الصرف الصحي .

الكلمات الدالة: سبسب _ مياه الطبقة السطحية _ تأثير _ الميكروبيولوجي _ خزانات الصرف الصحي.

Liste des abréviations

A	: Artésienne
AEP	: Alimentation en eau potable.
AEI	: Alimentation en eau industrielle.
A.N.R.H	: Agence nationale des ressources hydriques
BG	: Bonnard et Gardel
BCPL	: Bouillon lactose au pourpe de bromocrésol double et simple concentration
CEE	: Communauté économique européenne.
CF	: Coliformes Fécaux.
C.I.	: Continental Intercalaire.
CT	: Coliformes Totaux.
DCLS	: Gélose desoxicolate lactose
C.D.E.	: Conseil De l'Europe.
C.A.Q.A.E.	: Contrôle Algérien de Qualité Alimentaire et Emballage
Cm	: Conti mètre
D/C	: Double concentration
Dist	: Distance
D.P.A.T.	: Direction de planification et d'aménagement des territoires.
EPA	: Eau peptonnée alclain.
EPT	: Eau peptonnée tomponée.
BEA	: Gélose Bile Esculine Azide.

GNAB	: Gélose nutritive alcaline biliée
GPS	: Global Positioning System
GT₁	: Germe totaux à 22°C
GT₂	: Germe totaux à 37°C
GMT	: Germes mésophiles totaux.
H	: Hassi.
Hm	: Hecto mètre
I.N.S.P.Q.	: Institut National de Santé Publique du Québec.
IRR	: Irrigation.
KIA	: Gélose lactose-glucose-H ₂ S Kiger- Hajna
Km	: Kilomètre.
m	: Mètre.
M	: Moyenne
max	: Maximum
min	: Minimum
M.D.D.E.F.P.	: Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Québec.
M.E.N-E	: Ministère de l'Environnement de la Nouvelle-Ecosse.
Mm	: Mili mètre.
N	: Nombre d'échantillons
NPP	: Nombre plus probable.
O.N.M.	: Office National de Météorologie.

OMS	: Organisation Mondiale de la Santé.
O.R.G.M.	: Office national de Recherche Géologique et Minière
Pr	: Moyenne des précipitations annuelles exprimées
P	: Pompage.
PCA	: Gélose nutritive standard Plate Count Agar
PH	: Potentiel d'Hydrogène.
Q₂	: Quotient pluviothermique d'Emberger.
r	: Coefficients de corrélation
S/C	: Simple concentration
SF	: Streptocoques fécaux
S.P.	: Site Puits
Tém	: Témoin
TSI	: Triple Sugar Iron
UFC/ml	: Unité Faisant Colonie par millilitre.
sd	: Ecart-type
VF	: Viande-Foie
°C	: Degré Celsius

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau I	Caractéristiques d'un indicateur idéal de contamination fécale	13
Tableau II	Normes européennes (CEE) et Algérienne de qualité microbiologique des eaux potables.....	16
Tableau III	Précipitations mensuelles (1996-2012)	19
Tableau IV	Température mensuelle (1996-2012).....	20
Tableau V	Nombre des forages et volumes d'exploitation par commune	32
Tableau VI	Principales caractéristiques des salmonelles en milieu de culture TSI.....	49
Tableau VII	Récapitulatif d'analyses bactériologiques des puits du site 01.....	57
Tableau VIII	Récapitulatif d'analyses bactériologiques des puits du site 02.....	61
Tableau IX	Récapitulatif d'analyses bactériologiques des puits du site 03.....	65
Tableau X	Récapitulatif d'analyses bactériologiques des puits de la zone d'étude.....	65
Tableau XI	Récapitulatif d'analyses bactériologiques des fosses septiques de la zone d'étude.....	66
Tableau XII	Analyse de corrélation (N=16).....	74

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure 01	Système d'assainissement des eaux usées.....	08
Figure 02	Fonctionnement d'une fosse septique.....	09
Figure 03	Situation géographique de la région de Ghardaïa	18
Figure 04	Précipitations moyennes mensuelles (1996-2012)	19
Figure 05	Températures moyennes mensuelles (1996-2012)	20
Figure 06	Humidités relatives moyennes mensuelles (1996-2012).....	21
Figure 07	Evaporation moyennes mensuelles (1996-2012).....	21
Figure 08	Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Ghardaïa (1996-2012).....	22
Figure 09	Etage bioclimatique de la région de Ghardaïa selon le climagramme d'Emberger.....	23
Figure 10	Les sous bassins versants de l'Oued M'Zab jusqu'à El Atteuf	24
Figure 11	Bassin versant de la vallée du M'Zab	25
Figure 12	Esquisse hydrogéologique du M'Zab	26
Figure 13	Carte géologique de la wilaya de Ghardaïa (extrait modifié de la carte géologique au 1/500000 de l'Algérie).....	29
Figure 14	Aquifères du Sahara Algérien	31
Figure 15	Photo satellite de l'ensemble de la zone d'étude	38
Figure 16	Recherche des germes anaérobies mésophiles totaux dans les eaux des puits	40
Figure 17	Recherche et dénombrement des coliformes et d'E. Coli dans les eaux de puits	42
Figure 18	Recherche et dénombrement des streptocoques dans les eaux de puits	44
Figure 19	Recherche des Clostridiums dans les eaux de puits	46
Figure 20	Recherche des vibrions cholériques dans les eaux usées domestiques	48
Figure 21	Recherche des <i>Salmonelles</i> dans les eaux usées domestiques	50
Figure 22	Variation de la concentration en germes totaux à 22°C des eaux phréatiques et de la fosse septique du site 01	53
Figure 23	Variation de la concentration en germes totaux à 37°C des eaux phréatiques et	54

	de la fosse septique de site 01	
Figure 24	Variation de la concentration en coliformes totaux des eaux phréatiques et de la fosse septique de site 01	55
Figure 25	Variation de la concentration en coliformes fécaux des eaux phréatiques et de la fosse septique de site 01	55
Figure 26	Variation de la concentration en <i>Escherichia coli</i> es eaux phréatiques et de la fosse septique de site 01	56
Figure 27	Variation de la concentration en germes totaux à 22°C des eaux phréatiques et de la fosse septique de site 02	57
Figure 28	Variation de la concentration en germes totaux à 37°C des eaux phréatiques et de la fosse septique de site 02	58
Figure 29	Variation de la concentration en coliformes totaux des eaux phréatiques et de la fosse septique de site 02	59
Figure 30	Variation de la concentration en coliformes fécaux des eaux phréatiques et de la fosse septique de site 02	59
Figure 31	Variation de la concentration en <i>Escherichia coli</i> es eaux phréatiques et de la fosse septique de site 02	60
Figure 32	Variation de la concentration en germes totaux à 22°C des eaux phréatiques et de la fosse septique de site 03	61
Figure 33	Variation de la concentration en germes totaux à 37°C des eaux phréatiques et de la fosse septique de site 03	62
Figure 34	Variation de la concentration en coliformes totaux des eaux phréatiques et de la fosse septique de site 03	63
Figure 35	Variation de la concentration en coliformes fécaux des eaux phréatiques et de la fosse septique de site 03	63
Figure 36	Variation de la concentration en <i>Escherichia coli</i> es eaux phréatiques et de la fosse septique de site 03	64
Figure 37	Carte des facteurs charge/distance du site 01	68
Figure 38	Carte des facteurs charge/distance du site 02	69
Figure 39	Carte des facteurs charge/distance du site 03	70

Figure 40	Carte des facteurs charges/distance de la zone d'étude Sebseb	71
Figure 41	Carte Modèle Numérique de Terrain de la zone d'étude Sebseb.....	72

Liste des photos

N°	Titre	page
Photo 01	Puits et fosse septique de prélèvement	38

Sommaire

Introduction.....	01
Première partie : Synthèse bibliographique	
Chapitre I : Pollution des eaux.....	03
1. Définition	03
2. Différents types d'eaux usées.....	03
3. Composition biologique des eaux usées.....	04
4. Collecte et évacuation des eaux usées.....	07
5. Mouvement des polluants dans les eaux souterraines.....	10
6. Notion d'indicateur de contamination.....	12
Chapitre II : Présentation de la région de Ghardaïa	17
1. Localisation géographique	17
2. Cadre climatique.....	18
3. Ressource en eau de surface.....	23
4. Aspect géologique.....	26
5. Description litho stratigraphique.....	27
6. Identification hydrogéologique.....	29
Deuxième partie : Matériels Méthodes	
Chapitre III : Matériel et Méthodes	33
1. Approche méthodologique.....	33
2. Choix de la région d'étude.....	33
3. Présentation de la région de Sebseb	33
4. Echantillonnage.....	36
5. Mesures de terrain.....	37
6. Techniques d'analyse.....	38
7. Traitement des données.....	51
Troisième partie : Résultats et discussions	
Chapitre V : Résultats et Discussions.....	52
1. Evaluation microbiologique des eaux phréatiques et des fosses septiques	52
2. Impact des fosses septiques sur la qualité microbiologique des eaux phréatiques.....	66
3. Sens de diffusion de la contamination microbiologique dans la région d'étude.....	70
4. Discussion générale	71
Conclusion.....	74
Références bibliographiques.....	76
Annexe.....	84

Sommaire

INTRODUCTION

Introduction

La composition microbiologique de l'eau est très importante à connaître, la détermination permet de préciser la qualité et par conséquent les possibilités de son utilisation pour l'alimentation en eau potable ou pour d'autres usages, tels que: l'agriculture et l'industrie.

La contamination décelée dans les régions sahariennes est le plus souvent, d'origine anthropique due aux rejets directs d'eaux usées et à l'utilisation intensive en agriculture.

Les conséquences, à court et à long terme, d'un manque d'efficacité du traitement des effluents, sont connues : elles touchent à la santé, à l'hygiène et à la qualité du cadre de vie, ainsi qu'à l'environnement en général.

Dans la wilaya de Ghardaïa, la principale source de satisfaction de la demande en eau est les eaux souterraines du fait de l'aridité du climat et de l'exploitation relativement facile de cette ressource. Mais, la croissance démographique et la modernisation de l'agriculture entraînent des grands problèmes de disponibilité de la ressource tant quantitatif que qualitatif.

Les eaux souterraines peuvent être sujettes à différentes formes de pollutions surtout pour les nappes alluviales (JAMET *et al.*, 1996), En effet ces eaux de nappe constituent la principale source pour une grande partie des populations rurales.

Notre travail réalisé, dans la région de Sebseb, vise la recherche de l'impact des fosses septiques sur la caractérisation microbiologique des eaux phréatiques et à comme objectif la confirmation de l'origine de la contamination microbiologique récente dans ces eaux.

Ce travail comporte trois parties :

La première partie est une synthèse bibliographique

La deuxième prendra en compte le matériel et les méthodes utilisées pour la réalisation de ce travail.

La troisième partie traitera les résultats.

PREMIERE PARTIE

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I. Pollution des eaux

L'eau est le moteur de la vie, l'élément indispensable à fixer en un lieu toute population, la source des activités agricoles, la substance la plus consommée par les industries et l'économie domestique au quotidien (TOUCHAT, 2003).

Un polluant peut se définir comme un élément étranger à un milieu, tel un agent physique (température, matières solides, etc.) ou une substance minérale, organique ou biologique, qui, sous une intensité ou une concentration anormale, peut dégrader la qualité de l'eau naturelle (CASTANY, 1967).

1. Définition des eaux usées

Les eaux résiduaires, ou eaux usées, sont des eaux chargées de pollution, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine (FRANK, 2002).

Les eaux usées constituent l'ensemble des déchets liquides produits par l'homme au cours de ses activités domestiques, agricoles et industrielles. Les eaux usées sont généralement chargées de débris divers, de matières minérales dissoutes et de produits organiques en suspension (BOUZIANI, 2000).

2. Différents types d'eaux usées

Les pressions importantes qui s'exercent sur les réserves d'eau douce dans diverses régions du monde contribuent à une détérioration préoccupante de leur qualité. Celles-ci résultent d'activités anthropogéniques (domestiques, industrielles, agricoles et touristiques) produisant des eaux usées rejetées dans le milieu naturel directement ou par l'intermédiaire d'un système de collecte avec ou sans traitement (C.D.E, 2000 ; LACOSTE, 2008).

Les eaux usées se répartissent en trois grandes catégories (ECKENFELDER, 1982).

- **Eaux résiduaires domestiques** : elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en :
 - « eaux ménagères », ayant pour origine les salles de bains et les cuisines, qui sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques,

etc.

- « eaux vannes » comprenant les rejets des toilettes. Ces dernières sont chargées de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux (ECKENFELDER, 1982).
- **Eaux résiduares industrielles** : elles sont très différentes des eaux usées domestiques, leurs caractéristiques variant d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques, elles peuvent contenir des substances dangereuses telles que micropolluants organiques et minéraux. Dès lors, une politique d'assainissement des eaux résiduares industrielles est importante car les effluents chargés en pollution ne sont pas toujours compatibles avec le système d'épuration public destiné à l'assainissement des effluents urbains. Enfin, la présence d'éléments indésirables peut dégrader la qualité des boues d'épuration et interdire leur valorisation en agriculture (ECKENFELDER, 1982).
- **Eaux pluviales ou de ruissellement** : elles peuvent être à l'origine de pollutions importantes notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis, en ruisselant, de résidus déposés sur les toitures et les voiries (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux...). En outre, lorsque le système d'assainissement est « unitaire », les eaux pluviales sont mêlées aux eaux usées domestiques. En cas de fortes précipitations, les contraintes de préservation des installations d'épuration peuvent imposer un déversement (délestage) de ce mélange pollué dans le milieu naturel. Enfin, dans les zones urbaines, les surfaces construites rendent les sols imperméables, ajoutant au risque de pollution celui d'inondation (ECKENFELDER, 1982).

Traditionnellement, on différencie les apports ponctuels, où les sources de pollution sont clairement identifiées, tels que rejets d'effluents industriels, urbains et pollution accidentelle, des sources diffuses liées principalement aux activités agricoles et aux retombées atmosphériques. Il est important de mentionner que certains polluants (par exemple, les métaux) sont présents naturellement à l'état de trace dans les sols et peuvent être lixiviés par de simples processus érosifs (ECKENFELDER, 1982).

3. Composition biologique des eaux usées

Nous avons vu dans le paragraphe précédent la définition et l'origine des eaux usées. Nous voyons maintenant leur composition biologique qui est à l'origine des différentes réglementations.

Les eaux usées urbaines contiennent des matières solides, des substances dissoutes et des microorganismes. Ces derniers sont la cause des principales restrictions imposées à la réutilisation des eaux usées (BELAID, 2010).

En effet, la réglementation distingue des niveaux de qualité pour les eaux usées épurées, déterminés essentiellement par les taux de concentration en microorganismes. Il est donc indispensable de connaître la composition des eaux usées afin de définir les domaines de réutilisation possibles et le niveau de restriction (BELAID, 2010).

3.1. Microorganismes dans les eaux usées

Les eaux usées contiennent tous les micro-organismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes (DEGREMONT, 2005). L'ensemble de ces organismes peut être classé dans les grands groupes suivants : virus, bactéries, protozoaires, vers et champignons (JEAN, 1997).

Les micro-organismes pathogènes véhiculés par l'eau étant pour la plupart d'origine fécale il est donc suggéré de retenir comme principe de contrôler la recherche de certaines espèces ou groupe de bactéries comme témoins indicateurs de contamination ou pollution fécale. Ces germes tests sont des bactéries commensales qui sont naturellement présentes dans les intestins des hommes et des animaux à sang chaud, et excrétées régulièrement en abondance dans les matières fécales (JEAN, 1997).

❖ Bactéries

Les bactéries sont les microorganismes les plus communément rencontrés dans les eaux usées (TOZE, 1999). Les eaux usées urbaines contiennent environ 10^6 à 10^7 bactéries/100 ml dont la plupart sont proteus et entérobactéries, 10^3 à 10^4 streptocoques et 10^2 à 10^3 clostridium. La concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de 10^4 germes L^{-1} . Parmi les plus détectées sont retrouvées, les *salmonellas*, dont celles responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Les coliformes thermo tolérants sont des germes témoins de contamination fécale communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau (JOSEPH et PIERRE, 2004),

❖ Virus

Les virus sont des parasites intracellulaires obligés qui ne peuvent se multiplier que dans une cellule *hôte*. Leur concentration dans les eaux usées urbaines est comprise entre 10^3 et 10^4

particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées restent difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel. Les virus entériques sont ceux qui se multiplient dans le trajet intestinal. Parmi les virus entériques humains les plus nombreux il faut citer les entérovirus (exemple: polio), les rotavirus, les retrovirus, les adénovirus et le virus de l'Hépatite A. Il semble que les virus soient plus résistants dans l'environnement que les bactéries (DEGREMONT, 2005).

❖ Protozoaires

Ce sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, C'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées (QANEIR, 2006). Parmi les plus importants du point de vue sanitaire, il faut citer *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne, *Giardia lamblia* et *Cryptosporidium parvum* (TOZE 1997, in TOZE, 2006).

❖ Helminthes

Les helminthes sont des parasites intestinaux, fréquemment rencontrés dans les eaux résiduaires. Dans les eaux usées urbaines, le nombre d'œufs d'helminthes peut être évalué entre 10 et 10^3 germes L^{-1} . Beaucoup de ces helminthes ont des cycles de vie complexes comprenant un passage obligé par un hôte intermédiaire (TOZE, 2006). Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve, alors que pour d'autres, ce sont les œufs (CAMPOS, 2008). Les helminthes pathogènes rencontrés dans les eaux usées sont : *Ascaris lumbricades*, *Oxyuris vermicularis*, *Trichuris trichuria*, *Taenia saginata* (BELAID, 2010).

❖ Champignons

Les canalisations sont parfois infestées par les champignons microscopiques. Les candidoses causées par le *Candida albicans*, sont parfois contractées au cours de baignades en mer.

A part ces observations exceptionnelles, on ne connaît pas d'épidémie d'origine hydrique due à des champignons (JEAN, 1997).

Les microorganismes pathogènes dans les eaux usées et leurs symptômes sont regroupés dans le Tableau (01) selon (SELHANI, 2009) Annexe (01).

L'analyse des risques sanitaires liés aux agents pathogènes susceptibles d'être transportés par les eaux usées est le fondement des recommandations proposées par l'Organisation Mondiale de la Santé en 1989 (OMS, 1989).

4. Collecte et évacuation des eaux usées

Les eaux usées de nature et d'origine diverses, produites dans l'espace vital de l'homme, doivent à partir d'une certaine densité de population, être collectées et évacuées. Outre qu'elles répondent à une nécessité absolue aux plans de l'hygiène et de la santé, les mesures prises dans ces domaines contribuent à élever le niveau de la qualité de vie des usagers (BECIS et BELOUIDIANE, 2005).

4.1. Systèmes de collecte des eaux usées

Les systèmes de collecte utilisés en assainissement sont:

➤ **Système unitaire**

C'est un système qui reçoit dans les mêmes canalisations deux types des eaux, usées et pluviales (DEGREMONT, 2005).

➤ **Système séparatif**

Comportant deux réseaux de canalisations différents, l'un pour les eaux pluviales et l'autre pour les eaux usées (DEGREMONT, 2005).

4.2. Fonctionnement d'un système d'assainissement

Selon la figure (01) le système d'assainissement fonctionne par quatre étapes suivante (DEPAMELAERE *et al.*, 1998):

1. Egout : Le réseau d'assainissement débute au niveau du raccordement de la maison au réseau communal d'égouttage. Les égouts sont conçus en premier lieu pour l'évacuation des eaux usées. On parle dans ce cas d'un "réseau d'égouttage unitaire" lorsque le réseau d'égouts est chargé d'évacuer également les eaux pluviales des toitures et voiries.

2. Collecteur : Un collecteur rassemble les eaux de plusieurs réseaux d'égouts. Dans un réseau d'égouts et dans les collecteurs, les eaux s'écoulent normalement de façon gravitaire. Lorsque le terrain n'est pas suffisamment en pente, on installe des stations de pompage et des conduites sous pression pour transporter l'eau usée vers la station d'épuration.

3. Déversoir d'orage : Un tel dispositif se rencontre uniquement dans le cas d'un réseau d'égouttage unitaire. Lors de fortes pluies, le débit à évacuer peut augmenter fortement et il se peut que le réseau d'égouts ne suffise plus à l'absorber. Pour éviter des débordements intempestifs des égouts, l'excédent est évacué dans un cours d'eau voisin via un "déversoir" (ou surverse). La pollution présente dans cette eau est fortement diluée et ce type de rejet, s'il n'est pas trop fréquent, peut être supporté par le milieu aquatique. Des dispositifs techniques dans le réseau d'égouts dirigent le "premier flot", qui se présente au début de l'averse et contient encore souvent une charge polluante importante, vers la station d'épuration.

4. Station d'épuration : Dans une station d'épuration, l'eau usée domestique est traitée suivant un processus biologique naturel. L'eau épurée est ensuite rejetée dans un cours d'eau.

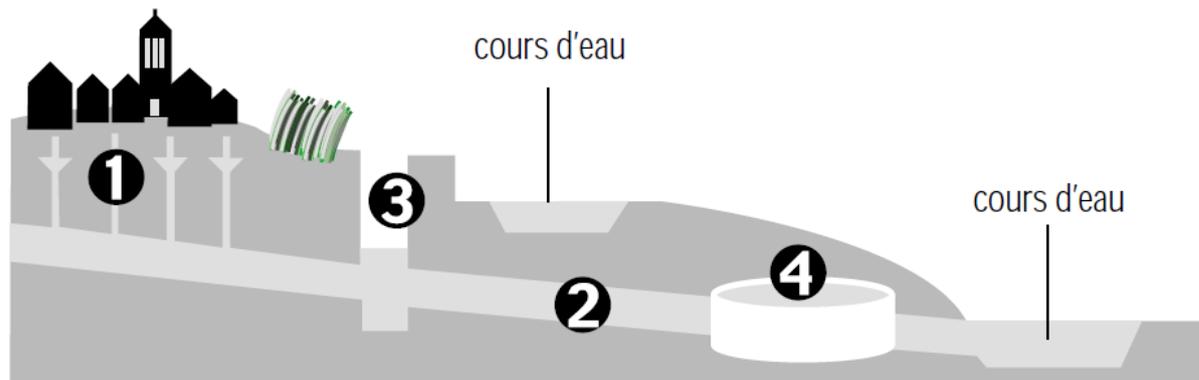


Figure 01 : Système d'assainissement des eaux usées (DEPAMELAERE *et al.*, 1998).

Il existe deux modalités pour assainir cette eau (DEPAMELAERE *et al.*, 1998; ADEL, 2001) :

- L'assainissement collectif, c'est-à-dire un réseau public qui concentre les eaux usées sur un site de traitement, communément appelé «tout à l'égout»
- L'assainissement non collectif, il s'agit d'une installation privée liée à une habitation ou un groupe d'habitation qui doit être capable de traiter les eaux usées.

4.3. Fosse septique

La fosse septique de toutes eaux, en débarrassant les effluents bruts des matières solides, évite le colmatage des drains. Elle permet donc aux effluents d'être liquéfiés par décantation et

flottation (LEBRTON, 2011).

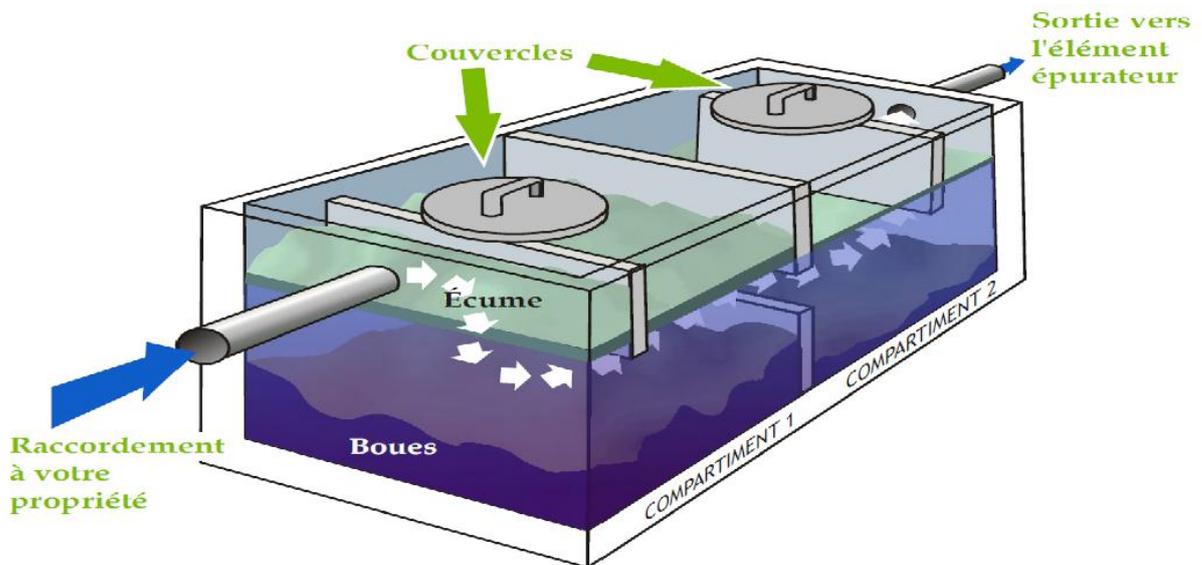


Figure 02: fonctionnement d'une fosse septique (M.D.D.E.F.P, 2013).

