

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université EchahidHamma Lakhdar -El OUED

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Agronomie



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique

Filière : Agronomie

Spécialité : Production Végétale

THEME

*L'effet de la mauvaise gestion de la fertilisation
organique sur la pollution microbologique du sol dans
la région d'Oued Souf*

Présenté par :

REZIG Chaima

Devant le jury:

Président: Masoudi Mohamed M.C.A. (Univ. El-oued)

Examineur: Bouafiane mabrouka M.A.A. (Univ. El-oued)

Promoteur: MEHDA Smail. M.C.B. (Univ. El-oued)

ANNEE UNIVERSITAIRE: 2022/2023

Dédicace

A mes chers parents,

Je vous remercie pour tout ce que vous m'avez donné. Tu as été mon aide et mon soutien à chaque étape de ma vie. Vous m'avez donné la confiance et la force nécessaires pour affronter les obstacles et poursuivre mes rêves. Je ne peux pas exprimer à quel point je suis reconnaissant pour vos sacrifices et votre dévouement à m'offrir les meilleures opportunités et l'éducation.

Chère maman, tu étais un symbole de tendresse et de don. Je ne peux pas vous remercier assez pour toutes les belles choses que vous avez faites pour moi. Je suis reconnaissant pour chaque sacrifice que vous avez fait et chaque moment que vous avez passé avec moi.

Cher Père, tu es un merveilleux exemple de force et d'engagement. Tu as toujours été là pour moi avec tous les conseils et orientations. Vous m'avez inspiré par votre dévouement et votre détermination à réussir. J'ai beaucoup appris de vous sur la patience et le travail acharné.

Je sais que les mots ne suffiront pas à exprimer mes vrais sentiments, mais je voulais que vous sachiez que mon amour et ma gratitude pour vous sont incommensurables. J'espère que vous vous sentez très fier de ce que vous m'avez donné et que vous savez que vous êtes le début et la fin de tout ce que j'accomplis dans ma vie.

Cette lettre est le fruit de mes efforts, mais elle ne serait pas possible sans votre influence et votre soutien tout au long de ma vie. Vous m'avez tous les deux inculqué des valeurs fortes, et m'avez encouragé à poursuivre mes études et à croire en moi. Votre amour inconditionnel a été ma force motrice et mon inspiration.

En vous dédiant cette thèse, je tiens à vous exprimer à tous deux mon éternelle gratitude. Vous êtes le parent le plus incroyable et le plus aimant qu'un enfant puisse souhaiter. Je suis honoré d'être votre fils et je vous aime du fond de mon cœur.

Avec tout mon amour et ma gratitude,

Chaima

Remerciements

Louange à Dieu et grâce à lui pour ta miséricorde et ta miséricorde qui m'ont donné la force, la patience et la volonté nécessaires pour faire cet humble travail.

Je tiens à remercier tout particulièrement Dr. Mehda Smail qui a accepté ma supervision et m'a conseillé et encouragé tout au long de ce travail. Je lui exprime mon respect et ma grande gratitude.

Et aussi aux membres du jury, M. Masoudi Mohamed et M. Bouafiane mabrouka qui ont l'honneur d'évaluer nos travaux.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements et ma reconnaissance à Monsieur Mahawat Mohamed, Chef du Laboratoire Algérien de l'Eau, pour m'avoir permis de réaliser nos travaux au sein de son entreprise. Nous remercions également toute son équipe pour leur aide précieuse et leurs conseils, en particulier M. Zaytoun Abid Al-Razzaq et Mme Belnoor Iman.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à nos professeurs ainsi qu'à tous les professeurs du Département des sciences agronomique pour leurs efforts à nous former tout au long de notre cursus universitaire.

J'exprime ma profonde gratitude à ceux qui m'ont aidé, de près ou de loin, par leurs conseils et leurs encouragements dans l'élaboration de ce travail.

Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes que j'ai rencontrées au cours de ce travail et qui ont contribué de manière significative sur le plan scientifique. A travers ces lignes, je voudrais leur exprimer toute ma gratitude et mes remerciements pour leur précieux soutien et leur aide tout au long de la période de travail.