La fosse septique est composée d'un réservoir à deux compartiments qui est enfoui dans votre terrain (Fig.2). Le volume du réservoir dépend des besoins de chaque habitation. Le premier compartiment (compartiment 1) sert à séparer les solides et les liquides par décantation : les solides les plus lourds se déposent au fond du réservoir et forment les boues tandis qu'à la surface, l'écume et les graisses flottent. Le deuxième compartiment (compartiment 2) contient de l'eau à plus faible teneur en solides qui est évacuée vers l'élément épurateur (M.D.D.E.F.P, 2013).

Le débit d'évacuation vers l'élément épurateur varie en fonction de la quantité d'eaux usées acheminées. En conditions normales, une fosse septique est toujours remplie de liquide. Ainsi, chaque fois que de l'eau entre dans la fosse, une quantité de liquide ressort vers l'élément épurateur (M.D.D.E.F.P, 2013).

Dans les zones peu peuplées, lorsqu'un raccordement à l'égout n'est pas possible, la fosse septique garde toute sa raison d'être. Toutes les habitations existantes concernées devront en être équipées. La fosse septique ne réalise qu'un prétraitement de l'eau usée et ne constitue pas, à elle seule, un dispositif suffisant pour être reconnu comme "installation d'épuration individuelle", obligatoire suivant les dispositions en vigueur dans chaque région (DEPAMELAERE *et al*, 1998).

5. Mouvement des polluants dans les eaux souterraines

La circulation des eaux souterraines conditionne le transport et l'évolution des polluants dans le sol. Le profil d'un sol est reconnu comme étant un filtre permettant une certaine purification des eaux souterraines, une réduction du nombre de microorganismes et la rétention de plusieurs éléments chimiques. Cependant, certains environnements hydrogéologiques défavorables, tel que les zones fracturées, peuvent faciliter la pollution des eaux souterraines (ABOUBACRINE, *et al.*, 1991).

La pollution est un phénomène lié surtout aux aquifères phréatiques, c'est-à-dire des aquifères peu profonds et non protégés par des terrains imperméables, et dans une moindre mesure aux aquifères semi-phréatiques. L'étude de cette pollution nécessite de distinguer la circulation de l'eau et des polluants à travers la zone non saturée du sol, et à travers la zone saturée (ABOUBACRINE *et al.*, 1991).

5.1. Mouvement de l'eau dans la zone non-saturée

La zone non-saturée est constituée de particules solides, et de pores remplis d'air et d'eau. L'eau s'y déplace généralement de façon verticale, en fonction des potentiels gravitationnel et matriciel. La perméabilité hydraulique (propriété décrivant l'aptitude du sol à laisser s'écouler l'eau) est fonction de la texture et de la structure du sol. Les écoulements dans la zone non-saturée sont lents (ne dépassant pas 0,3 m/jour), à l'exception des sols fissurés où les vitesses d'écoulement peuvent atteindre 5 m/jour (ALLEN et MORRISON, 1973). L'obstruction des pores réduit la capacité d'infiltration et par conséquent les risques de pollution. Plusieurs phénomènes conduisent à l'obstruction des pores tels (LEWIS *et al.*, 1980):

- Un colmatage par des particules solides filtrées;
- Une sécrétion de substances par les bactéries;
- L'accumulation de biomasse (micro-organismes);
- La précipitation d'argiles, de sulfates, etc ...

5.2. Mouvement de l'eau dans la zone saturée

Dans cette zone, l'écoulement est surtout gouverné par la conductivité hydraulique (perméabilité) horizontale et le gradient hydraulique. Dans la plupart des conditions

hydrogéologiques, ce gradient étant faible, les vitesses d'écoulement sont faibles, mais supérieures à celles dans la zone non-saturée. La composante verticale de l'écoulement de l'eau est faible. Le temps de résidence des polluants est grand, et conditionne la protection des puits d'approvisionnement en eau (LEMIERE *et al.*, 2008).

Pour assurer une protection contre la contamination pathogène, il est recommandé d'implanter les puits au moins à 15 m de toutes sources de pollution (MARTIN et MORRISON, 1973; LEWIS *et al.*, 1980).

D'autres facteurs peuvent contribuer au mouvement des microorganismes pathogènes jusqu'aux eaux souterraines. Des puits mal construits (mauvaise conception, absence de tubage, fissures dans la structure, etc.) permettront une intrusion directe des contaminants (I.N.S.P.Q., 2007).

Des fosses septiques mal installées, mal situées ou mal entretenues peuvent aussi contribuer à la migration de microorganismes pathogènes, incluant des virus entériques humains, vers les eaux souterraines environnantes (U.S.E.P.A., 2002).

De nombreux facteurs influencent le mouvement des bactéries et des virus à travers le sol (ABOUBACRINE *et al.*, 1991 ; LEMIERE *et al.*, 2008):

- **Pluviométrie**: elle favorise l'entraînement des micro-organismes depuis la surface du sol à cause des gradients ioniques créés.

- **pH du sol**: un pH acide favorise l'adsorption des virus, un pH basique entraînant la remise en circulation (élution) des virus adsorbés.

- **Composition du sol**: les bactéries et les virus sont aisément adsorbés dans les argiles, et dans les sols sableux et gréseux contenant de la matière organique.

- **Charge hydraulique / taux d'écoulement**: ils favorisent la pénétration des microorganismes en profondeur.

- **Matière organique soluble**: elle abaisse l'adsorption des virus sur les particules du sol, et entraîne la remise en circulation (élution) de ceux déjà adsorbés, du fait de la compétition à l'adsorption.

- **Cations**: les cations, spécialement ceux divalents, peuvent aussi agir comme neutraliseurs ou réducteurs des forces de répulsion entre les micro-organismes et les particules du sol,

permettant ainsi le processus d'adsorption.

6. Notion d'indicateur de contamination

L'évaluation de la qualité microbiologique des eaux est, par conséquent, basée sur le concept de germes dits "indicateurs de contamination" mesurer 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).

Les indicateurs de la contamination bactérienne de l'eau sont : les coliformes totaux et les coliformes fécaux selon le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (M.D.D.E.P.Q., 2005). Les coliformes totaux sont les bactéries qui se trouvent dans la végétation, les déjections animales, les égouts et le sol. Les coliformes fécaux proviennent des intestins des animaux à sang chaud, ils ne survivent pas longtemps à l'extérieur du corps. La présence de coliformes fécaux dans l'eau indique un problème à la fois récent et peu éloigné (BARTTHE et PENON, 1998).

Les sources habituelles d'*Escherichia coli* sont les excréments humains et des animaux à sang chaud. La bactérie *E. Coli* est reconnue comme le meilleur indicateur bactérien de contamination d'origine fécale en raison de sa spécificité. Sa présence dans une eau destinée à la consommation indique que cette eau a été en contact avec les matières fécales humaines ou animales (M.D.D.E.P.Q, 2005).

Un bon indicateur est par définition une espèce ou un groupe de bactéries qui présente certaines caractéristiques qui sont reprises au (Tabl. I) (ROSE *et al.*, 2004).

Tableau I : Caractéristiques d'un indicateur idéal de contamination fécale (ROSE *et al.*, 2004)

Propriété	Caractéristique d'un indicateur
Pathogénicité	Pas pathogène
Occurrence	Présent en même temps que les pathogènes, absent en l'absence de contamination fécale
Survie	Taux de survie similaire à celui des pathogènes
Reproduction	Ne se reproduit pas dans les eaux naturelles
Inactivation	Inactivé par les différents traitements de manière similaire aux pathogènes
Source	La seule source dans les eaux naturelles est la contamination fécale
Coût	Méthodes de détection peu onéreuses, rapides et faciles à mettre en œuvre.

Suite (Tabl. I).

Différents groupes de bactéries sont utilisés comme indicateurs de contamination fécale dans différents pays et sous différentes juridictions. Les coliformes totaux et fécaux ont été très longtemps les principaux indicateurs de contamination fécale mais aujourd'hui, *Escherichia coli* et les entérocoques intestinaux sont reconnus comme plus appropriés pour évaluer le risque sanitaire associé aux diverses utilisations de l'eau (EDBERG *et al.*, 2000; FEWTRELL et BARTRAM, 2001). Il est important de comprendre les potentialités et les limitations de ces différents indicateurs. Quelques caractéristiques des indicateurs les plus couramment utilisés sont présentées ci-dessous :

- **Coliformes Totaux (CT)** : La pertinence de ce groupe comme indicateur est aujourd'hui fortement contestée du fait que toutes les espèces incluses dans les CT ne sont pas spécifiques de la flore intestinale des animaux à sang chaud. En effet, certaines espèces sont d'origine tellurique ou aquatique et sont capables de se développer dans l'environnement aquatique (TALLON *et al.*, 2005).
- **Coliformes Fécaux (CF) (aussi appelés Coliformes thermo tolérants)** : Les CF constituent

un sous-groupe des CT capables de se développer à 44 °C. Les CF sont considérés comme plus appropriés que les CT comme indicateurs de contamination fécale. Ce groupe est majoritairement constitué d'*Escherichia coli* mais comprend aussi des *Klebsiella*, des *Enterobacter* et des *Citrobacter*. Certains auteurs ont rapporté la présence de ces dernières espèces dans des eaux sans qu'aucune contamination fécale ne soit suspectée (GAUTHIER et ARCHIBALD, 2001 ; MCLELLAN *et al.*, 2001).

- ***Escherichia coli***: De nombreuses études ont montré que cette espèce était généralement associée à une source fécale. Aujourd'hui *E.coli* est considéré comme le "meilleur indicateur" d'une contamination récente du milieu aquatique par du matériel fécal humain ou d'animaux à sang chaud (APHA, 1998 ; EDBERG *et al.*, 2000).

- **Entérocoques Intestinaux** : Ce groupe est aussi considéré comme un bon indicateur spécifique de la contamination fécale. Plusieurs études ont montré que l'abondance des entérocoques intestinaux était mieux corrélée à l'apparition de maladies gastro-intestinales chez les baigneurs fréquentant des plages aux eaux contaminées que l'abondance des CT ou CF (CABELLI *et al.*, 1982; FERLEY *et al.*, 1989). Le fait que les entérocoques intestinaux survivent plus longtemps dans le milieu naturel que *l'E.coli*, peut constituer un avantage de ce groupe si l'on cherche à identifier une contamination fécale ancienne (POMMEPUY *et al.*, 1992 ; EDBERG *et al.*, 1997).

Des critiques ont été émises à propos de l'utilisation des indicateurs de contamination. Elles sont principalement basées sur la mise en évidence dans de nombreuses études de corrélations faibles voire inexistantes entre l'abondance des indicateurs de contamination et l'abondance de certains pathogènes. Cette observation n'est pas vraiment surprenante si l'on sait que selon le micro-organisme considéré, d'une part, la source dominante varie (source humaine versus source animale) et, d'autre part, le comportement dans l'environnement naturel (par exemple le temps de survie) des divers pathogènes et indicateurs est différent. Néanmoins, à ce jour, le dénombrement des bactéries indicatrices de contamination fécale reste la seule approche opérationnelle de contrôle de la qualité microbiologique des eaux. Elle est complétée par la recherche de certains pathogènes dans des situations où des contaminations particulières sont suspectées (PIERRE *et al.*, 2008).

6.1. Risque microbiologique

Dans le cas de l'agriculture, il est prouvé depuis longtemps que les microorganismes pathogènes des animaux ne peuvent ni pénétrer ni survivre à l'intérieur des plantes. Les microorganismes se retrouvent donc à la surface des plantes et sur le sol. Les feuilles et la plante créent

un environnement frais, humide (évaporation) et à l'abri du soleil. Il peut donc y avoir une contamination pendant la croissance des plantes ou la récolte (SELHANI, 2009). Les trois voies de contamination que l'on retrouve classiquement (SELHANI, 2009) sont:

- **Contamination par ingestion**

C'est la plus commune. D'une part, il y a l'ingestion directe, lorsqu'il y a consommation d'eau. Celle-ci peut être volontaire lors de la consommation d'eau potable, ou involontaire, par exemple « boire la tasse » en natation. D'autre part, il y a l'ingestion indirecte, par exemple quand les eaux épurées sont utilisées pour irriguer des cultures dont les produits sont ensuite consommés ;

- **Contamination par inhalation**

Elle est moins importante et n'est pas possible pour tous les polluants. Elle se produit lors de la formation d'aérosols, dans le cas de l'irrigation par aspersion ou de l'utilisation d'un karcher ;

- **Contamination par voie cutanée**

Un simple contact peut entraîner une contamination, souvent grâce à des microcoupures sur la peau. Seule la bactérie *Leptospira* est vraiment concernée par ce mode de transmission.

6.2. 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 (Tabl. II) selon la Communauté économique européenne (CEE) et Algérienne (GUERBOUZ, 2006; BOUZIANE et GUESSIER, 2010).

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

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 □ 22 °C	1 1	UFC/ml	10 100	20 <10 ²
<i>Clostridium sulfito-réducteurs</i>	20	UFC/ml	2	<5
<i>Escherichia coli</i>	100	UFC/ml	0	0

Suite (Tabl. II).

La contamination des eaux souterraines a été l'objet de nombreuses études ces deux dernières décennies (BOUBAKAR, 2010). De ce fait, les processus de pollution des eaux souterraines par les sources ponctuelles (eaux usées domestiques, eaux usées industrielles et hospitalières, déchets solides, etc.), et les sources diffuses (agriculture intensive), ainsi que le devenir de nombreux polluants sont relativement bien compris (LERNER, 2004; DEMLIE et WOHNLICH, 2006). Cependant peu d'études sont disponibles sur les nouveaux polluants issus des mélanges et sur les implications de la dégradation partielle de la qualité des eaux. (BOUBAKAR, 2010).

Chapitre II. Présentation de la région de Ghardaïa

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 (D.P.A.T, 2010).

La Wilaya de Ghardaïa est limitée administrativement (D.P.A.T., 2010) (Fig.03) :

- 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 d'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 grands 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'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).

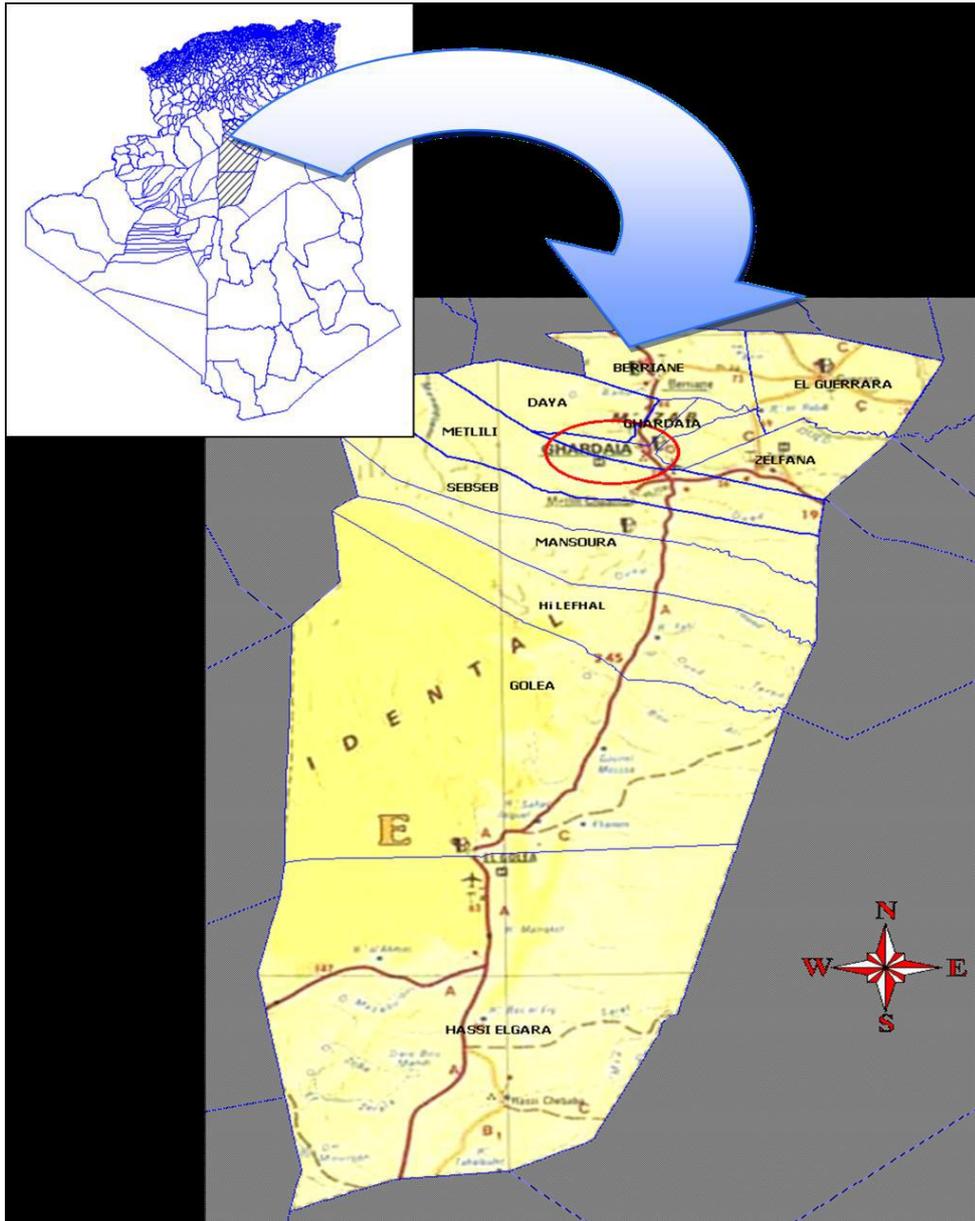


Figure 03 : Situation géographique de la région de Ghardaïa (A.N.R.H, 2010).

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 microclimat.

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. Précipitations

Pour l'étude de la précipitation on a obtenu une série pluviométrique de l'ONM de Ghardaïa pour une période de dix sept ans (1996-2012). Selon le tableau (III) et la figure (04), 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 III : Précipitations moyennes mensuelles (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.

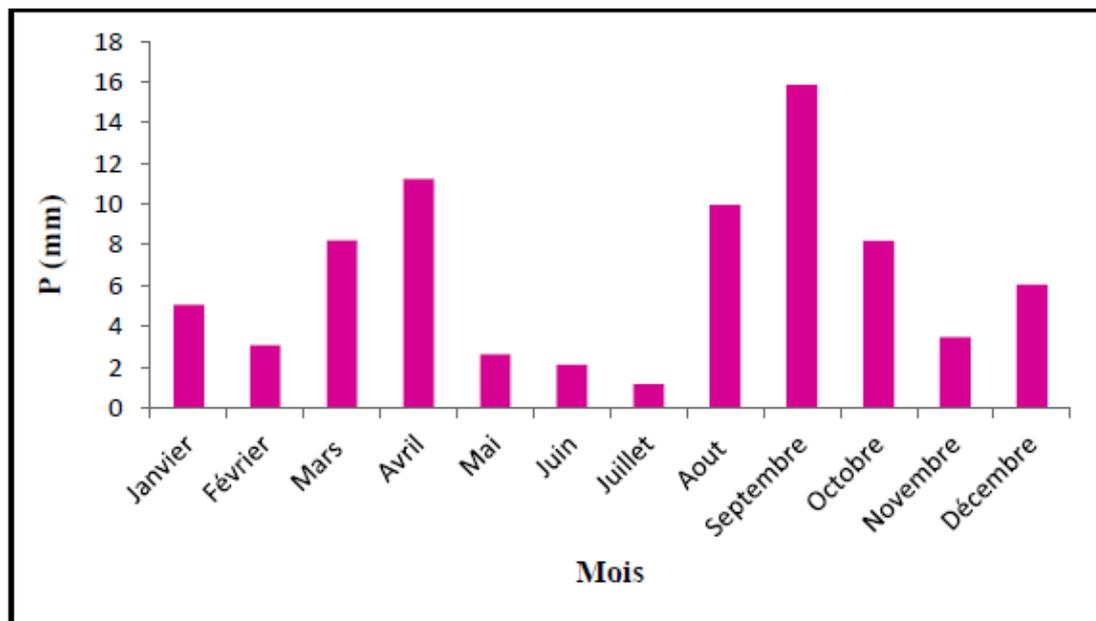


Figure 04 : Précipitations moyennes mensuelles (1996-2012) (ONM, 2013).

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. Le mois le plus froid est janvier avec une température moyennes de 12,34°C, le mois le plus chaud est Aout avec une température moyenne de 33,63°C (Tab. IV, Fig.05).la

température moyenne annuelle est de l'ordre de 22,60°C.

Tableau IV : Température moyennes mensuelles (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	22.60

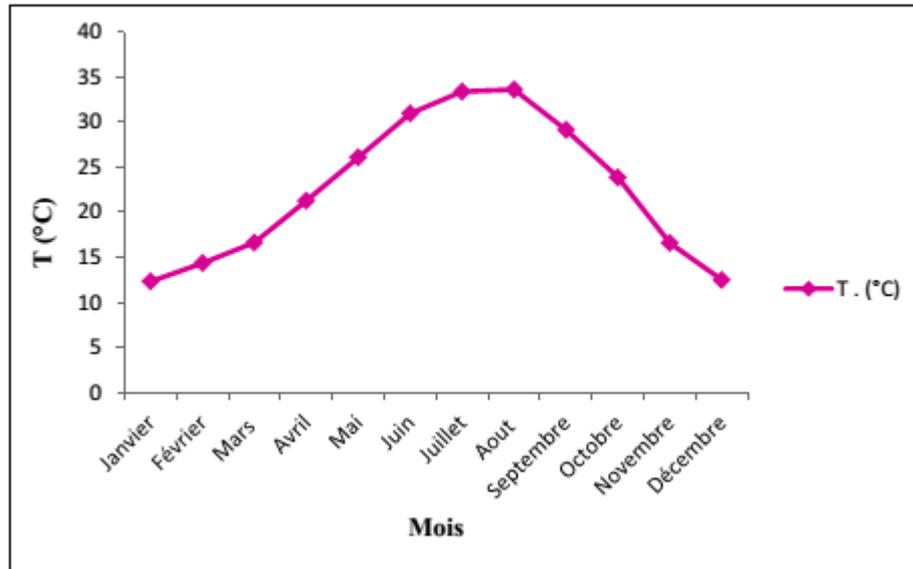


Figure 05 : Températures moyennes mensuelles (1996-2012) (ONM, 2013).

2.3. Humidité relative

D'après la figure (06), 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 avec une moyenne annuelle de 37,77%.

2.4. Evaporation

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. 07).

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

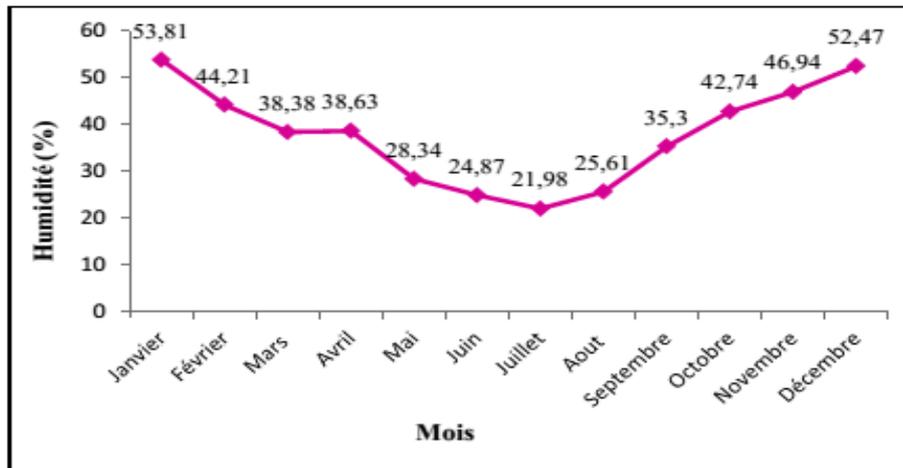


Figure 06 : Humidités relatives moyennes mensuelles (1996-2012) (ONM, 2013).

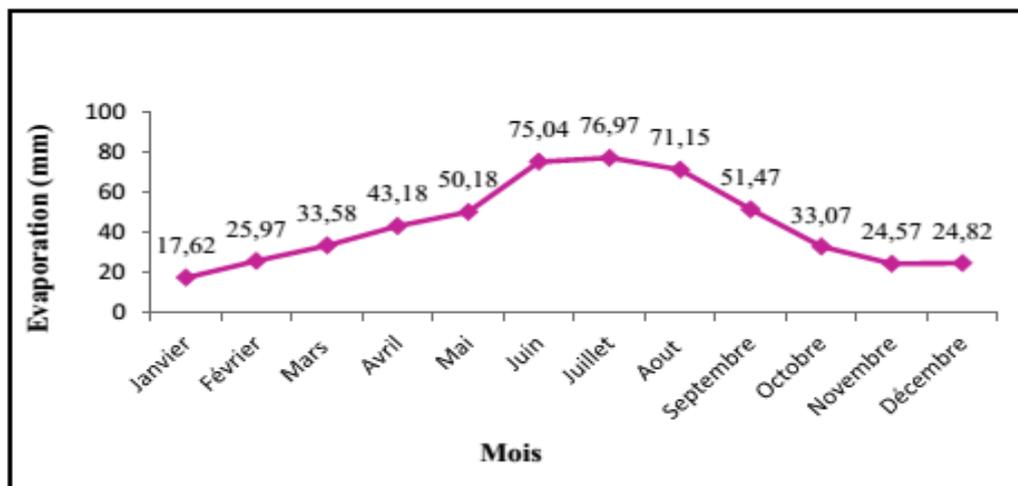


Figure 07 : Evaporation moyennes mensuelles (1996-2012) (ONM, 2013).

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 Bagnards et Gausson donne les périodes humides et les périodes sèches alors que le climagramme pluviométrique d'Emberger détermine l'étage bioclimatique.

2.5.1. Diagramme ombrothermique de Bagnards et Gausson

Le diagramme ombrothermique de Bagnards et Gausson 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 Gausсен de la région d'étude montre qu'il y a une période sèche qui s'étale sur toute l'année (Fig.08).

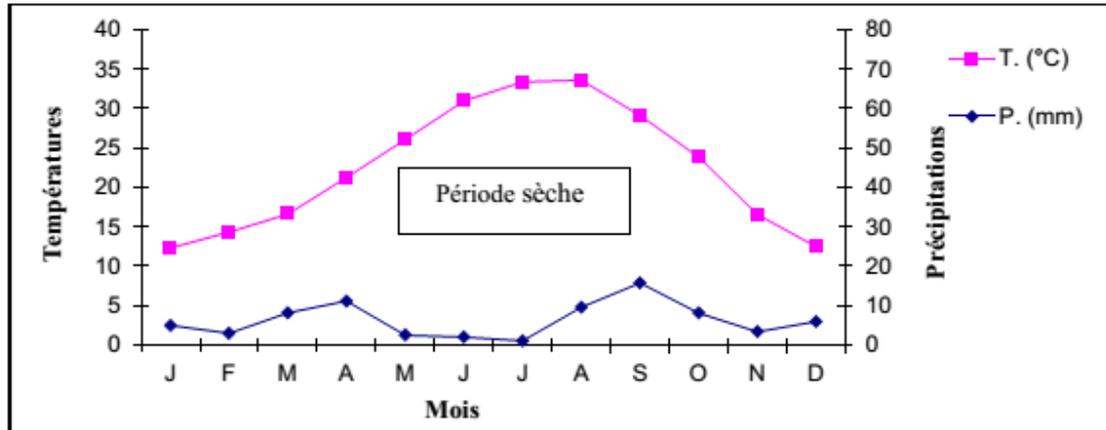


Figure 08 : Diagramme ombrothermique de Gausсен de la région de Ghardaïa (1996-2012) (ONM, 2013).

2.5.2. 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 7,57, 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.09).

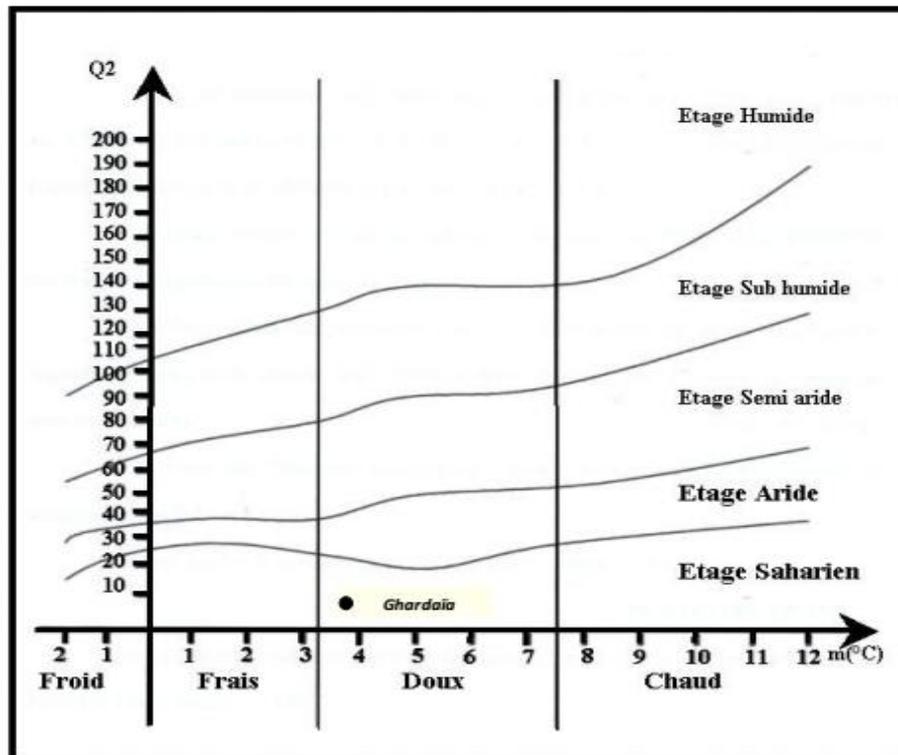


Figure 09 : Etage bioclimatique de la région de Ghardaïa selon le climagramme d'Emberger.

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 Abiod et l'Oued Laadhira à Dhayet Ben Dhahoua (A.N.R.H., 2007).

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.10).

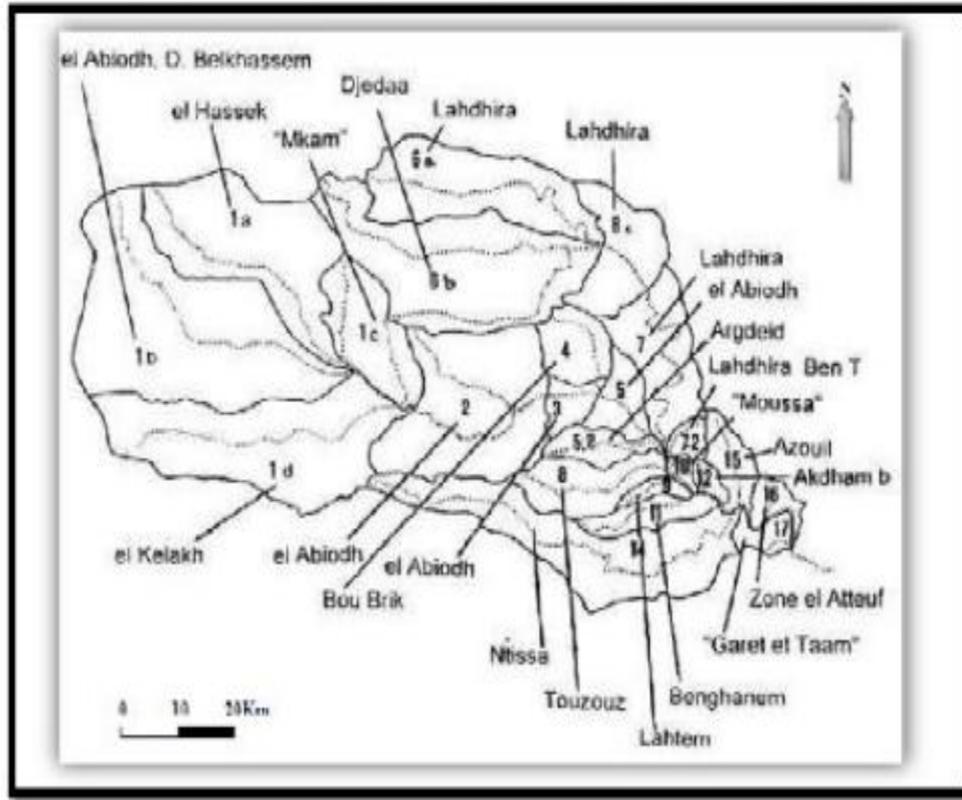


Figure 10: Les sous bassins versants de l'Oued M'Zab jusqu'à El Atteuf (BG., 2002).

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.11).

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.

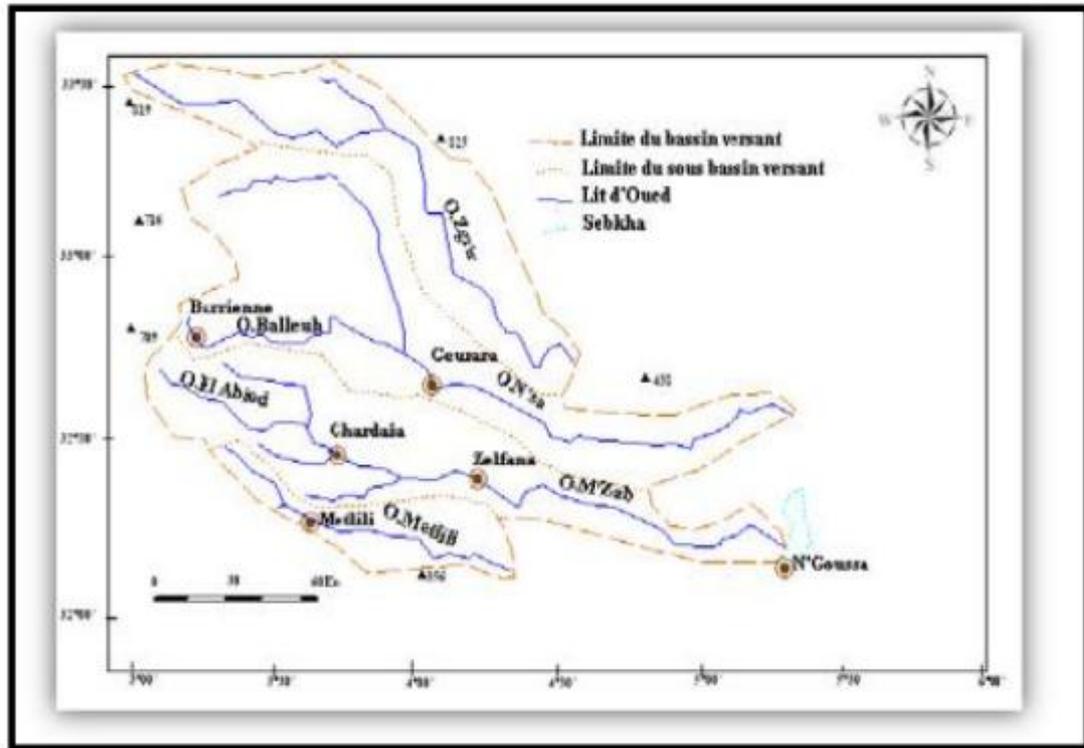


Figure 11: Bassin versant de la vallée du M'Zab (DUBIEF, 1963).

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 subhorizontal de massifs calcaires d'âge Turonien appelé couramment "la dorsale du M'Zab"(A.N.R.H. 2007).

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 Cénomanién (A.N.R.H. 2007).

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 (A.N.R.H. 2007).

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.12) (A.N.R.H. 2007).

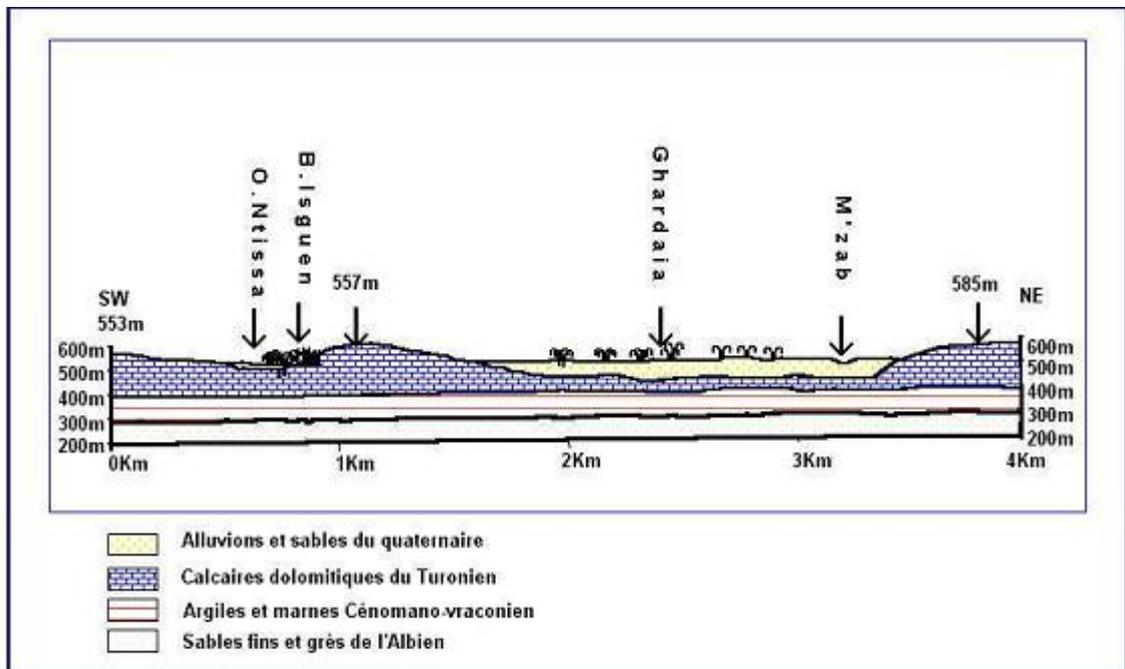


Figure 12 : Esquisse hydrogéologique du M'Zab (A.N.R.H. 2007).

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.13).

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 qu'elles 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 ElLouha 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).

- **Miocène** : 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. 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 :

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 (A.N.R.H. 2007).

6.1. Nappes phréatiques

L'aquifère de la nappe phréatique est formée 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'Inféro-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 (A.N.R.H. 2007).

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 (A.N.R.H. 2007).

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 (A.N.R.H. 2007).

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, 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.14).

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.13) (A.N.R.H. 2007).

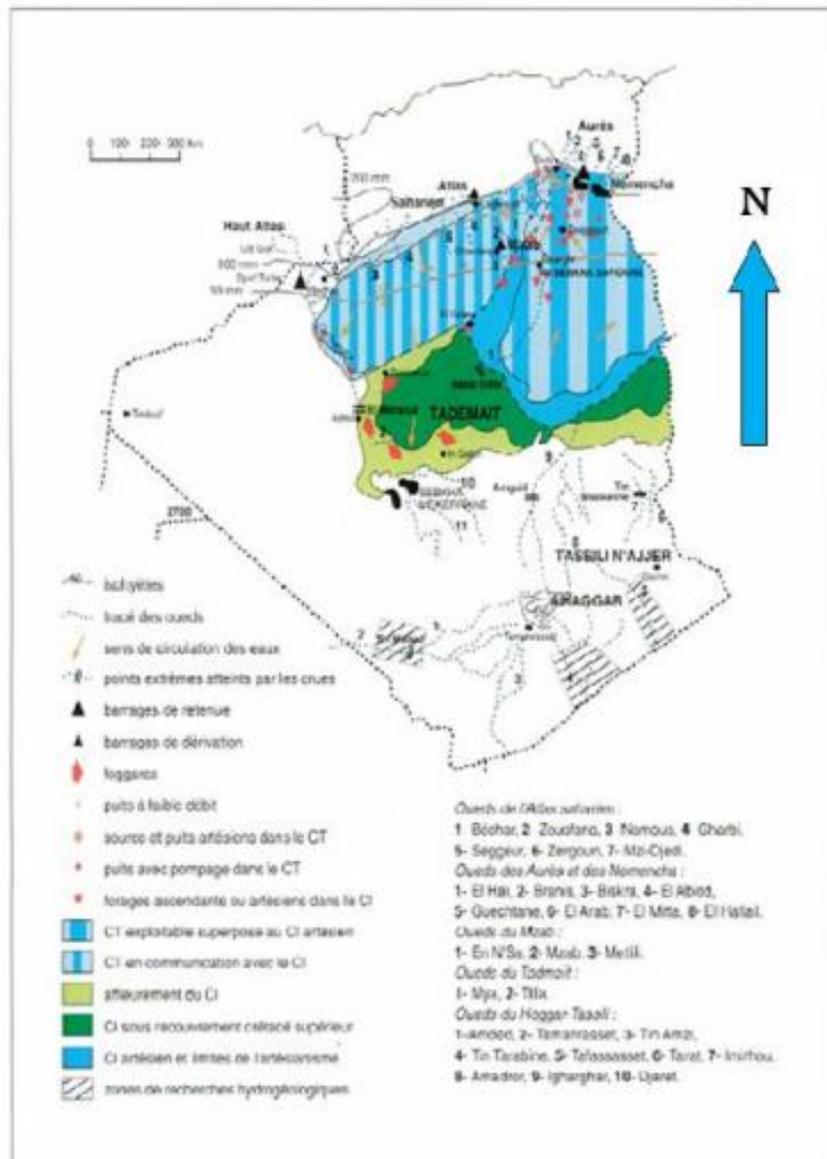


Figure 14: Aquifères du Sahara Algérien (MELLAK, 2009).

6.2.1. Exploitation de la nappe du Continental Intercalaire

Le premier ouvrage exploitant la nappe albienne dans la région de Ghardaïa, date du 01/05/1891, situé dans la vallée d'El 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. V) :

- 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 V : 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
Barriane	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
Ghardaia	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	20-70a+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	-	-

Source : (A.N.R.H., 2007).

P: pompage **a:** artésien **H:** Hassi

DEUXIÈME PARTIE

MATERIEL & METHODES

Chapitre III: Matériels et méthodes

1. Approche méthodologique :

L'approche méthodologique choisie dans notre étude permet de caractériser la qualité microbiologique des eaux phréatiques dans la région de Sebseb en comparant les valeurs mesurées aux normes internationales ainsi que l'étude de l'éventuel impact des fosses septiques sur la pollution biologique de ces eaux

2. Choix de la région d'étude :

Nous avons sélectionné la région de Sebseb pour effectuer ce travail. Plusieurs critères déterminent le choix de la région d'étude, les plus importants sont :

- La présence de puits à la nappe phréatique à proximité des rejets urbains (fosses septiques traditionnelles)
- L'existence des exploitations agricoles utilisant ces eaux pour l'irrigation et même pour l'alimentation en eau potable.

3. Présentation de la région de Sebseb :

Sebseb est située à 60 km du chef-lieu de wilaya de Ghardaïa 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 (HOUICHITI, 2009).

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, et du fait que son 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 YUCEF (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 doux.

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 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 30cm et 1m et prend une structure massive assez dure (HOUICHITI, 2009).

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 (Albien) (HOUICHITI, 2009).

- **La 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. Chaque parcelle exploitée a 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).

- **La 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 (500m), mais le débit varie de 22 à 60 litres par

seconde. Pour amener l'eau à la surface, le pompage est nécessaire (HOUICHITI, 2009).

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 3 sites (en amont, en aval et au centre) d'agglomérations, dans chaque site 5 ou 6 points d'eau et une fosse septique pour la réalisation de ce travail. Ils sont répartis d'une manière dispersée au tour de la fosse septique, le 1^{ère} site (QUARTIER ADMINISTRATIFE), 2^{ème} (QUARTIER EL BORDJ) et 3^{ème} (QUARTIER LAHRITE).

Un puits en amont et éloigné des fosses a été échantillonné et considéré comme témoin.

Les analyses microbiologiques sont effectuées au niveau du laboratoire de Contrôle Algérien de Qualité Alimentaire et Emballage (C.A.Q.A.E.), et le laboratoire de l'université 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 ;
- Renouveaulement 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 en (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 en (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.

5.1. Zone d'échantillonnage

Nous avons sélectionné point d'eau pour la réalisation de ce travail. Ils sont répartis uniformément à travers le lit de l'oued Sebseb dans la commune de Sebseb (Fig.15).

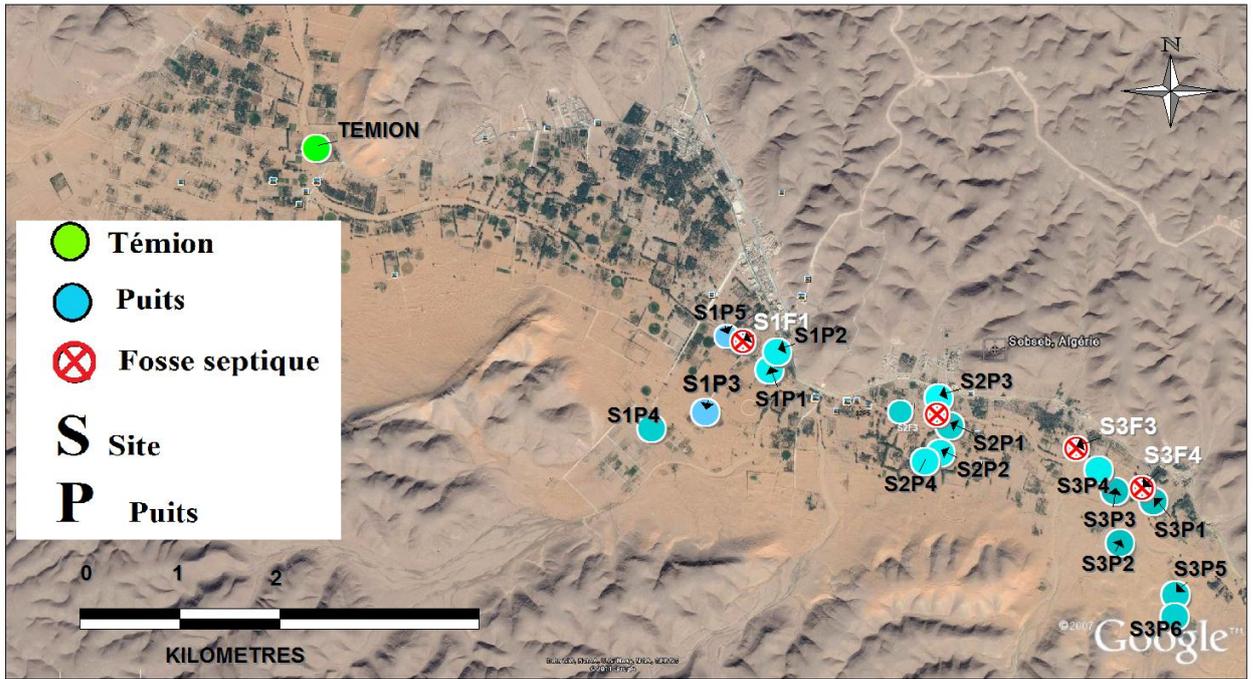


Figure 15: Photo satellite de l'ensemble de la zone d'étude.



Photos 1 : puits et fosse septique de prélèvement (Originale).

6. Techniques d'analyse

6.1. Analyse bactériologique

6.1.1. 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), Gélose nutritive alcaline biliée (GNAB), Hektoen, Gélose : Triple Sugar Iron (TSI), Gélose lactose-glucose-H₂S Kiger- Hajna (KIA) et Gélose desoxicolate lactose (DCLS).

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), Eau peptonnées alclain (EPA), Eau peptonnée tomponée (EPT), Rappaport vasiladis, Séléatine Cystine .

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, sauf les milieux de cultures à haute spécificité : Gélose desoxicolate lactose (DCLS) et Hektoen utilisés sans stérilisation.

6.1.2. Analyse bactériologique d'eau de puits

6.1.2.1. Dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux

a. Protocole

- Transférer, à l'aide d'une pipette stérile, une prise d'essai de 1 ml de l'échantillon à analyser dans deux boites 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 boites de Pétri à 22°C et l'autre à 37°C (Fig.16) (MOUFFOK *et al.*, 1992).

b. Incubation

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

c. 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.

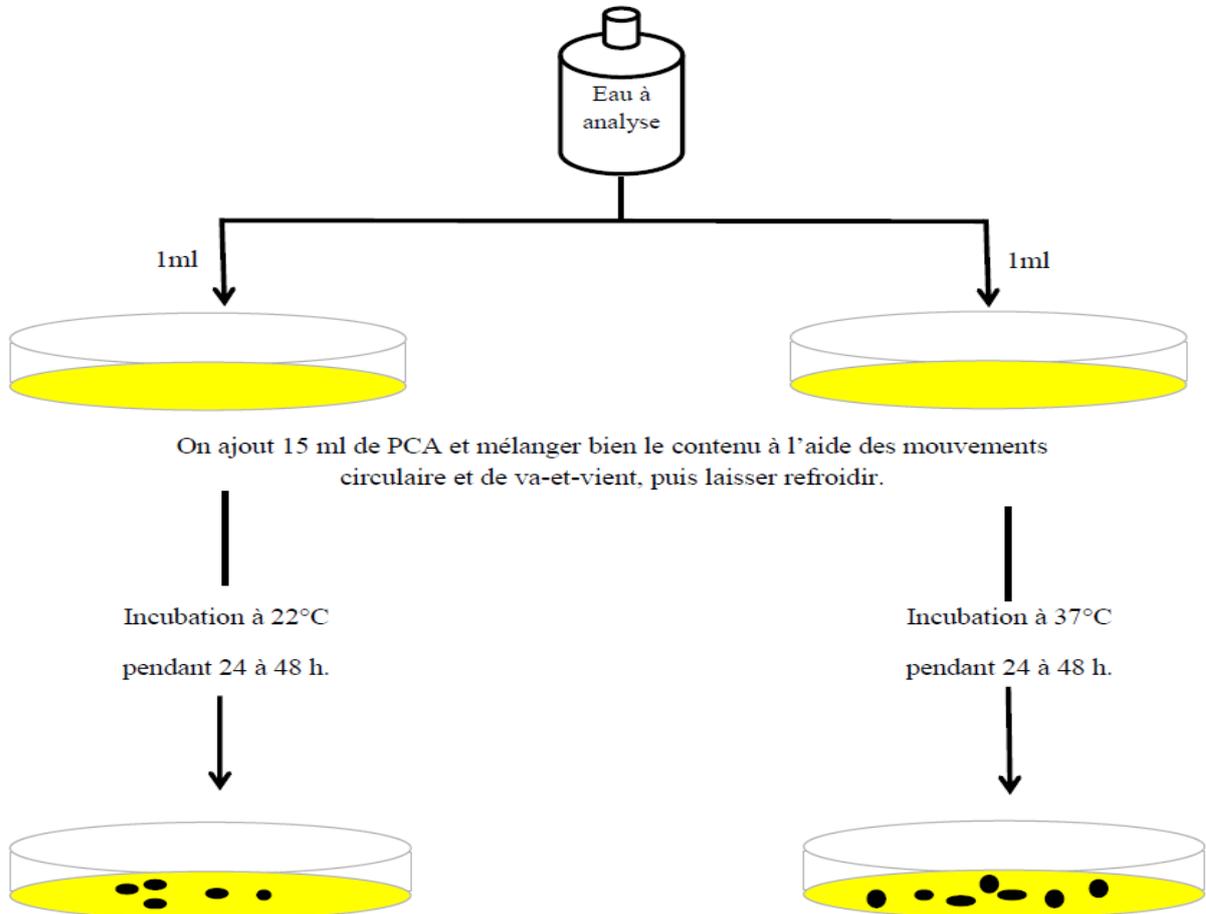


Figure 16 : Recherche des germes anaérobies mésophiles totaux dans les eaux des puits (MOUFFOK *et al.*, 1992).

6.1.3. 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 est réservé à la recherche des coliformes fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

6.1.3.1. 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.17) :

- 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.

6.1.3.2. Test confirmatif

Ce test est effectué pour le dénombrement des coliformes fécaux. Les milieux considérés comme positifs après le test présumptif, sont repiqué dans un nouveau milieu qui est le milieu Shubert sélectif pour la recherche des coliformes thermo-tolérants (Fig.17).

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 (02) techniques table de MAC CRADY).

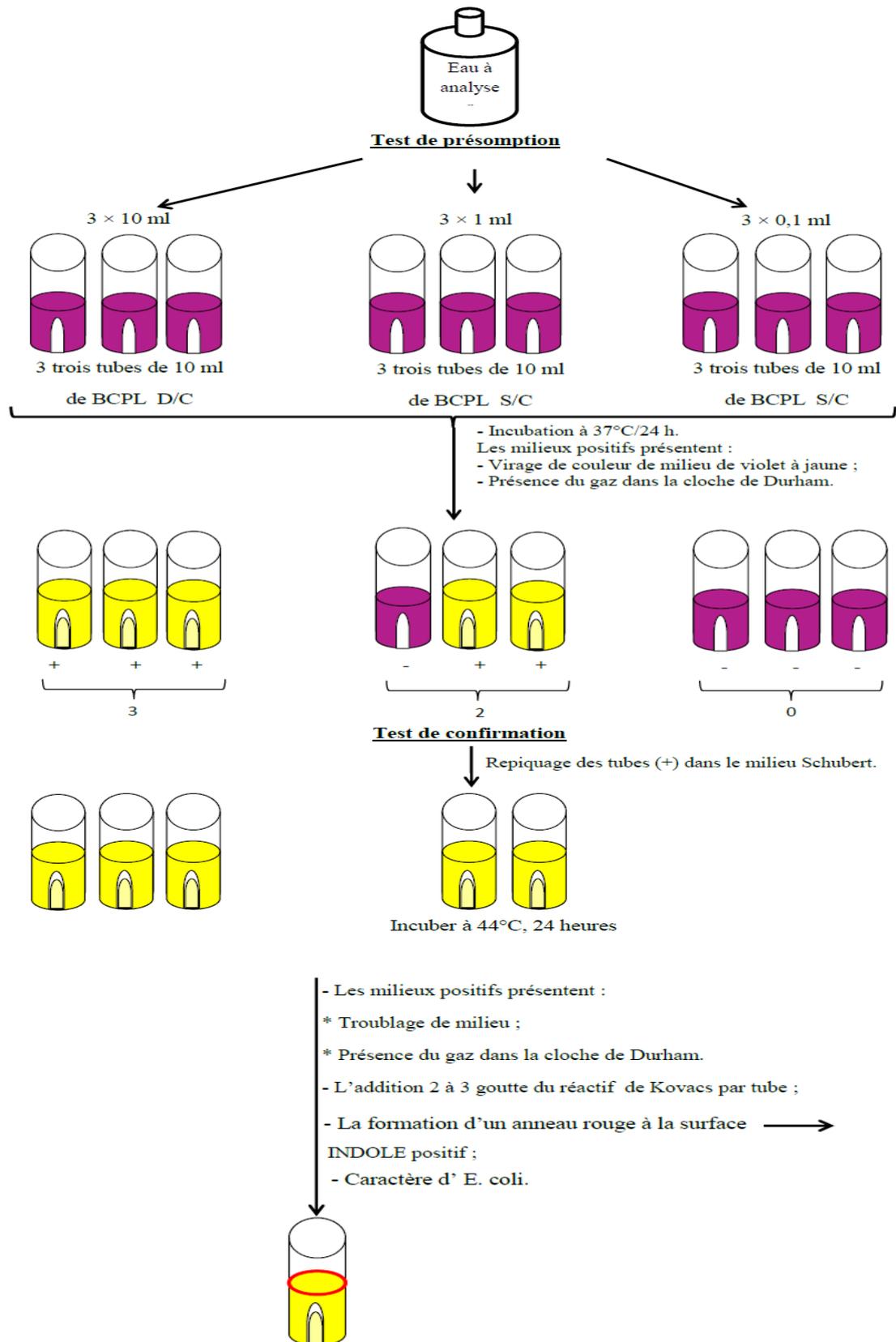


Figure 17 : Recherche et dénombrement des coliformes et d'*E. Coli* dans les eaux de puits (MOUFFOK *et al.*, 1992).

6.1.4. Recherche et dénombrements des streptocoques

6.1.4.1. Test présomptif

Nous avons, utilisé la méthode des tubes multiples (Fig.18), le milieu de ROTHE est utilisé comme un milieu présomptif, pour réaliser ce test, nous avons procédés comme suit :

- Trois tubes de milieu ROTH a doublé concentration (D/C), chacun estensemencé par 10 ml d'eau à analyser ;
- Trois tubes de milieu ROTH a simple concentration (S/C), chacun estensemence par 1 ml d'eau à analyser ;
- Trois tubes de milieu ROTH a simple concentration (S/C), chacun estensemence par 0.1 ml d'eau à analyser ;
- On incube le tout a 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.

6.1.4.2. 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 (Fig.18). 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.

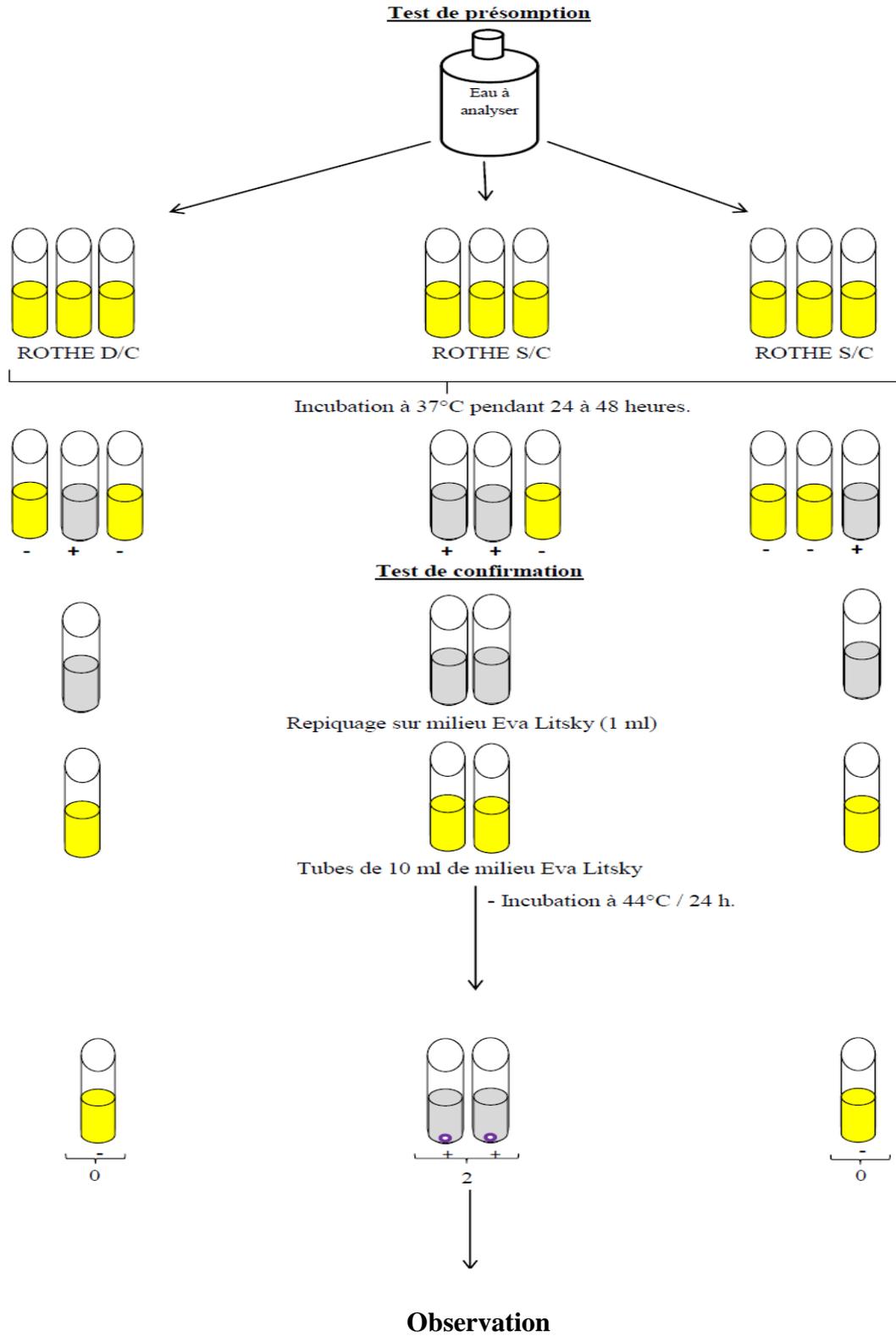


Figure 18 : Recherche et dénombrement des streptocoques dans les eaux de puits (MOUFFOK *et al.*, 1992).

6.1.5. Recherche des anaérobies *sulfito-réducteurs*

6.1.5.1. 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.19).

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

6.1.5.2. Lecture

La présence des bactéries anaérobique *sulfito-réductrice* 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).

- Observation

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

Nous avons utilisé le tableau de de MAC CRADY pour le dénombrement des bactéries : 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) Annexe (02) techniques table de MAC CRADY) (C.A.Q.A.E., 2014).

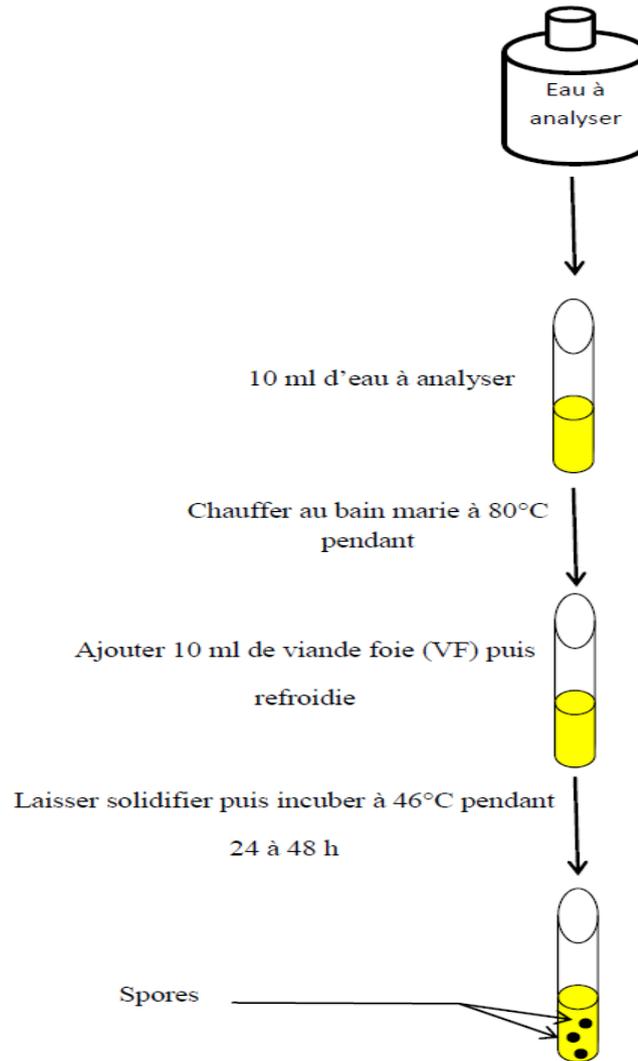


Figure 19 : Recherche des *Clostridium*s dans les eaux de puits (MOUFFOK *et al.*, 1992).

6.2. Analyse bactériologique de l'eau usée de la fosse septique

- On utilisé la même méthode et protocole d'analyse des eaux de puits pour les paramètres étudiés (germe aérobie mésophile total, les coliformes, streptocoque et *Clostridium*);
- La lecture des germes aérobie mésophile total est faite après la dilution ;
- En plus, on recherche les salmonelles et vibrions cholérique dans les eaux usées ;
- le dénombrement est effectué suivant la méthode du nombre le plus probable «NPP» (Annexe 2) techniques table de MAC CRADY) (C.A.Q.A.E., 2014).

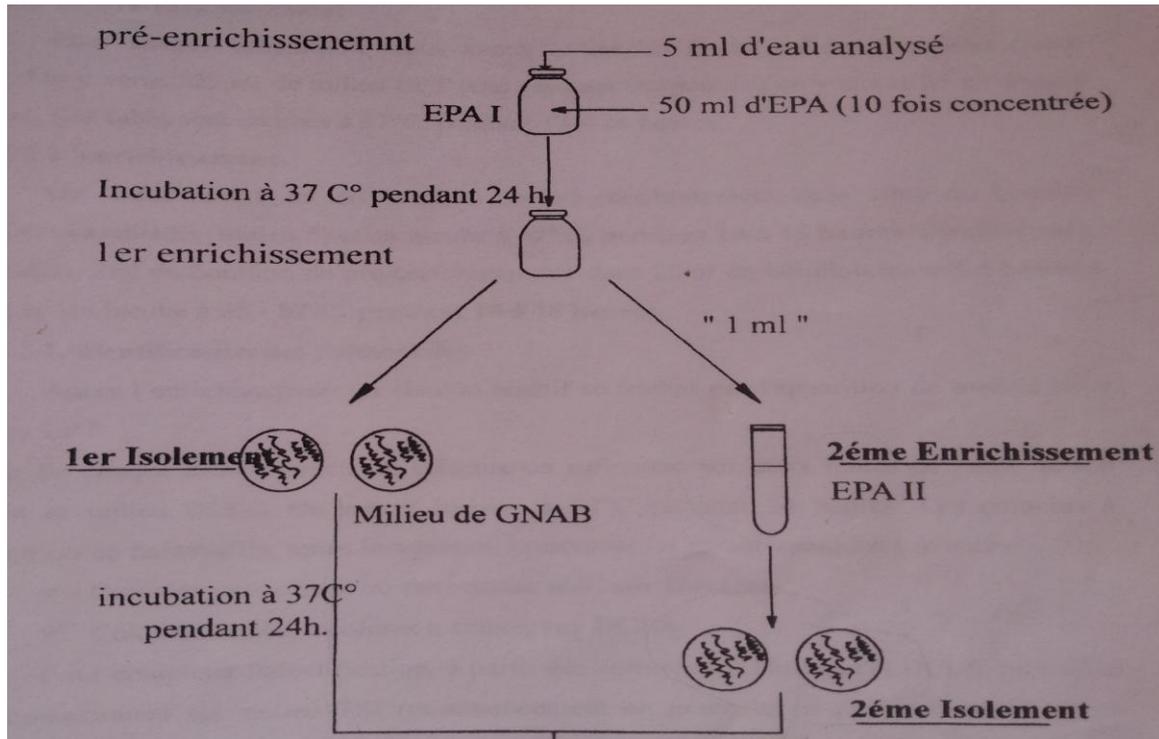
6.2.1. Recherche des vibrions cholériques

Selon BOUABDALY en (2001), on suit les étapes dans (Fig.20) :

- ❖ **Le 1^{ère} enrichissement**: dans un flacon stérile de 250 ml, contenant 50 ml d'eau peptonée alcaline, on y a ajouté 5 ml d'eau analysé pour chaque échantillon (nous avons respecté la proportion de 1/10 la prise d'essai et le volume du milieu d'enrichissement). On procède à une incubation des flacons, ainsi préparés, à 37°C, pendant 24 heures. A bout de 16 heures, si la réaction est positive, on observe un trouble et une surface ondulée noire ; en 24 heures il y a apparition d'un voile fin et fragile.
- ❖ **Le 1^{ère} isolement** : dans milieu de culture GNAB (gélose nutritive alcaline biliées) ensemencer d'un prélèvement en surface, sur deux boîtes de Pétri.
- ❖ **Le 2^{ème} enrichissement** : en mettant 6 à 8 gouttes de milieu enrichissement I dans un tube d'EPA et qu'on incube à 37°C pendant 24 heures.
- ❖ **Le 2^{ème} isolement** : Après l'incubation, on isole à partir de milieu enrichissement I sur deux boîtes de Pétri contenant milieu de culture GNAB.
- ❖ **La lecture** : sur GNAB les colonies suspectes sont translucides bleutées
- ❖ **L'identification** : les colonies doivent subir un test d'oxydase et une recherche d'agglutination par le sérum polyvalent.
- ❖ Les colonies présentant les caractères cultureux du vibrion sont repiquées sur des tubes contenant du milieu Klugger agar (KIA) puis incubées à 37°C, pendant 24 heures.

Les caractéristiques typiques des KIA de vibrion :

- ✓ Une pente rose traduisant le non dégradation de lactose ;
- ✓ Un culot jaune, prouve la dégradation de glucose ;
- ✓ Absence de gaz ;
- ✓ Absence de noircissement (H_2S^-).



Test d'oxydase



Repiquage sur KIA + Identification biochimique



Agglutination par le sérum polyvalent et H₂O physiologique + antibiogramme

Figure 20 : Recherche des vibrions cholériques dans les eaux usées domestiques (BOUABDALY, 2001).

6.2.2. Recherche de *Salmonella*

D'après BOUABDALY en (2001), on suit les étapes dans (Fig.21) :

- ❖ **Le pré-enrichissement** : dans un flacon stérile d'une contenance 250 ml, On y verse 225ml de milieu EPT (eau peptone tamponnée) on y ajoute 25ml d'eau à analyser. les flacons sont incubés à 37°C, pendant 18 à 24 heures.

- ❖ **L'enrichissement** : on transfère 0,1ml du bouillon de pré-enrichissement dans

10ml de bouillon Rappaport vassiliadis (1) et on incube à 42°C, pendant 16 à 18 heures. Parallèlement, on transfère 2ml de du bouillon de pré-enrichissement dans 20ml de bouillon mannitol Sélénite Cystine et on incube à 35à 37°C, pendant 16 à 18 heures.

- ❖ **L'isolement** : Après l'incubation des résultats positifs de milieu enrichissement ceux qui sont traduites par l'apparition de trouble dans EPT, on isole sur deux boites de Pétri, milieu Hektoen et milieu DCLS. Incubation à 37°C, pendant 24 heures.
- ❖ **L'identification** : les colonies à présomption de *salmonella*, après incubation, présentent les caractéristiques suivantes :

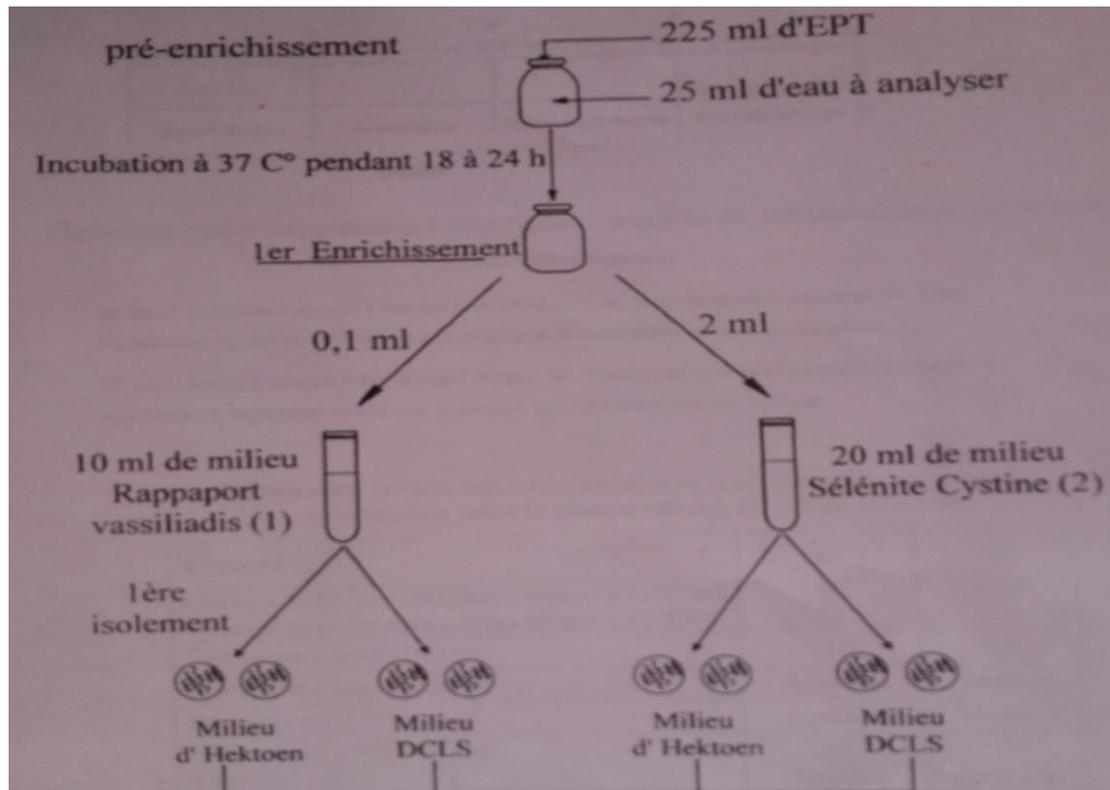
- ✓ Colonies vertes avec ou sans centre noire, sur Hektoen ;
- ✓ Colonies larges, incolores a ambré, sur DCLS.

Pour compléter l'identification, à partir des cultures sur Hektoen et DCLS, on réalise un ensemencement sur TSI (ensemencement en pente et en pique centrale) et on incube à 37°C pendant 24 heures. Le résultat de cette mise en culture est comparé avec les principales caractéristiques des salmonelles (Tab. VI).

Tableau VI : principales caractéristiques des salmonelles en milieu de culture TSI.

	Reactions	Observation
Glucose	(+)	Culot jaune
Lactose	(-)	Pas de modification de couleur
Saccharose	(-)	Pas de modification de couleur
Production du gaze	(+)	Formation de grosses bulles d'air dans le culot
Production du H ₂ S	(-)	Pas de noircissement du milieu de culture

Source : (BOUCHENGA et LAHRACHE, 2006).



Repiquage des colonies suspectées sur TSI



Incubation à 37°C pendant 24h



Identification biochimique

Figure 21: Recherche des *Salmonelles* dans les eaux usées domestiques (BOUABDALY, 2001).

7. Traitement des 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 03).

7.2. Réalisation des cartes thématiques

Afin de rechercher de l'impact des fosses septiques sur la caractérisation microbiologique des eaux phréatiques de la région de Sebseb, nous avons utilisé le système d'information géographique (données « image satellitaires », programmes pour l'élaboration des :

- Cartes de localisation ;
- Cartes thématiques ;
- Modèle Numérique de Terrain ;

TROISIEME PARTIE

RESULTATS & DISCUSSION

Chapitre IV : Résultats et Discussions

Dans le présent travail, nous avons essayé d'étudier l'impact des fosses septiques sur la caractérisation biologique des eaux de la nappe phréatique de la région de Sebseb, en comparant les résultats d'analyse bactériologique obtenus aux normes internationales de Communauté Economique Européenne (CEE) et en tenant compte de l'existence des fosses septiques à la proximité des puits inventoriés.

Notre choix s'est porté sur trois sites : le premier en amont, le second au centre et le troisième en aval, incluant pour chacun une fosse septique, comparés à un témoin situé plus haut en amont, et plus loin des fosses septiques.

1. Evaluation microbiologique des eaux phréatiques et des fosses septiques

Tous les résultats sont présentés synthétiquement de la façon suivante :

N ; m ± sd (min - max)

Dont :

N : nombre d'échantillons
m : moyenne
sd : Ecart-type
min : minimum
max : maximum

1.1. Evaluation microbiologique des eaux phréatiques et de la fosse septique du site 01

1.1.1. Germes totaux à 22°C

Les germes totaux à 22°C sont des bactéries d'origine résiduaire (environnementale) (HAMDI, 2011). Pour les puits échantillonnés, les valeurs vont de 0 UFC/ml (puits S1P1) à 362 UFC/ml (puits S1P4) avec une moyenne de 191,4 UFC/ml. Alors que, pour la fosse septique (S1F1), la valeur est de 290 UFC/ml (Fig. 22).

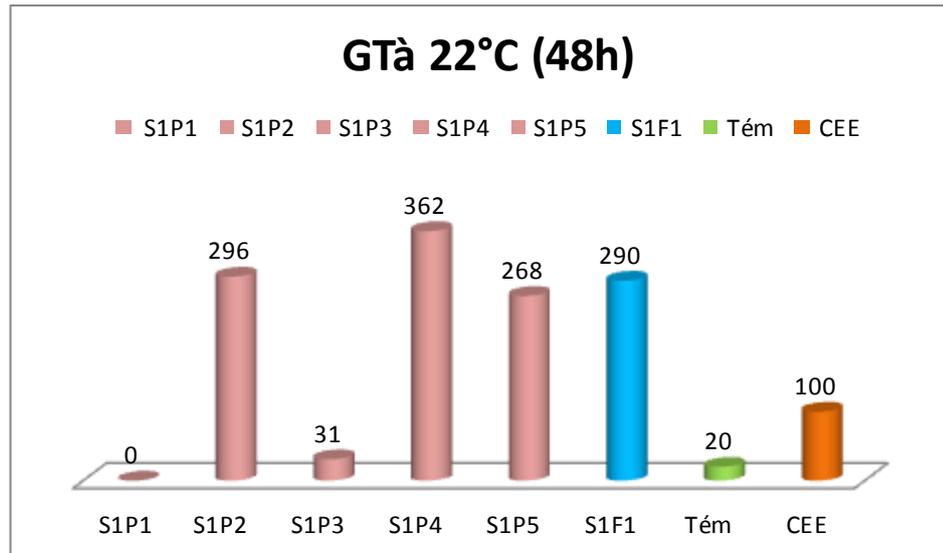


Figure 22: Variation de la concentration en germes totaux à 22°C des eaux phréatiques et de la fosse septique du site 01.

A partir de la figure (22), on constate que la majorité des puits analysés dépassent la norme européenne relative aux germes totaux et la consommation de l'eau de ces puits peut provoquer, ce qui traduit le manque de la qualité hygiénique (GUESSOUM *et al.*, 2014) et l'absence d'un traitement des eaux (OMS, 1994), à l'exception des puits S1P1 et S1P3 qui sont conformes à la norme.

1.1.2. Germes totaux à 37°C

D'après la figure (23), la concentration de la flore aérobie mésophile totale, à 37 °C varie entre une valeur minimale de 16 UFC/ml enregistrée dans le puits S1P3 et une valeur maximale de 456 UFC/ml enregistrée dans le puits S1P1, avec une moyenne de 193,4 UFC/ml. Notons que pour la fosse septique S1F1 la valeur est de 100 UFC/ml.

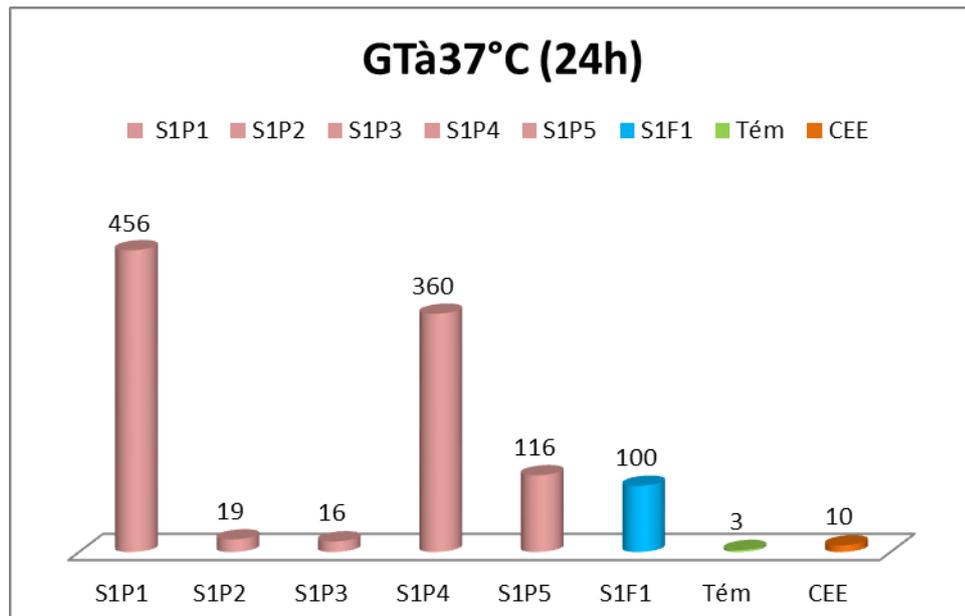


Figure 23: Variation de la concentration en germes totaux à 37°C des eaux phréatiques et de la fosse septique de site 01.

A cet effet, on peut constater que la majorité d'échantillons d'eau des puits analysée est supérieure à la norme européenne à l'exception du témoin et on remarque que les puits S1P1, S1P4 et S1P5 dépassent même la fosse septique S1F1 (Fig. 23). Ce qui rend ces eaux non potables, puisque ils ont perdus leur qualité hygiénique. La présence des germes totaux à 37°C signifie l'inefficacité des traitements des eaux (CAROLINE *et al.*, 2002 in GUESSOUM, 2013; OMS, 1994). Ces germes (germes totaux à 37°C) sont, d'après HAMDI (2011), des bactéries d'origine intestinale (humaine ou animale).

1.1.3. Coliformes totaux

La concentration minimale est obtenue au niveau des puits S1P2 et S1P3, avec une valeur de 1100 UFC/ml, tandis que la concentration maximale est celle obtenue au niveau des puits S1P5 (1122 UFC/ml), avec une moyenne de 1110,4 UFC/ml. Néanmoins, pour la fosse septique S1F1, nous observons un pic de l'ordre de 1900 UFC/ml.

Les valeurs des coliformes totaux présents dans les puits analysés dépassent sur les cinq échantillons S1P1, S1P2, S1P3, S1P4 et S1P5 la norme (Fig. 24), ce qui signifie que L'analyse des coliformes totaux permet donc d'obtenir de l'information sur la vulnérabilité possible d'un puits à la pollution de surface. Par ailleurs, leur résistance aux agents antiseptiques, et notamment au chlore et ses dérivés, est voisine de la résistance des bactéries pathogènes vis-à-vis

desquelles ce type de traitement est instauré, ils constituent donc des indicateurs d'efficacité de traitement (OMS, 1994).

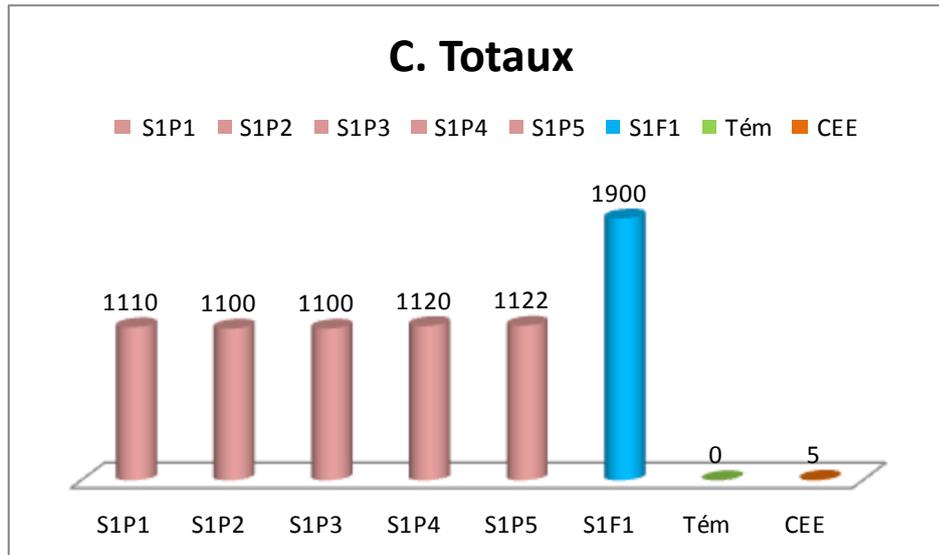


Figure 24: Variation de la concentration en coliformes totaux des eaux phréatiques et de la fosse septique de site 01.

1.1.4. Coliformes fécaux

Le nombre d'individus de coliformes fécaux varie d'un minimum de 150 UFC/ml pour le puits S1P3 à un maximum de 1100 UFC/ml (puits S1P1, S1P4) avec une moyenne de 654 UFC/ml. Etant donné que pour la fosse septique, cette valeur est, également, estimée à 1100 UFC/ml.

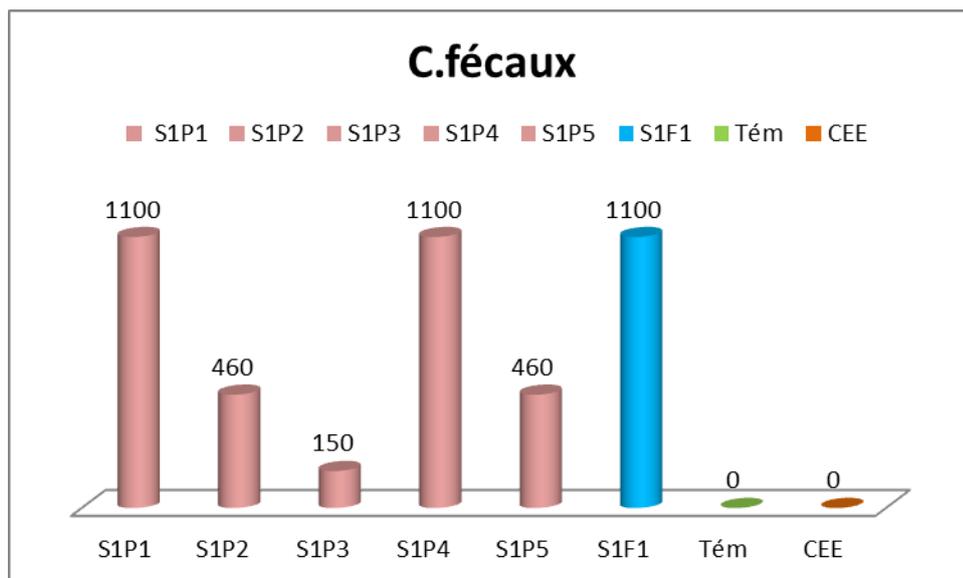


Figure 25 : Variation de la concentration en coliformes fécaux des eaux phréatiques et de la fosse septique de site 01.

Selon la figure (25), on remarque que la totalité des puits analysés dépasse la norme. 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 (GUESSOUM, 2013).

1.1.5. *Escherichia coli*

Les concentrations d'*Escherichia coli* dans les eaux analysées s'étendent d'une valeur minimale de 7 UFC/ml enregistrée au niveau de puits S1P1 et une valeur maximale de 21 UFC/ml enregistrée au niveau de puits S1P3, avec une moyenne de 12, 8 UFC/ml, alors que pour la fosse septique la valeur est de 240 UFC/ml.

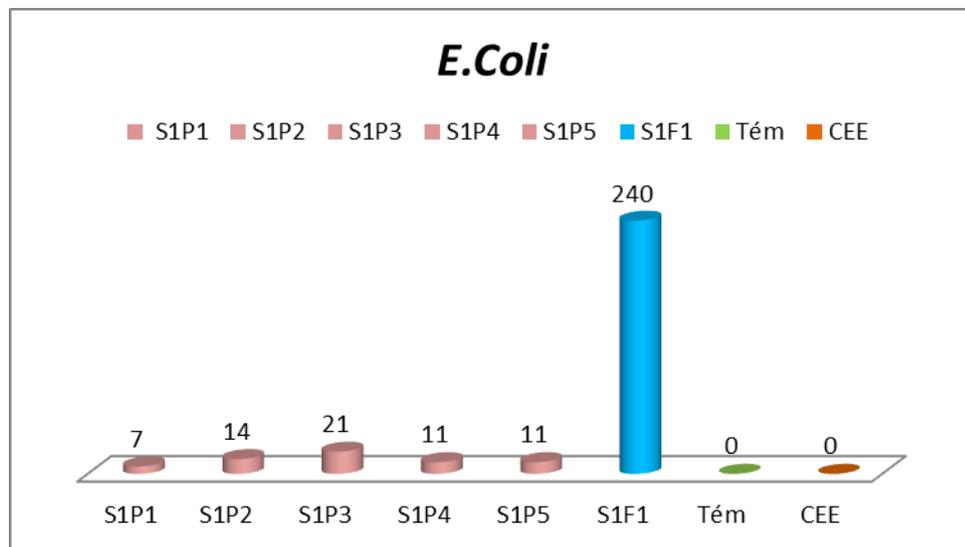


Figure 26 : Variation de la concentration en *Escherichia coli* es eaux phréatiques et de la fosse septique de site 01.

Il est à noter que la présence d'*Escherichia coli* dans les cinq puits des échantillons analysés indique que celle-ci a été contaminée par des matières fécales pouvant contenir des micro-organismes pathogènes, comme des bactéries, des virus ou des parasites. Ces eaux sont imbuables et peuvent provoquer des affections génito-urinaires (métrite et cystite) et des syndromes digestifs (lithiases et appendicites) et au niveau de la circulation pulmonaire (Fig. 26) (M.E.N.E., 2010).

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

Le tableau (VII) représente l'analyse bactériologique des puits du site 01.

Tableau VII : Récapitulatif d'analyses bactériologiques des puits du site 01.

Paramètres bactériologiques	Site 01
Germes totaux à 22°C	5 ; 191,4 ± 164,526 (0 – 362)
Germes totaux à 37°C	5 ; 193,4 ± 202,849 (16-456)
Coliformes totaux	5 ; 1110,4± 10,526 (1100-1122)
Coliformes fécaux	5 ; 654 ±426,357 (150-1100)
<i>Escherichia coli</i>	5 ; 12,8 ± 5,215 (7-21)

1.2. Evaluation microbiologique des eaux phréatiques et de la fosse septique du site 02

1.2.1. Germes totaux à 22°C

Les valeurs de la concentration en germes totaux varient entre 13 UFC/ml (S2P3) et 760UFC/ml (S2P1) avec une moyenne de 430.6 UFC/ml ; la valeur pour S2F2 est de 250 UFC/ml. La valeur enregistrée dans la fosse septique est de 250 UFC/ml.

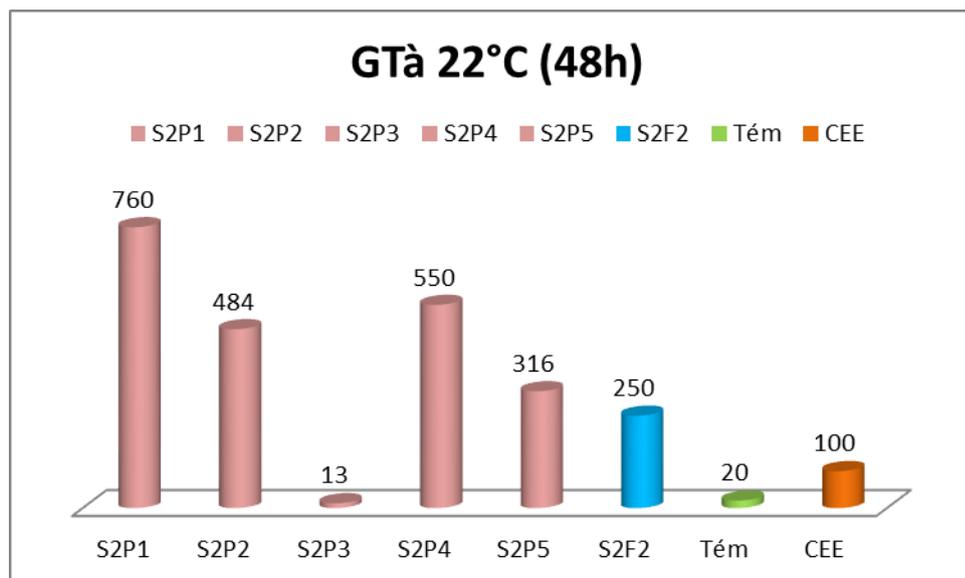


Figure 27 : Variation de la concentration en germes totaux à 22°C des eaux phréatiques et de la fosse septique de site 02.

Dans la figure (27), nous observons que la concentration en germes totaux à 22°C dépasse les normes pour la majorité des puits échantillonnés, sauf pour le puits S2P3 qui est conforme à la norme.

1.2.2. Germes totaux à 37°C

Dans la figure (28), La concentration de la flore aérobie mésophile totale à 37 °C varie entre une valeur minimale de 14 UFC/ml enregistrée dans le puits S2P3 et une valeur maximale de 576 UFC/ml enregistrée dans le puits S2P4, avec une moyenne de 266.4 UFC/ml. Pour la fosse septique S1F1 la valeur est de 130 UFC/ml.

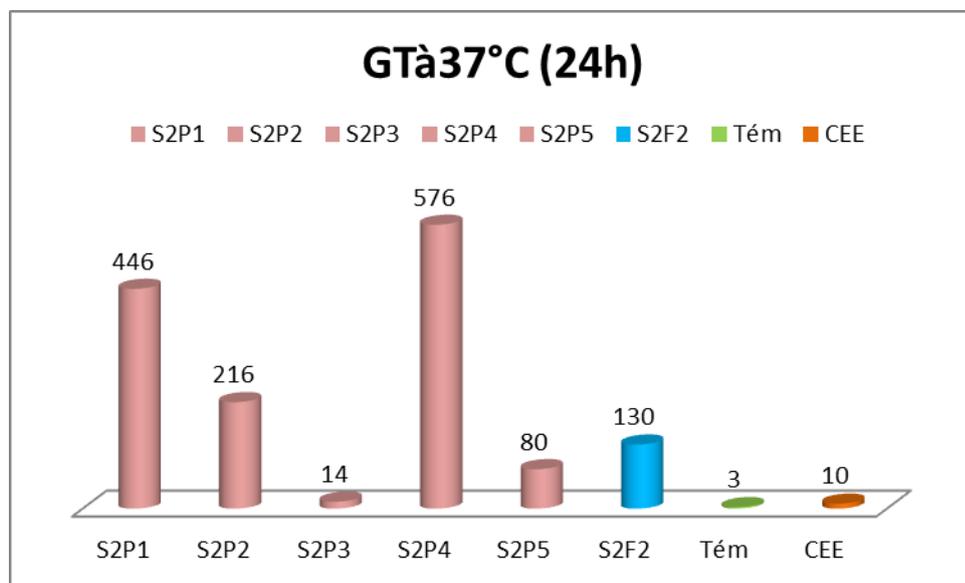


Figure 28 : Variation de la concentration en germes totaux à 37°C des eaux phréatiques et de la fosse septique de site 02.

D'après la figure(28), la totalité d'échantillons d'eau des puits analysée est supérieure à la norme européenne à l'exception du témoin et on remarque que les puits S2P1, S2P2 et SP4 dépassent même la fosse septique S2F2.

1.2.3. Coliformes totaux

Le nombre d'individus de coliformes totaux varie entre 0UFC/ml (puits S2P3) pour le minimum et 1130 UFC/ml (puits S2P1) pour le maximum avec une moyenne de 892.6UFC/ml avec un pic de 2500 pour la fosse septique S2F2.

Selon la figure (29), on remarque que la majorité des puits analysés dépasse la norme S2P1, S2P2, S2P4 et S2P5, par contre il y a un seul puits qui est à la limite de la norme S2P3.

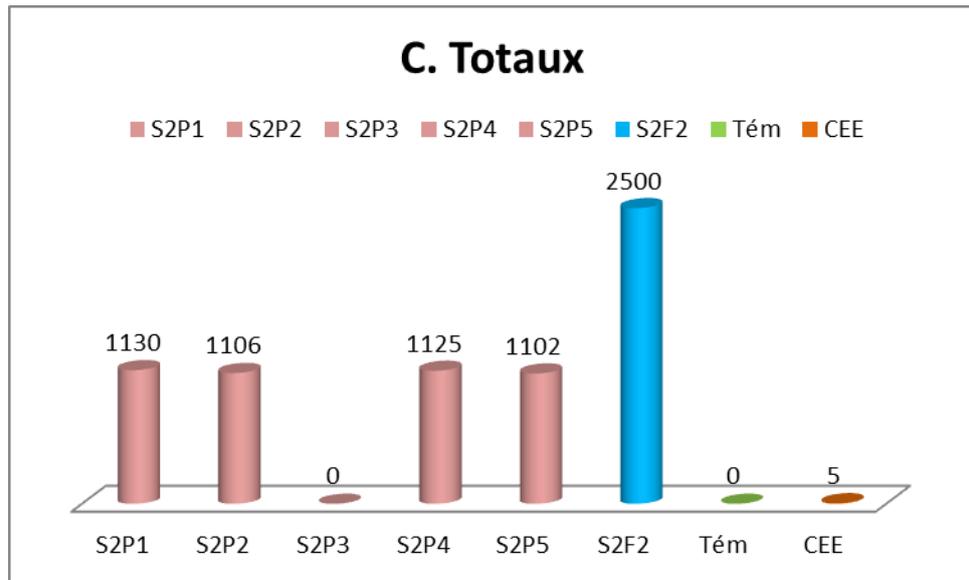


Figure 29: Variation de la concentration en coliformes totaux des eaux phréatiques et de la fosse septique de site 02.

1.2.4. Coliformes fécaux

La concentration minimale est obtenue au niveau du puits (S2P3) 0 UFC/ml, tandis que la concentration maximale est obtenue au niveau du puits (S2P1) 1104 UFC/ml, avec une moyenne de 690.8 UFC/ml, la fosse septique étant également à 2000 UFC/ml.

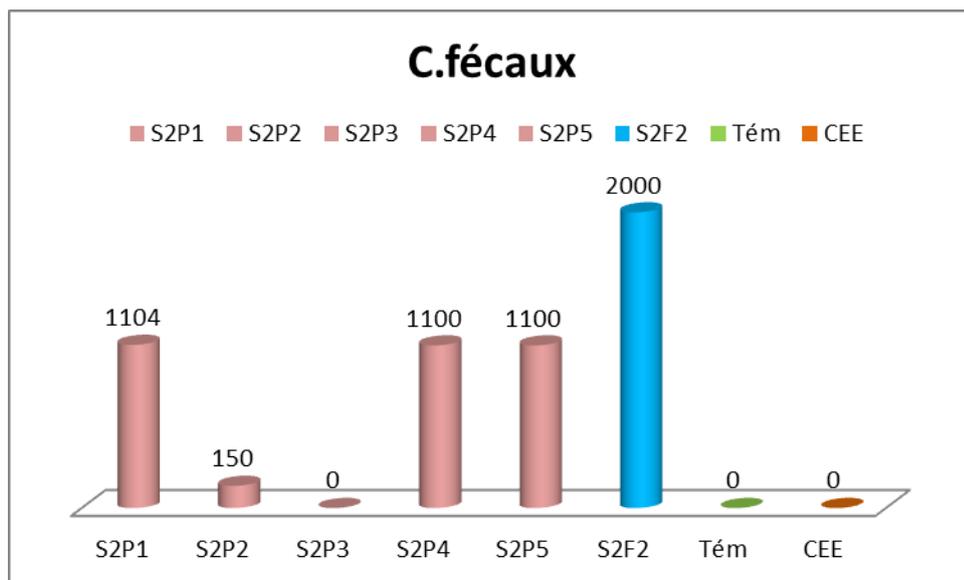


Figure 30 : Variation de la concentration en coliformes fécaux des eaux phréatiques et de la fosse septique de site 02.

D'après la figure (30), La concentration des coliformes fécaux des puits analysés dépassent la norme S2P1, S2P2, S2P4 et S2P5, par contre il y a un seul puits conforme à la norme S2P3.

1.2.5. *Escherichia coli*

Les concentrations d'*Escherichia coli* dans les eaux analysées s'étendent entre la valeur minimale de 0 UFC/ml enregistrée au niveau de puits S2P3 et la valeur maximale de 20 UFC/ml enregistrée au niveau de puits S2P1, avec une moyenne de 6.8 UFC/ml alors que pour la fosse septique la valeur est de 460 UFC/ml.

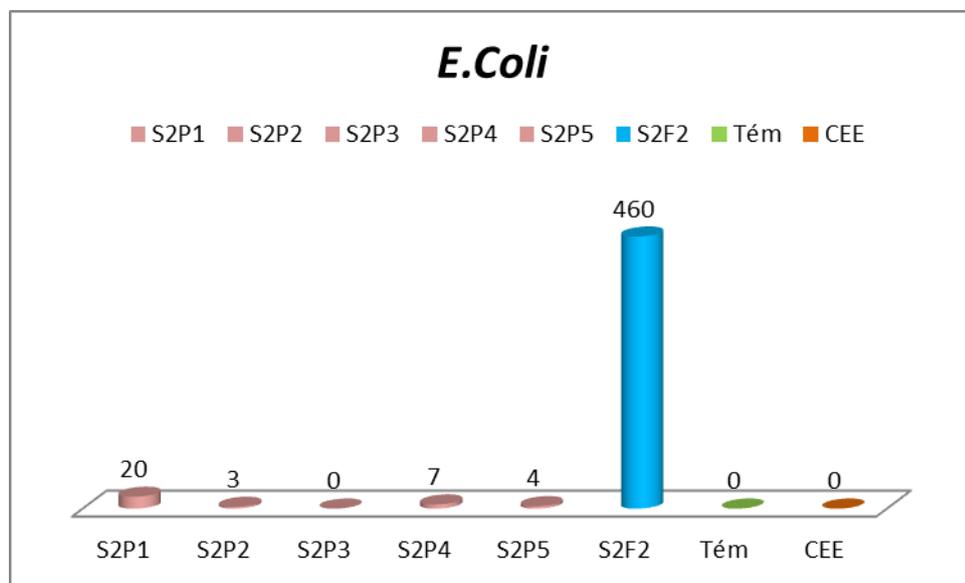


Figure 31 : Variation de la concentration en *Escherichia coli* des eaux phréatiques et de la fosse septique de site 02.

D'après la figure (31), on observe la présence d'*Escherichia coli* dans les quatre puits des échantillons analysés S2P1, S2P2, S2P4 et S2P5 qui dépassent les normes, sauf le puits S2P3 qu'il est conforme à la norme.

Le tableau (VIII) représente l'analyse bactériologique des puits du site 02

Tableau VIII : Récapitulatif d'analyses bactériologiques des puits du site 02.

Paramètres bactériologies	Site 02
Germes totaux à 22°C	5 ; 430,6 ± 283,372 (13 – 760)
Germes totaux à 37°C	5 ; 266,4 ± 239,322 (14 - 576)
Coliformes totaux	5 ; 892,6 ± 499,122 (0 - 1130)
Coliformes fécaux	5 ; 690,8 ± 564,644 (0 - 1104)
<i>Escherichia coli</i>	5 ; 6,8 ± 7,791(0-20)

1.3. Evaluation microbiologique des eaux phréatiques et de la fosse septique du site 01

1.3.1. Germes totaux à 22°C

Les valeurs de la concentration en germes totaux à 22°C vont d'un minimum de 42 UFC/ml dans le puits S3P6 et un maximum de 250UFC/ml dans le puits S3P2 avec une moyenne de 124UFC/ml, pour la fosse septique S3F3, la valeur est de 930 UFC/ml.

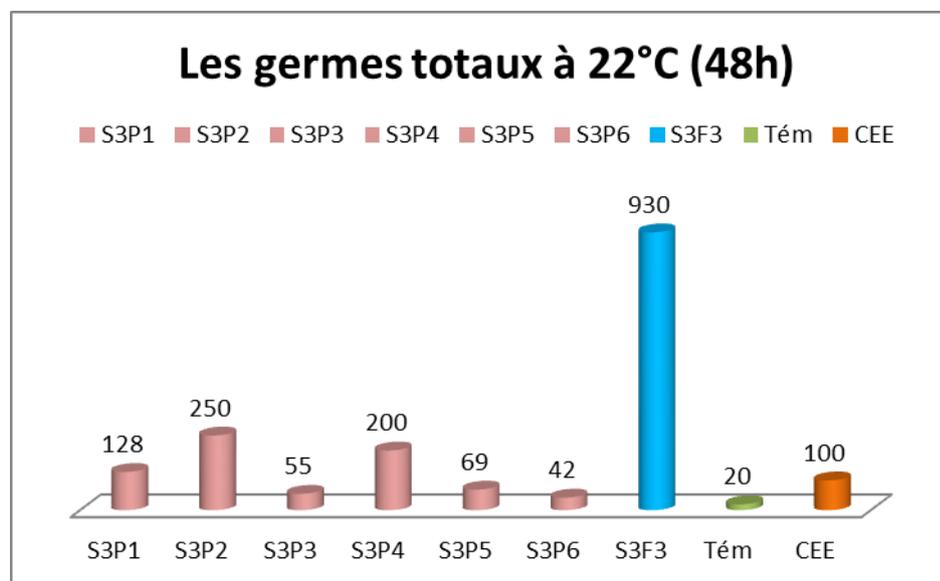


Figure 32: Variation de la concentration en germes totaux à 22°C des eaux phréatiques et de la fosse septique de site 03.

D'après les valeurs des germes totaux à 22°C représentées dans la figure (32), on remarque que les concentrations en germes totaux à 22°C dans le site 03 sont supérieures à la norme.

1.3.2. Germes totaux à 37°C

D'après la figure (33), la concentration de la flore aérobie mésophile totale, à 37 °C, varie entre une valeur minimale de 43UFC/ml enregistrée dans le puits S3P6 et une valeur maximale de 208 UFC/ml enregistrée dans le puits S3P2, avec une moyenne de 134.833 UFC/ml. Pour la fosse septique S3F3, la concentration de la flore aérobie est de 830 UFC/ml.

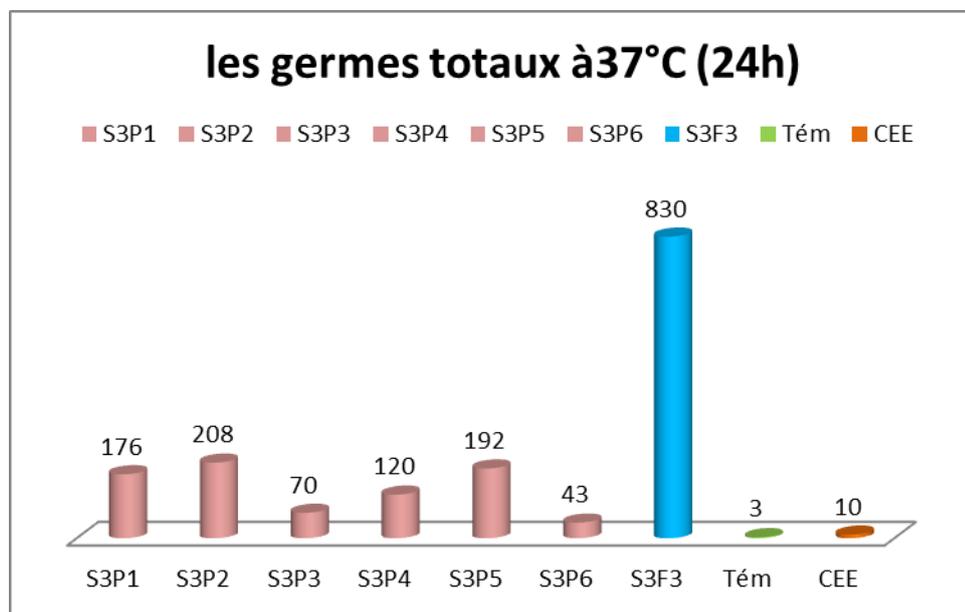


Figure 33: Variation de la concentration en germes totaux à 37°C des eaux phréatiques et de la fosse septique de site 03.

La totalité des valeurs de concentration en germes totaux à 37°C des échantillons d'eau analysées dans le site 03 dépassent celles de la norme (Fig. 33).

1.3.3. Coliformes totaux

La concentration minimale est obtenue au niveau des puits S3P3, S3P5 et S3P6 avec 1100 UFC/ml, tandis que la concentration maximale est obtenue au niveau des puits S3P1 et S3P4 avec 1115 UFC/ml, avec une moyenne de 1106,66 UFC/ml. Pour la fosse septique S3F3, la concentration en coliformes totaux est de 4000.

Les valeurs des coliformes totaux dans les puits analysés dépassent sur les cinq échantillons S3P1, S3P2, S3P3, S3P4, S3P5 et S3P6 la norme (Fig.34).

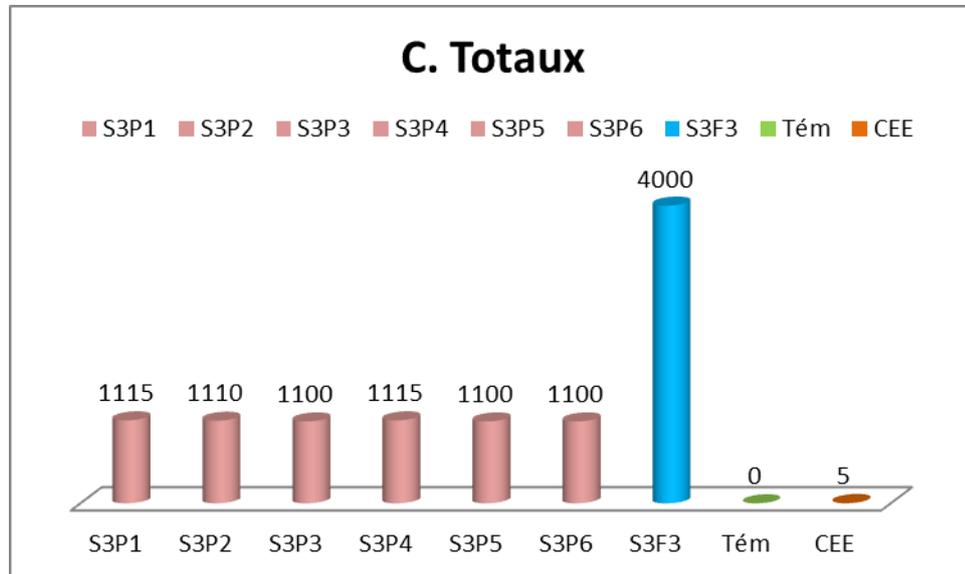


Figure 34: Variation de la concentration en coliformes totaux des eaux phréatiques et de la fosse septique de site 03.

1.3.4. Coliformes fécaux

Le nombre d'individus de coliformes fécaux varie d'un minimum de 9 UFC/ml pour le puits S3P3 à un maximum de 1100 UFC/ml (puits S3P2, S3P6) avec une moyenne de 504,83 UFC/ml, la fosse septique étant également à 3500 UFC/ml (Fig.35).

D'après la figure (35), La concentration des coliformes fécaux à 37°C des puits analysés dépassent la norme sur les six échantillons.

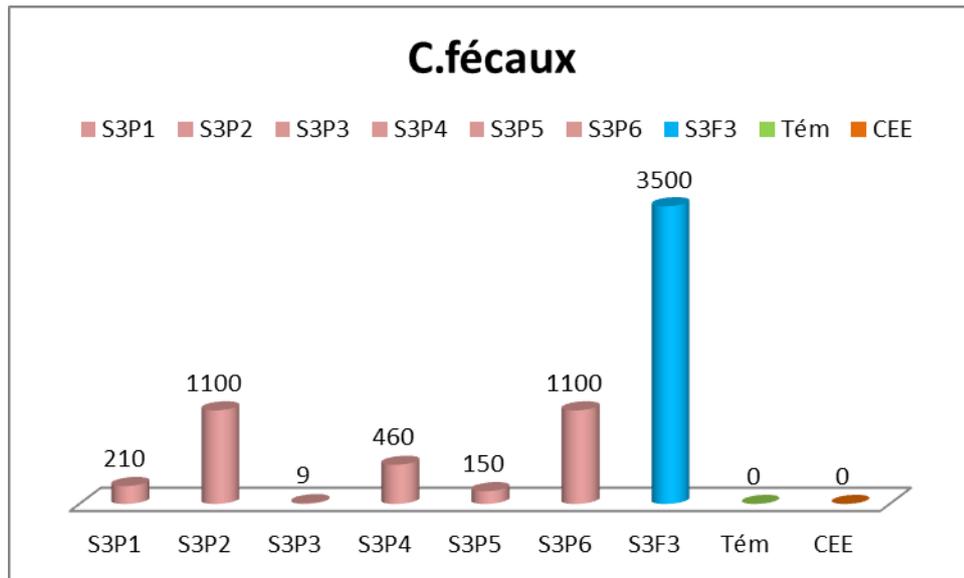


Figure 35 : Variation de la concentration en coliformes fécaux des eaux phréatiques et de la fosse septique de site 03.

1.3.5. *Escherichia coli*

Les concentrations d'*Escherichia coli* dans les eaux analysées s'étendent entre la valeur minimale de 0 UFC/ml enregistrée au niveau de puits S3P6 et la valeur maximale de 14 UFC/ml enregistrée au niveau de puits S3P2, avec une moyenne de 4,5UFC/ml alors que la fosse septique, nous avons enregistré une valeur de 1100 UFC/ml.

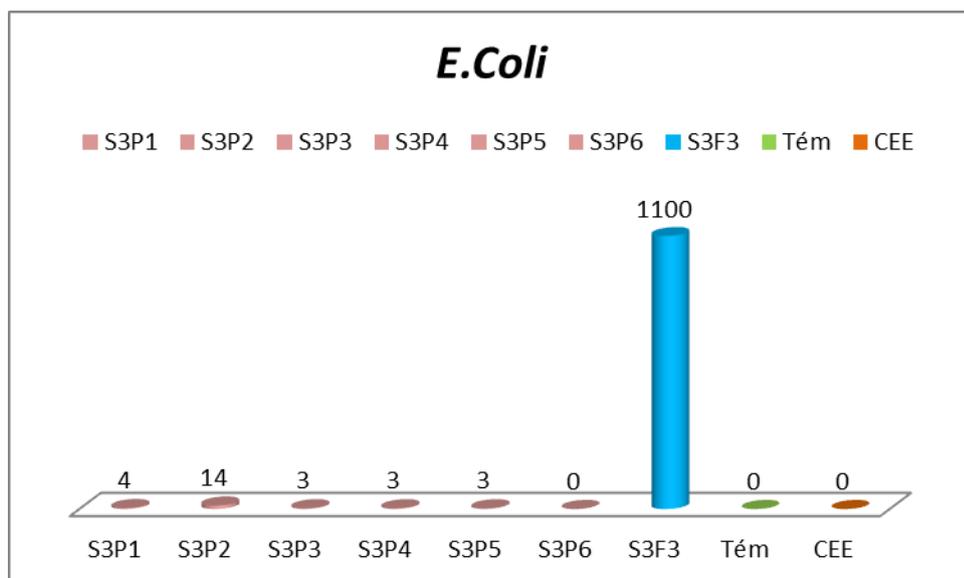


Figure 36 : Variation de la concentration en *Escherichia coli* des eaux phréatiques et de la fosse septique de site 03.

D'après la figure (36), on observe la présence d'*Escherichia coli* dans les cinq puits des échantillons analysés S3P1, S3P2, S3P3, S3P4 et S3P5 qui dépassant les normes (CEE), sauf le puits S3P6 qu'il est acceptable et conforme à la norme.

Le tableau (IX) représente l'analyse bactériologique des puits du site 03

Tableau IX : Récapitulatif d'analyses bactériologiques des puits du site 03.

Paramètres bactériologiques	Site 03
Germes totaux à 22°C	6 ; 124 ± 85,062 (42 - 250)
Germes totaux à 37°C	6;134,833 ± 68,078 (43 - 208)
Coliformes totaux	6 ; 1106,667 ± 7,528 (1100 - 1115)
Coliformes fécaux	6 ; 504,833 ± 483,558 (9 - 1100)
<i>Escherichia coli</i>	6 ; 4,5 ± 4,848 (0 - 14)

Le tableau (X) représente l'analyse bactériologique des puits de la zone d'étude

Tableau X : Récapitulatif d'analyses bactériologiques des puits de la zone d'étude.

Paramètres bactériologiques	La zone d'étude
Germes totaux à 22°C	16 ; 248.6 ± 221.60 (0 - 760)
Germes totaux à 37°C	16;197.93 ± 176.51 (14 - 576)
Coliformes totaux	16 ; 1036.5 ± 368.87 (0 - 1130)
Coliformes fécaux	16 ; 616.56 ± 476.31 (0 - 1104)
<i>Escherichia coli</i>	16 ; 8.03 ± 6.71 (0 - 21)

Le tableau (XI) représente l'analyse bactériologique des fosses septique de la zone d'étude

Tableau XI : Récapitulatif d'analyses bactériologiques des fosses septiques de la zone d'étude.

Paramètres bactériologiques	Fosses septiques
Germes totaux à 22°C	3 ; 490 ± 381.576 (250 - 930)
Germes totaux à 37°C	3;353.33± 413.07 (100 - 830)
Coliformes totaux	3 ; 2800 ± 1081.66 (1900 - 4000)
Coliformes fécaux	3 ; 2200 ± 1212.43 (1100 - 3500)
<i>Escherichia coli</i>	3 ; 600 ± 446.76 (240 - 1100)

1.4. *Clostridium sulfito-réducteur*

D'après les résultats d'analyses obtenus, on constate l'absence des Anaérobies *sulfito-réducteurs* dans la majorité des puits des trois sites, ce qui indique leur conformité à la norme vis-à-vis ce paramètre, à l'exception du puits S2P4 qui est non conforme à la norme avec une concentration de 60 UFC/ml. La présence des spores des Anaérobies *sulfito-réducteurs* dans l'eau naturelle fait penser à une contamination fécale et en l'absence du *Clostridium*, à une contamination déjà ancienne (OMS, 1994; AVRIL *et al.*, 1992 ; HILI, 2000). En effet, Elles sont très résistantes et leur présence est un bon indicateur de la vulnérabilité des aquifères et des puits (TRAVEL *et al.*, 2006), aussi comme des indicateurs pour mesurer l'efficacité de procédés de désinfection de l'eau (MAJDOUB *et al.*,2003).

1.5. **Streptocoque D**

D'après les résultats d'analyses obtenus, on estime la présence de *Streptocoque D* dans la totalité des puits par l'analyse qualitative, qu'ils dépassent la norme admissible ce qui les rend impropres à la consommation et peuvent créer des maladies dangereuses comme le cancer colique, Ces résultats traduisent une contamination fécale, ce qui a été vérifié par l'analyse des coliformes totaux cités auparavant;

Par rapport aux fosses septiques, on constate des piques du *streptocoque D* comme suit : 2500 UFC/ml dans la fosse S1F1, 3000 UFC/ml dans la fosse S2F2 et 4000 UFC/ml dans la fosse S3F3.

1.6. Autres indices sanitaires

L'analyse qualitative des entérobactéries pathogènes des *salmonelles* et *vibrions*, nous a amené à constater leur absence dans les eaux usées domestiques S1F1, S2F2 et S3F3. Qu'il n'indique pas de risque des maladies à transmissions hydriques telle que (Typhoïde, paratyphoïde, Salmonellose) et Choléra (LANOIX *et al.*, 1976).

2. Impact des fosses septiques sur la qualité microbiologique des eaux phréatiques

2.1. Impact des fosses septiques sur la qualité microbiologique des eaux phréatiques du site 01

En matière de concentration bactériologique présente dans le site 01 (Fig.37), on constate qu'il existe un gradient décroissant de cette concentration par rapport au facteur distance pour les puits S1P5, S1P2 et S1P3, de plus en plus qu'on s'éloigne de la fosse septique S1F1. Néanmoins, cette concentration varie d'un puits à l'autre et relativement liée à la distance. Quant au site S1P1 qui est liée absolument au facteur (charge/distance), ce qui traduit l'impact direct de la fosse.

Par contre le S1P4 est très chargé (charge bactériologique). Ce qui est montré par le diamètre du secteur sur la carte (Fig.37), malgré qu'il est très éloigné de la fosse septique, ce qui laisse supposer sa contamination par d'autres facteurs (puits ouvert et non protégé).

La charge bactérienne totale dans les puits du site (01) est de 2162 UFC/ml, avec une minimale enregistrée dans le puits S1P3 (1318 UFC/ml) et une maximale enregistrée dans le puits S1P4 (2953 UFC/ml); comparativement à celle de la fosse S1F1 qui est de 3630 UFC/ml (Fig.37).

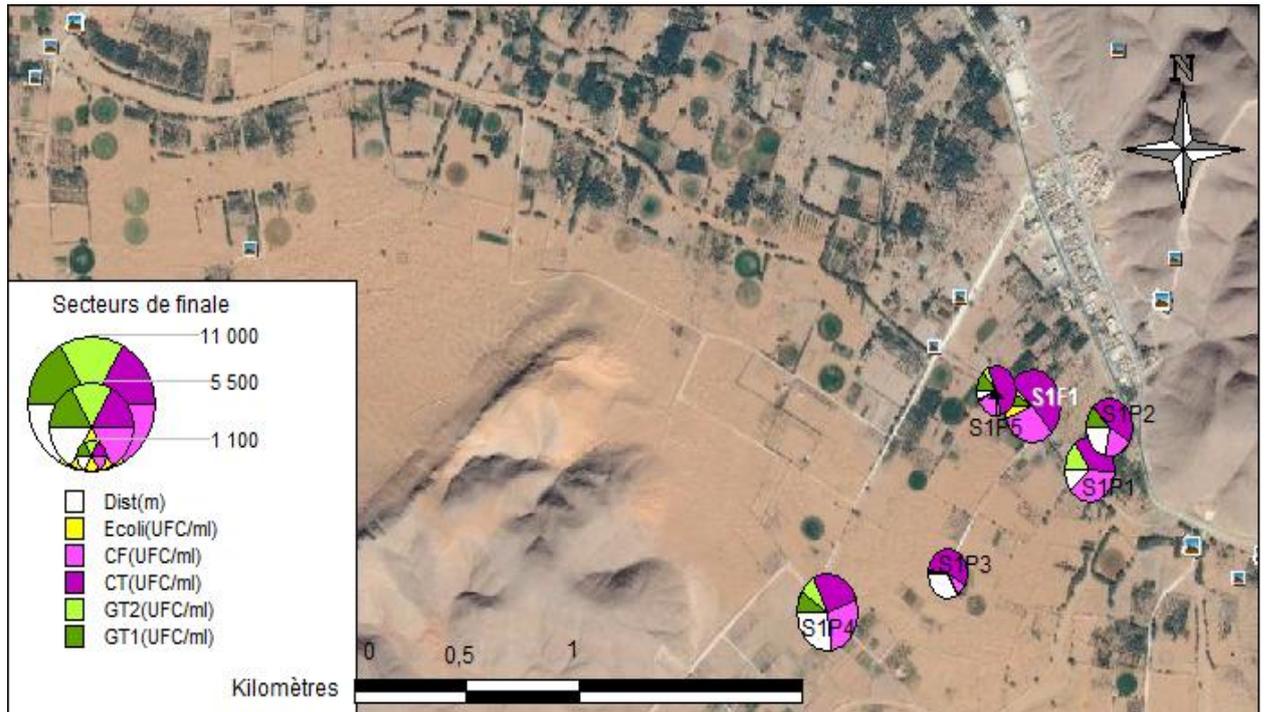


Figure 37: Carte des facteurs charge/distance du site 01.

2.2. Impact des fosses septiques sur la qualité microbiologique des eaux phréatiques du site 02

Sur la figure (38), la carte montre un gradient décroissant des concentrations en bactéries en s'éloignant de la fosse à l'exception du puits S2P3.

L'impact de la fosse sur la contamination des puits est nettement significatif sauf le puits S2P3 qui se trouve sur une altitude plus élevée que celle de la fosse (Annexe 03).

La charge bactérienne totale dans les puits du site 02 est de 2287.2 UFC/ml, avec une minimale enregistrée dans le puits S2P3 (27 UFC/ml) et une maximale enregistrée dans le puits S2P1 (3460 UFC/ml); tandis que celle de la fosse septique S2F2 est de 5340 UFC/ml (Fig.38).

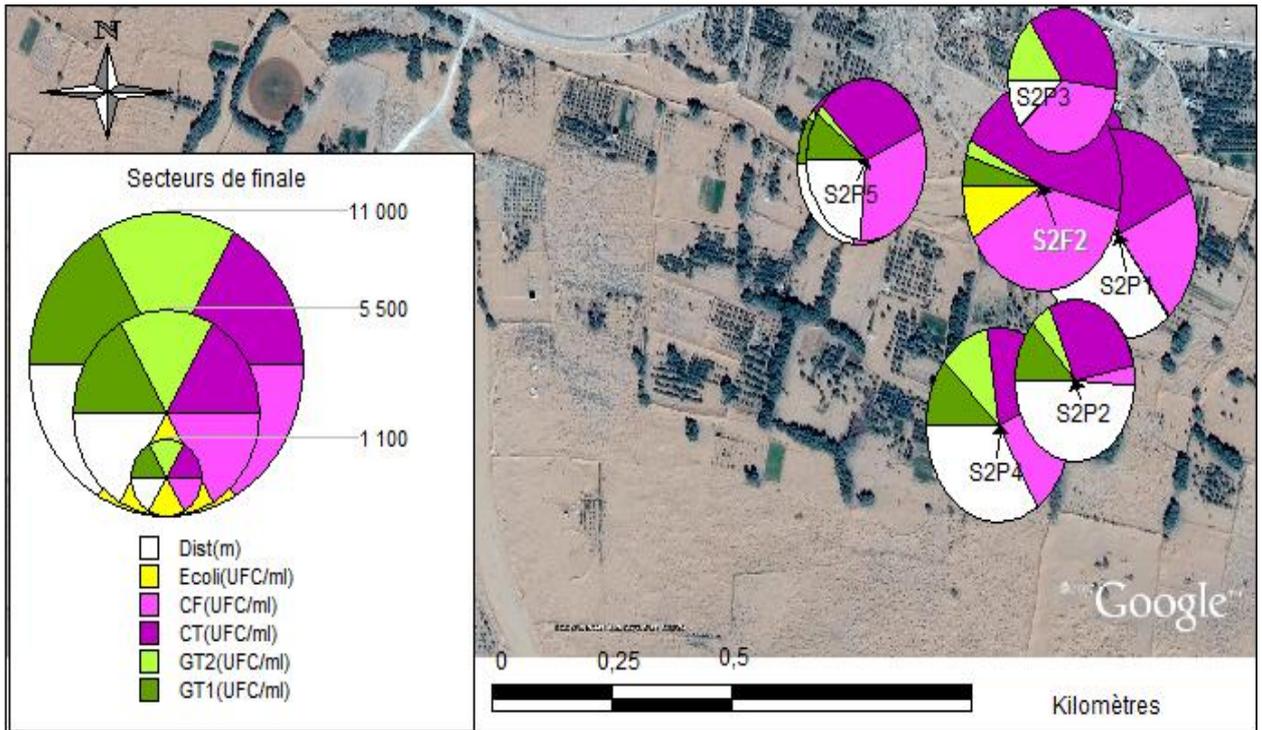


Figure 38: Carte des facteurs charge/distance du site 02.

2.3. Impact des fosses septiques sur la qualité microbiologique des eaux phréatiques du site 03

Selon la figure (39), nous observons que la fosse S3F3, n'a pas d'impact sur tous les puits à cause de son altitude inférieure par rapport aux puits échantillonnés.

L'origine de la contamination dans les puits du site 03 provient probablement de la fosse S3F4, qui n'a pas fait l'objet des analyses du présent travail puisque elle est fermée d'une façon ne permettant pas le prélèvement.

La charge bactérienne totale dans les puits du site 03 est de 1874.83 UFC/ml, avec un minimum enregistré dans le puits S3P3 (1237 UFC/ml) et un maximum enregistré dans le puits S3P2 (2633 UFC/ml); tandis que celle de la fosse septique S3F3 est de 10360 UFC/ml (Fig.39).

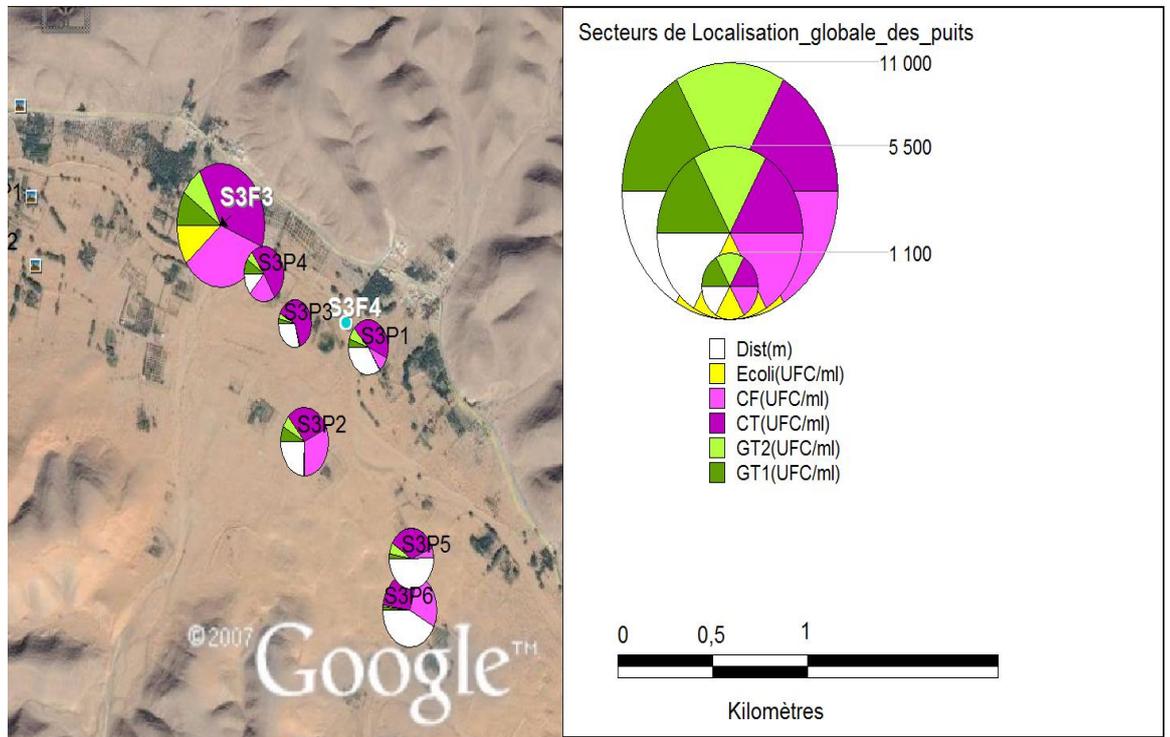


Figure 39 : Carte des facteurs charge/distance du site 03.

2.4. Impact des fosses septiques sur la qualité microbiologique des eaux phréatiques dans la région d'étude

D'après la carte (Fig.40), tous les sites étudiés présentent une contamination microbiologique, ce qui est montré par le diamètre des secteurs sur la carte.

La charge bactérienne totale des puits varie d'un minimum de 27 UFC/ml dans le site 02 (S2P3) à un maximum de 3460 UFC/ml dans le site 02 (S2P1) avec une moyenne est enregistrée de 2093.43 UFC/ml.

En ce qui concerne les fosses septiques, la charge bactérienne totale varie d'un minimum de 3630 UFC/ml dans la fosse S1F1 en amont à un maximum de 10360 UFC/ml dans la fosse S3F3 en aval.

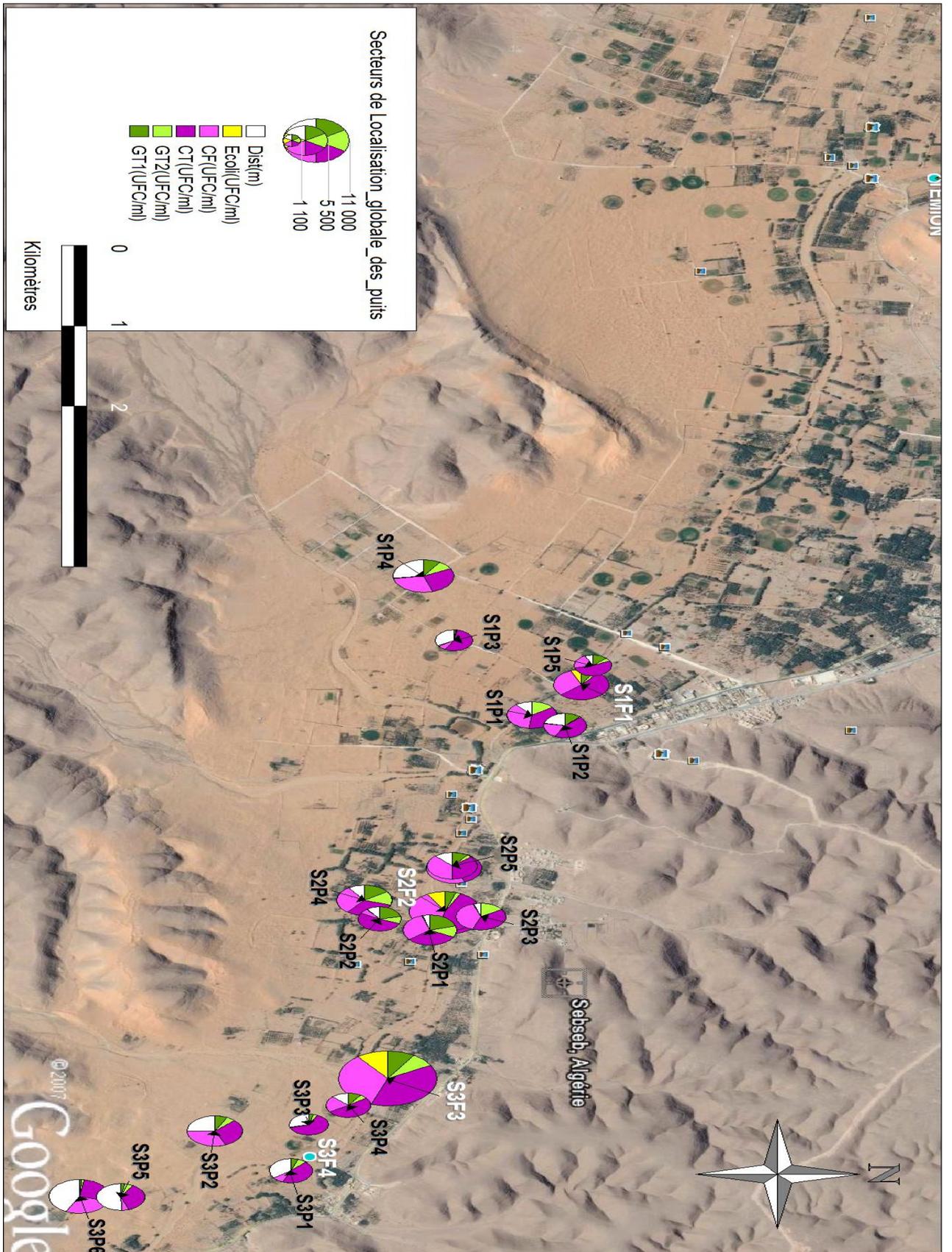


Figure 40 : Carte des facteurs charges/distance de la zone d'étude Sebseb.

3. Sens de diffusion de la contamination microbiologique dans la région d'étude

Selon les figures (41), comparant les données des trois sites d'étude, nous constatons que la diffusion de la contamination microbiologique suit le sens d'écoulement de la nappe phréatique de l'amont à l'aval ce qui est montré par une charge très élevée de bactéries en aval.

Ce résultat a été supposé par GUESSOUM en (2013) pour la contamination biologique des eaux phréatiques de la région de Sebseb.

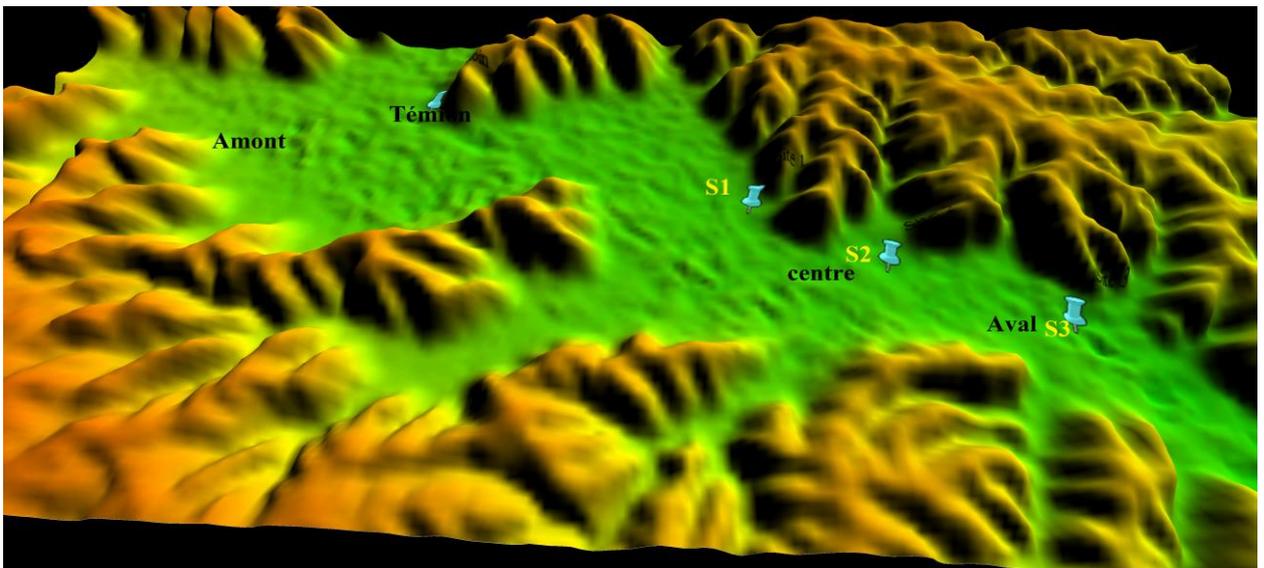


Figure 41: Carte Modèle Numérique de Terrain de la zone d'étude Sebseb.

4. Discussion générale

A partir des résultats obtenus par GUESSOUM *et al.* (2014) dans la zone d'étude Sebseb, 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.

Dans notre étude de la même région, les eaux provenant de la nappe phréatique sont contaminées vis à vis des teneurs microbiologiques à partir des indications comme : les coliformes totaux (CT), les coliformes fécaux (CF), et les streptocoques fécaux (SF). Il est à noter que les CF et SF sont traditionnellement considérés comme étant des indicateurs hautement spécifiques de la pollution fécale (EDBERG *et al.* 1997; OMS 2000 ; NOBLE *et al.*, 2003 in KACEM, 2010).

L'évaluation microbiologique des eaux phréatiques dans la zone d'étude montre que 16/16 puits soit 100% dépassent les normes de contamination biologique des eaux.

La concentration moyenne en germes totaux à 22°C pour tous les puits est de 248.6 UFC/ml. La valeur minimale est enregistrée au niveau du puits S1P1 (0 UFC/ml), alors que la valeur maximale est de l'ordre de 760 UFC/ml au niveau du puits S2P1.

vis-à-vis des germes totaux à 37°C, la concentration moyenne est de 197.93 UFC/ml avec une valeur minimale de 14 UFC/ml dans le puits S2P3 et une valeur maximale de 576 UFC/ml dans le puits S2P4.

En ce qui concerne les coliformes totaux (CT), la concentration varie d'un minimum de 0 UFC/ml au niveau du puits S2P3 et un maximum de 1130 UFC/ml au niveau du puits S2P1 avec une moyenne de 1036.5 UFC/ml.

La numération des coliformes fécaux (CF) montre que les eaux des puits au niveau de la région d'étude renferment une concentration moyenne de l'ordre 616.56 UFC/ml avec une valeur minimale dans le puits S2P3 (0 UFC/ml) et une valeur maximale au niveau du puits S2P1 (1104 UFC/ml).

Quant à l'*Escherichia coli*, nous avons noté que la concentration moyenne des eaux des puits dans la zone d'étude Sebseb est de l'ordre de 8.03 UFC/ml, avec une valeur minimale de 0 UFC/ml enregistrée au niveau des puits S2P3, S3P6 et une valeur maximale de 21 UFC/ml enregistrée au niveau du puits S1P3.

La concentration élevée des germes microbiens dans les différents puits pourrait s'expliquer par la mauvaise protection de ces puits (BELGHITI *et al.*, 2013) et le manque de la qualité hygiénique et qui ont un impact néfaste et dangereux sur la santé humaine.

L'étude de l'impact des fosses septiques sur la qualité microbiologique des eaux phréatiques en fonction des facteurs (charge/distance) a permis de classer les puits comme suit :

- Les puits dont l'impact de la fosse est nettement clair : au nombre de 2/16 (puits S1P1 et S3P5);
- Les puits dont l'impact de la fosse est relativement clair : au nombre de 9/16 (S1P2, S1P3, S1P5, S2P1, S2P2, S2P4, S2P5, S3P1, S3P2);

- Les puits dont l'impact de la fosse n'est pas clair : au nombre de 5/16 (S1P4, S2P3, S3P3, S3P4, S3P6).

Le rapprochement des fosses aux puits peut contribuer à la migration de microorganismes pathogènes, incluant des virus entériques humains, vers les eaux souterraines environnantes (I.N.D.S.P.Q., 2007).

L'étude de GUESSOUM *et al.* en (2014) a révélé un gradient de pollution biologique de l'amont vers l'aval de la vallée de Sebseb.

Afin de mieux étudier la relation charge-distance-altitude, nous avons réalisés une analyse de corrélation (Tabl. XII).

Tableau XII : analyse de corrélation (N=16).

	Altitude (m)	Distance (m)	Charges bactérienne UFC/ml
Altitude (m)	1		
Distance (m)	/	1	
Charges bactérienne UFC/ml	-0,420502738	0,018386137	1

L'impact le plus marqué dans notre étude est celui de l'altitude avec un coefficient de détermination $r = -0,42$, c'est-à-dire que l'altitude et la charge bactérienne sont corrélés négativement, et montre le gradient décroissant de la pollution en s'éloignant des fosses.

L'effet distance des puits sur la contamination biologique, n'apparaît pas clairement dans notre étude, cependant le coefficient de détermination est très faible $r = 0,018$.

Les deux coefficients de détermination, ne sont pas significatif statistiquement, ce qui est probablement due à la taille d'échantillonnage (16 échantillons), cependant, leurs intérêt est de montrer la nature de la relation, ce qui servira dans les future études.

Le site 02 présente la charge polluante la plus importante, cela est due au dysfonctionnement de la fosse ce qui permet une diffusion importante des microorganismes vers la nappe phréatique.

D'autres facteurs peuvent intervenir dans la variation de la charge bactérienne telle que les caractéristiques du sol, les facteurs climatiques (l'ensoleillement, l'évaporation et la pluviométrie), le contact direct des puits avec les sources de pollution (puits à ciel ouvert)

Le manque de réseau d'évacuation des eaux usées fait que l'on assiste au déversement incontrôlé, s'ajoutant à l'existence des fosses septiques non contrôlés et ne respectant pas les normes internationales, en plus qu'elle ne sont pas vidées périodiquement et ne possédant pas des réseaux collecteurs ni aucun traitement.

CONCLUSION

Conclusion

La recherche de l'impact des fosses septiques sur la caractérisation microbiologique de la nappe phréatique dans la région Sebseb a été réalisée par l'analyse des eaux usées des fosses et les eaux de puits traditionnels utilisés pour l'irrigation et parfois pour la consommation humaine.

Les résultats obtenus au cours de cette étude témoignent d'une contamination fécale récente, qui se traduit par le dépassement de la norme de la plupart des indicateurs de pollution biologique à savoir, les coliformes totaux (CT), les coliformes fécaux (CF), les germes mésophiles totaux (GMT), les streptocoques fécaux (SF) et l'*Escherichia coli*.

L'évaluation microbiologique des eaux phréatiques dans la zone d'étude montre que 16/16 puits soit 100% dépassent les normes de contamination biologique des eaux.

La recherche de l'impact des fosses septiques sur la pollution biologique a révélée que l'altitude est le facteur le plus influençant sur la diffusion de la pollution avec un gradient décroissant de la pollution en allant vers des puits à altitude élevée par rapport aux fosses.

Le nombre d'échantillon faible (16 échantillons) n'a pas permis de déceler nettement l'impact de l'altitude et de la distance des fosses sur la charge polluante, or que l'impact des fosses sur la pollution des puits de la région de Sebseb est nettement clair.

Le manque de réseau d'évacuation des eaux usées fait que l'on assiste au déversement incontrôlé, s'ajoutant à l'existence des fosses septiques non contrôlées et ne respectant pas les normes internationales, en plus qu'elles ne sont pas vidées périodiquement et ne possédant pas des réseaux collecteurs, ni aucun traitement.

La profondeur de la nappe, la pente, la distance au lit d'écoulement des eaux usées, les pluies qui accélèrent le processus de l'infiltration à travers le sol et d'autres activités anthropiques agricole et domestiques peuvent contribuer à la pollution des eaux phréatique dans la région de Sebseb.

L'emplacement des fosses septiques à des altitudes supérieures à celles des puits, le manque de suivi et la mauvaise conception des fosses ont contribué à une contamination biologique de la nappe phréatique dans la région d'étude. Cette dernière qui constituait (et

demeure jusqu'à présent) une ressource naturelle fondatrice de la stabilisation des habitants de cette région à vocation agricole.

La pollution biologique de la nappe phréatique de la région de Sebseb, constitue un risque majeur sur la population et nécessite des interventions immédiates afin de limiter le danger de ce phénomène irréversible.

Le présent travail ouvre la voie à des recommandations et des perspectives dont il convient de mentionner quelques aspects:

- La sensibilisation des populations est primordiale, afin de contribuer à la gestion durable des eaux souterraines. Cette sensibilisation doit passer par l'information des habitants sur:
 - o La façon de constructions des fosses septiques ;
 - o Le lieu d'installation des fosses septiques selon les normes ;
 - o La protection des puits ;
 - o l'éloignement des puits aux sources d'eaux usées ;
- L'installation d'un réseau d'assainissement collectif et correct ;
- L'installation en aval d'une station d'épuration des eaux collectées dans les réseaux d'assainissement collectif.
- La détermination des périmètres de protection des points d'eaux exploitées en alimentation en eau potable.

Cependant, il est intéressant de confronter les résultats obtenus avec une étude pédologique, géologique, hydrologique, hydrogéologique, hydro-biologique, climatologique et géomorphologique localisée afin de mieux cerner la diffusion de la pollution dans la région de Sebseb.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- 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.
- ABOUBACRINE HASSANE A., AMADOU ZANGA, T., ADAMA, M., 1991**: Hydrogéologie et contamination de la nappe phréatique alimentant la ville de Bamako (mali), Rapport des travaux réalisés dans le cadre d'une subvention du Centre de Recherches pour le Développement International du Canada (CRDI) Ottawa, Canada Bamako, Mali, 106p.
- ADEL-B, 2001** : Agence de l'eau Loire-Bretagne, l'assainissement non coléctife (ou individuelle).
- ALLEN, M.J. et S.M. MORRISON, 1973** : Bacterial movement through fractured bedrock. Ground Water 11 (2):6-10.
- 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.
- 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.
- A.N.R.H., 2009** : Rapport de fin du sondage, Rapport de SHAOLIN, Ghardaïa, 63p.
- 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.
- APHA, 1998** : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (20th Ed. ed.), American Public Health Association, New York.
- AVRIL J, DABERNAT H, DENIS F, MONTEIL H, 1992** : Bactériologie clinique. Ed 2, 149-205pp.
- BARTTHE C, PENON J., 1998** : Guide d'interprétation des paramètres microbiologiques d'intérêt dans le domaine de l'eau potable, Ministère de l'environnement du Québec, 155 p+annexes.
- BECIS.O, et BELOUIDIANE.M, 2005** : Contribution à l'étude de la performance d'une station d'épuration biologique par boue activée, Haoud Berkaoui- Ouargla . Mém. D.E.S. Microbiologie. Univ d'Ouargla. p3.
- BELAID, N., 2010** : Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques, Thèse de doctorat, 188 p.

- BELGHITI M.L., CHAHLAOUI A., BENGOUIMI D., EL MOUSTAINE R., 2013 :** Etude de la qualité physico-chimique et Bactériologique des eaux souterraines de la Nappe plio-quadernaire dans la région de Meknès (Maroc), Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°14, Juin 2013, pp. 21-36.
- 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.
- BG., 2002 :** BONNARD et GARDAL 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.
- BOUABDALY K, 2001 :** l'analyse microbiologique des eaux de mer, Thèse PEF, université des sciences de la technologie Houari Boumediene (Alger), option Génie biologie, pp20, 44, 45.
- BOUBAKAR HASSANE A. 2010 :** Aquifères superficiels et profonds et pollution urbaine en Afrique : Cas de la communauté urbaine de Niamey (Niger), Thèse de doctorat, 198p.
- 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.
- BOUDJEMA A, 1987 :** Evolution structurale du bassin pétrolier triasique du Sahara Nord oriental (Algérie). Thèse Universitaire Paris XI Orsay, 290p.
- BOUZIANI M, 2000:** L'eau de la pénurie aux maladies. Ed. Ibn Khaldoun Oran. 117p.
- BOUZIANE N et GUESSIER B, 2010 :** Les normes internationales des eaux, Exposé, Université kasdi merbah-Ouargla, 9-12pp.
- BRL ingénierie, 1998 :** Etude de plan directeur général de développement des régions sahariennes-connaissance d'Ensemble. Rapport, ANRH, Alger, Algérie.
- CABELLI V.J., DUFOUR A.P., MCCABE L.J., et LEVIN, M.A. ,1982 :** Swimming-associated gastroenteritis and water quality. American Journal of Epidemiology. 115 (4), 606-616.
- CAMPOS, C., 2008 :** New perspectives on microbiological water control for wastewater reuse. Desalination 218, 34-42
- CAROLINE B, FRANÇOISE G, Guy L et EVELUNE V, 2002 :** Microbiologie et Qualité dans les industries agroalimentaires. Bourdais-paris : Doin ; Bordeaux : CRDP d'Aquitain, 248p.
- CASTANY, 1967 :** Principes et méthodes de l'hydrogéologie.
- C.A.Q.A.E., 2014 :** Laboratoire de Contrôle Algérienne de Qualité Alimentaire et Emballage. Indices (NPP) nombre plus probable, 1 p.
- C.D.E, 2000 :** Conseil De l'Europe, Les défis pour la société européenne à l'aube de l'an 2000. Protection et gestion des ressources en eau douce dans un cadre global d'aménagement du territoire. Aménagement du territoire européen, n° 60, Council of Europe.
- 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.

DAJOZ R, 1982 : Précis d'écologie. Paris, Bordas, 503p.

DAOUADI et OULAD SIDI OMAR, 2011 : Qualité des eaux d'irrigation dans la wilaya de Ghardaïa, Mém licence, université de Ghardaïa, 35p.

DEGREMONT S, 2005 : Mémento technique de l'eau. Tome 1. Ed10 éme .466p.

DEMLIE et WOHNLICH, 2006 : Soil and groundwater pollution of an urban catchment by trace metals: case study of the Addis Ababa region, central Ethiopia. Environ Geol, 51: 421-431.

DEPAMELAERE. R, C. BAWIN, J. BELLON, C. BOVY, M. BRAUN, S. DERIDDER, L. DUSAR, R. GERMONPRE, R. GOOSSENS, J.M. KINDERMANS, J. LANGUILLIER, C. LEGROS, M. LEMINEUR, J. MEHEUS, P. OCKIER, W. PROVOST *et al.*, 1998 : Livre bleu (Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur l'eau potable et l'assainissement des eaux usées), fédération du secteur de l'eau, 79 P.

DJEKAOUA, 2006 : Monographie de la commune de Sebseb.37p.

D.P.A.T., 2010 : Annuaire statistique de la wilaya de Ghardaïa, direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire, 15ème édition, volume I, 84p.

DUBIEF J, 1963 : Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara. Alger, Service des études scientifiques, 457p.

EDBERG S.C., LECLERC H., et ROBERTSON,J., 1997 : Natural protection of spring and well drinking water against surface microbial contamination. Indicators and monitoring parameters for parasites. Critical Reviews in Microbiology 23 (2), 179-206.

EDBERG, S.C., RICE, E.W., KARLIN, R.J., AND ALLEN, M.J., 2000 : Escherichia coli: the best biological drinking water indicator for public health protection. Journal of Applied Microbiology 88 106S-116S.

ECKENFELDER, W.W., 1982 : Gestion des eaux usées urbaines et industrielles. Caractérisation. Technique d'épuration. Technique et Documentation, Paris.

ERB, 1999 : Eau et Rivières de Bretagne. Interprétez votre analyse d'eau. Bretagne, 1999, 5 p

FAURIE C., FERRA C. ET MEDORI P, 1980 : Ecologie. Ed. Baillière J. B., Paris, 168 p.

FERLEY J.P., ZMIROU D., BALDUCCI F., BALEUX B., FERA P., LARBAIGT G., JACQ E., MOISSONNIER B., BLINEAUX A. et BOUDOT J, 1989 : Epidemiological significance of microbiological pollution criteria for river recreational waters. International Journal of Epidemiology 18 (1), 198-205.

FEWTRELL L., BARTRAM J., 2001 : Water Quality: Guidelines, Standards and Health. World Health Organization Water Series IWA Publishing, London, UK.

FRANK. R, 2002 : Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén CRDP.

GAUTHIER F. et ARCHIBALD F., 2001 : The Ecology of « fecal indicator » bacteria commonly found in pulp and paper mill water systems. water research 35(9), 2207-2218.

GUERRADI H et FARADJI O, 2007 : éochimie et sédimentologie des alluvions de la daya d'El'Amied (Guerrara). Mém Ing, Ouargla, Université Kasdi Merbah, Ouargla, 66pp.

GUERBOUZ F., 2006 : Contribution à l'étude cinétique de la qualité de l'eau potable au niveau de la ville de Metlili (Ghardaïa). Mém. Ing. IAS. Ouargla. 127p

GUESSOUM H., 2013 : Caractérisation microbiologique des eaux de la nappe phréatique de la région de Ghardaïa (cas de SEBSEB), Mém. MASTER, Université de Ghardaïa, 114 p.

GUESSOUM H., BENBRAHIM F., HALILAT M.T., LAOUAR F., BENSALAMA M. et DAREM S., 2014 : Caractérisation microbiologique des eaux de la nappe phréatique de la région de Ghardaïa (cas de sebseb), journal international de l'environnement et de l'eau 35-43.

HAUBRY et al, 1989: Mémento technique de l'eau. 9ème édition. Tom1.p1459.

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.

HINDEN C, 2008 : Analyse des conditions hydrogéologiques et sanitaires dans le contexte des problèmes de contamination fécale, Mémoire de licence, Université de Lausanne en Suisse, 90 p.

HILI N, 2000 : Influence de la nature des eaux d'irrigation sur la qualité bactériologique du poivron. Mém Ing, Université des sciences de la technologie Houari Boumediene, Institut Pasteur d'Algérie, 12-36 pp.

HOUICHITI, 2009: Caractérisation d'un agro système saharien dans une perspective de développement durable: Cas d'oasis de SEBSEB (Wilaya de GHARDAIA), Mém de magister, OUARGLA. P18.

I.N.D.S.P.Q., 2007: Institut National de Santé Publique du Québec Microbiologie des eaux souterraines utilisées comme source d'eau potable, 12 p.

JAMET PH., TOMA A., COMBES P, 1996 : Quantification de la vulnérabilité aux pollutions du site de captage du polygone (communauté urbaine de Strasbourg), France, Revue d'hydrogéologie ,1 :25-37.

JEAN A, 1997 : L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation Office international de l'eau - Etude réalisée pour le compte du Ministère de L'agriculture, de la Pêche et de L'alimentation - FNDAE [en ligne] Office International de L'eau 1997 [visite le 27/04/2006] www.oieau.fr/eaudoc/integral/reuinter.htm

JOSEPH et PIERRE G, 2004. Pratique des normes en microbiologie alimentaire, 120p.

LACOSTE, Y., 2008 : L'eau dans le monde. Les batailles pour la vie. Larousse

LEBRTON, 2011 :

LEMIERE B., SEGUIN J.J., GUERM C., GUYONNET D., BARANGER PH., SAADA A., avec la collaboration de DARMENDRAIL D., CONIL P., 2008 : Guide sur le comportement des polluants dans le sol, document du BRGM 300 – nouvelle édition 2008, 114p.

- LANOIX J-N, Roy M-L, 1976** : Manuel du technicien sanitaire, Edit OMS, 17-31, 48-51pp.
- LEWIS, J.W., FOSTER, S.S., AND B.S. DRASAR, 1980** : The risk of groundwater pollution by on-site sanitation in developing countries. International Reference Centre for Wastes Disposai, Report No 01/1982, Duebendorf, Switzerland.
- LERNER, 2004** : Urban groundwater pollution. International contributions to hydrogeology IAH, 24. A. A. Publ., 277 pp.
- MAJDOUB R., COTE C., LABIDI M., GUAY K., GENEREAUX M., 2003**: impact de l'utilisation des engrais de ferme sur la qualité microbiologique de l'eau souterraines, revue de littérature Québec, 124 p.
- MARTIN et MORRISON, 1973** : Bacterial movement through fractured bedrock. Ground Water 11 (2):6-10.
- M.D.D.E.F.P, 2013: Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs** Guide sur les installations septiques à l'intention des citoyennes et des citoyens, Quebec 155p.
- M.D.D.E.P, 2005 : Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs** Règlement sur la qualité de l'eau potable (RQEP). [www2. publicationsdu quebec.gouv.qc.ca](http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca).20 p.
- MELLAK, 2009**: Etude de la vulnérabilité de l'aquifère alluvionnaire de la de vallée du M'Zab, Mémoire de projet de fin d'études d'ingénieur d'état, 41p.
- M.E.N-E, 2010**: Ministère de l'Environnement de la Nouvelle-Ecosse au 1-877-9ENVIRO ou 1-877-936-8476 www.gov.ns.ca/nse/water/.
- MCLELLAN, S.L., DANIELS, A.D., AND SALMORE, A.K., 2001** : Clonal populations of thermotolerant Enterobacteriaceae in recreational water and thier potential interence with fecal.Escherichia coli counts. Applied and Environmental Microbiology 67, 4934-4938.
- 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.
- MOULIAS, 1927**: L'organisation hydraulique des oasis saharienne. Edition Jules carbonel, Ancienne maison Bastide-Jourdan.305 p.
- MUTIN G, 1977** : La Mitidja, décolonisation et espace géographique. Ed. Office Publ. Univ., Alger, 606p.
- NOBLE R.T., MOORE D.F., LEICESTER M.K., MCGEE C.D., WEISBERG S.B, 2003**: Comparisons of total coliform, fecal coliform, and enterococcus bacterial indicator response for ocean recreational water quality testing. water Research, 37.
- OMS, 1989** : Organisation Mondiale de Santé L'utilisation des eaux usées en agriculture et aquiculture : recommandation a visées sanitaires. Organisation Mondiale de la Santé, Genève.

- OMS, 1994** : Organisation Mondiale de Santé Directives de qualité de l'eau de boisson, 2ème édition, Vol. 1 : Recommandations, OMS, Genève, 8-30pp.
- OMS, 2000**: Organisation Mondiale de Santé Directives de qualité pour l'eau de boisson ; volume 2- critères d'hygiène et documentation a l'appui.2 éme édition,1050 p.
- OMS, 2004** : Directives de qualité pour l'eau de boisson. 3ème édition, Vol. 1. Directives. Ed. Organisation mondiale de la sante, Genève, 110p.
- ONM Ghardaïa, 2013** : Office nationale météorologie, Les données climatiques de la région de Ghardaïa (1996-2012), 1p.
- O.R.G.M., 1999** : Livre et des substances utiles non métallique de l'Algérie; wilaya de Ghardaïa, Rapport de l'Offi. Rég. Géol. Min., Boumerdès, 34p.
- PIERRE S, GILLES B, TAMARA G. A., ISABELLE G, ALEXANDRE G ET SYLVIE T, 2008** : La contamination microbienne des eaux du bassin de la Seine, 35p.
- POMMEPUY, M., GUILLAUD, J.F., DUPRAY, E., DERRIEN, A., LE GUYADER, F., AND CORMIER, M., 1992** : Rentenic bacteria survival factors. Water Science and Technology 25 (12), 93-103.
- QANEIR D, 2006** : Réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation (confidentiel), mémoire Master, 71p.
- REGNIER, 1939** : Les Chaamba sous le régime français, leur transformation. Thèse de Doctorat en droit, Université de Paris, faculté de Droit. Ed. Domat Montchrestieu. 184 p.
- REJSEK F, 2002** : Analyse des eaux. Centre régional de documentation pédagogique nd'aquitaine.
- RODIER, 2005**: Analyse de l'eau. Ed. Eaux naturelles, eaux résiduaire, eaux de mer. Paris, DUNOD.8ème Edition. 1383 p.
- ROSE J.B., FARRAH S.R., HAROOD V.J., LEVINE, A.D., LUKASIK, J., MENENDEZ, P. et SCOTT T., 2004**: Reduction of Pathogens, Indicators Bacteria and Alternative Indicators by Wastewater Treatment and Reclamation Processes. WERF final report.IWA publishing.London, UK.
- SELHANI S., 2009** : Etude des possibilités d'utilisation des eaux et boues d'épuration dans l'agriculture : Cas de la station d'épuration de BENI, Projet de fin d'études, 74p.
- TALLON, P., MAGAJNA, B., LOFRANCO, C., AND LEUNG, K.T., 2005** : Microbial indicators of faecal ccontamination in water: A current perspective. Water Air and Soil Pollution 166 (1-4), 139 166.
- TOUCHAT, 2003**: Hydrologie mers, fleuves et lacs, Ed. Armand Colin, 30p.
- TOZE, S., 1999** : PCR and the detection of microbial pathogens in water and wastewaters. Water Res. 33, 3545–3556.
- TOZE S., 2006** : Reuse of effluent water—benefits and risks; Agricultural Water Management 80, 147–159.

TRAVEL A et al., 2006 : Attention à la qualité de l'eau de boisson, Réussir Aviculture, Nov., n° 121, 21-23.

URBATIA, 1996: Plan Directeur de l'aménagement Urbain (PDAU) de la commune de Sebseb, Rapport d'orientation, Phase finale. Bureau d'Etudes pour L'Urbanisme et le Bâtiment URBATIA. Agence de Ghardaïa. 75page.

USEPA, 2002 : US Environmental Protection Agency, Drinking water from household wells EPA 816- K-02-003, 19 p. <http://epa.gov/safewater/privatewells/booklet/>.

WHO, 2004 : World Health Organization, Guidelines for Drinking-water Quality. Vol. 1 : 3rd ed. Recommendations. WHO, Geneva.

YOUCEF F, 2003: Mise au point d'une étude climatique du Sahara Septentrionale Algérien (Ouargla, Touggourt, Ghardaïa). Mémoire d'ingénieur, Université de Ouargla, 88p.

Annexes

- Annexe 01

Tableau 1 : les microorganismes pathogènes dans pathogènes dans les eaux usées.

Agent Pathogène	Symptômes, maladie	Nb° par l1 d'eau usée	Voies de contamination principales
Les bactéries			
<i>Salmonella</i>	Typhoïde, paratyphoïde, salmonellose	23 à 80 000	Ingestion
<i>Shigella</i>	Dysenterie bacillaire	10 à 10 000	Ingestion
<i>E. coli</i>	Gastro-entérite		Ingestion
<i>Yersinia</i>	Gastro-entérite		Ingestion
<i>Campylobacter</i>	Gastro-entérite	37 000	Ingestion
<i>Vibrio</i>	Choléra	100 à 100 000	Ingestion
<i>Leptospira</i>	Leptospirose		Cutanée/Inhalation/Ingestion
<i>Legionella</i>	Légionellose		Inhalation
<i>Mycobacterium</i>	Tuberculose		Inhalation
Les virus			
Virus de l'hépatite A	Hépatite A		Ingestion
Virus de l'hépatite E	Hépatite E		Ingestion
Rotavirus	Vomissement, diarrhée	400 à 85 000	Ingestion
Virus de Norwalk	Vomissement, diarrhée		Ingestion
Maladie respiratoire, conjonctivite, vomissement, diarrhée			Ingestion
Astrovirus	Vomissement, diarrhée		Ingestion
Calicivirus	Vomissement, diarrhée		Ingestion
Coronavirus	Vomissement, diarrhée		Ingestion /

			inhalation
Réovirus	Affection respiratoire bénigne et diarrhée		Ingestion
Entérovirus			
Poliovirus	Paralyse, méningite, fièvre	182 à 492 000	Ingestion
Coxsackie A	Méningite, fièvre, pharyngite, maladie respiratoire		Ingestion
Coxsackie B	Myocardite, anomalie congénitale du coeur(si contamination pendant la grossesse), éruption cutanée, fièvre, méningite, maladie respiratoire		Ingestion
Echovirus	Méningite, encéphalite, maladie respiratoire, rash, diarrhée, fièvre		Ingestion
Entérovirus 68-71	Méningite, encéphalite, maladie respiratoire, conjonctivite hémorragique aiguë, fièvre		Ingestion
Les protozoaires			
<i>Entamoebahistolytica</i>	Dysenterie amibienne	4	Ingestion
<i>Giardia lamblia</i>	Diarrhée, malabsorption	125 à 100 000	Ingestion
<i>Balantidium coli</i>	Diarrhée bénigne, ulcère	28-52	Ingestion

	du colon		
<i>Cryptosporidium</i>	Diarrhée	3 à 122	Ingestion
<i>Toxoplasma gondii</i>	Toxoplasmose : ganglions, faible fièvre		Inhalation / Ingestion
<i>Cyclospora</i>	Diarrhée, légère fièvre, perte de poids		Ingestion
<i>Microsporidium</i>	Diarrhée		Ingestion
Les helminthes			
<i>Ascaris</i>	Ascariadiase : diarrhée, troubles nerveux	5 à 111	Ingestion
<i>Ancylostoma</i>	Anémie	6 à 188	Ingestion/ Cutanée
<i>Necator</i>	Anémie		Cutanée
<i>Tania</i>	Diarrhée, douleurs Musculaires		Ingestion de viande mal cuite
<i>Trichuris</i>	Diarrhée, douleur Abdominale	10 à 41	Ingestion
<i>Toxocora</i>	Fièvre, douleur Abdominale		Ingestion
<i>Strongyloïdes</i>	Diarrhée, douleur abdominale, nausée		Cutanée
<i>Hymenolepis</i>	Nervosité, troubles digestifs, anorexie		Ingestion

Source : (SELHANI, 2009).

- Annexe 2

Tableau de MAC CRADY : 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 1ml et trois de 0,1 ml) (C.A.Q.A.E., 2014).

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 03

Tableau : les statistiques descriptives (données quantitatives) des puits de la zone étude.

16 puits					
Statistiques descriptives (Données quantitatives) :					
Statistique	GT 22°C (48h)(UFC/ ml)	GT 37°C (24h)(UFC/ml)	CT(UFC/ml)	C.fécaux(UFC/ ml)	E.Coli(UFC/ ml)
Nb. d'observations	16	16	16	16	16
Minimum	0,000	14,000	0,000	0,000	0,000
Maximum	760,000	576,000	1130,000	1104,000	21,000
1er Quartile	42,000	43,000	1100,000	150,000	3,000
Médiane	200,000	120,000	1106,000	460,000	4,000
3ème Quartile	316,000	216,000	1115,000	1100,000	11,000
Moyenne	227,882	183,000	979,706	573,706	7,353
Variance (n-1)	49108,985	31156,375	136068,596	226871,471	45,118
Ecart-type (n-1)	221,605	176,512	368,875	476,310	6,717

Tableau : localisation des points du prélèvement et leurs caractérisations.

Nom	Altitude (m)	Distance (m)	Charges bactériennes(GTM, CT, CF, E.coli) (UFC/ml)	X	Y
S1P1	465	335	2673	32,1572	3,5893
S1P2	470	547	1889	32,1585	3,5900
S1P3	469	658	1318	32,1541	3,5839
S1P4	463,3	1109	2953	32,1530	3,5793
S1P5	463,2	157	1977	32,1597	3,5857
S1F1	468	0	3630	32,1592	3,5870
S2P1	452,6	163	3460	32,1530	3,6049
S2P2	464,7	233	1959	32,1510	3,6041
S2P3	471	148	27	32,1551	3,6039
S2P4	459	380	3388	32,1504	3,6028
S2P5	463	356	2602	32,1547	3,5946
S2F2	466	0	5340	32,1537	3,6037
S3P1	457,2	868	1633	32,1473	3,6225
S3P2	474	881	2682	32,1443	3,6196
S3P3	461,8	517	1237	32,1481	3,6191
S3P4	461	279	1898	32,1497	3,6177
S3P5	462,1	1540	1514	32,1405	3,6245
S3P6	463,5	1678	2285	32,1389	3,6245
S3F3	455,2	0	10360	32,1512	3,6157
S3F4	465	/	/	32,1482	3,6215
Tém	485,7	/	23	32,1737	3,5501