Liste des tableaux

N°	Tableau	Page
1	Les facteurs régissant la survie et le transfert des microorganismes fécaux dans l'environnement	07
2	Les données climatiques de la région d'Oued Souf (2012 - 2022)	22
3		
4		
5		

Liste des figures

N°	Figure	Page
01	Les grands types de pollution et leurs effets sur l'environnement	7
02	Facteurs et mécanismes agissant sur la survie des bactéries fécales dans l'environnement	16
03	Situation géographique de la région d'El-Oued	20
04	Diagramme Ombrothermique de Bagnols et Gausse de la région de Oued Souf (période 2012-2022)	23
05	Coupe hydrogéologique transversale du "CT" et "CI"	24
06	Les colonnes expérimentales	26
07	Spectrophotomètre UV-Visible	28
08	Analyses physico-chimiques	30
09	Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux	32
10	Recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux	33
11	Recherche et dénombrement des Anaérobies sulfite-réducteurs	34
12	La concentration des microorganismes inducteurs de la contamination fécale dans les surfaces des colonnes expérimentale après trois jours d'arrosage	36
13	Evaluation de la lixiviation des coliformes totaux dans les colonnes expérimentale	37
14	Evaluation de la lixiviation des coliformes fécaux dans les colonnes expérimentale	38
15	Evaluation de la lixiviation des streptocoques fécaux dans les colonnes expérimentale	39
16	Evaluation de la lixiviation des clostridium sulfite-réducteurs dans les colonnes expérimentale	40
17	Variation de la teneur de NH_4^+ dans les colonnes expérimentale	41
18	Variation de la teneur en nitrates dans les colonnes expérimentale	42
19	Variation de la teneur en nitrites dans les colonnes expérimentale	43
20	Variation du taux d'Ortho phosphate dans les colonnes expérimentale	44

Liste des abréviations

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques

ADE : Algérienne Des Eaux

CE : Conductivité Electrique

CI : Continental Intercalaire

CT : Complexe Terminal

DRED : Direction de ressource en eau de la Wilaya

DSA: Direction des Services Agricole

FAO: Food and Agriculture Organization

ISO: International Organization for Standardization

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONA : Office National d'Assainissement

ONS : Office National de Statistique

SAR : Sodium Absorption Ration

Table des matières

REMERCIEMENTS

INTRODUCTION GENERALE.....	3
----------------------------	---

PARTIE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1. LES MODES DE POLLUTION DES EAUX	6
1.1. POLLUTIONS DIFFUSES.....	6
1.2. POLLUTIONS PONCTUELLES.....	7
2. LES DIFFÉRENTES SOURCES DE POLLUTION DES EAUX	8
2.1. LES POLLUTIONS NATURELLES	8
2.2. LES POLLUTIONS DUES AUX ACTIVITÉS HUMAINES.....	8
2.2.1. <i>La pollution domestique</i>	8
2.2.2. <i>La pollution industrielle</i>	8
2.2.3. <i>L'agriculture</i>	8
3. SUBSTANCES SUSCEPTIBLES DE POLLUER LES EAUX DANS LES ZONES AGRICOLES.....	9
3.1. PRODUITS PHYTOSANITAIRES.....	9
3.1.1. <i>Définition des produits phytosanitaires</i>	9
3.1.2. <i>Classification des produits phytosanitaires</i>	9
3.1.3. <i>Transfert des produits phytosanitaires</i>	9
3.2. MÉTAUX LOURDS.....	10
3.2.1. <i>Définition des métaux lourds</i>	10
3.2.2. <i>Origine des métaux lourds</i>	10
3.2.3. <i>Transfert des métaux lourds</i>	11
3.3. ENGRAIS.....	11
3.3.1. <i>Les engrais minéraux</i>	11
3.3.2. <i>La matière organique</i>	12
3.3.3. <i>Les principaux polluants liés à la sur fertilisation minérale et organique</i>	13
3.3.3.1. Les Nitrates	13
Définition des nitrates	133
Sources et stock des nitrates.....	13
Transfert des nitrates	13
3.3.3.2. Le phosphore.....	14
Définition de phosphore.....	14
Formes de phosphore	14
Sources de phosphore.....	14
Transfert de phosphore	15
3.3.3.3. Les microorganismes pathogènes.....	15

Origine des microorganismes pathogènes.....	15
Transfert des microorganismes pathogènes	15
Stock des microorganismes pathogènes.....	16

PARTIE II : MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE

I.1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE :	20
I.1.2.	
CLIMAT	21
I.1.2.1. TEMPERATURE	21
I.1.2.2. Précipitations	21
I.1.2.2. Précipitations	21
I.1.2.3. LES VENTS.....	21
I.1.2.4. L'HUMIDITE RELATIVE.....	21
I.1.1.5. DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE DE BAGNOLS ET GAUSSEN.....	22
I.1.3. PEDOLOGIE	23
I.1.4. HYDROGEOLOGIE	23
2.4.1. Nappe phréatique	24
2.4.2. Nappe du Complexe Terminal (C.T)	24
2.4.3. NAPPE DU CONTINENTAL INTERCALAIRE (C.I)	24

CHAPITRE II : METHODOLOGIE DE TRAVAIL

1. DEMARCHE SUIVIE.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
2. TECHNIQUES D'ECHANTILLONNAGE.....	26
3. TECHNIQUES D'ANALYSES.....	27
3.1. Analyses physico-chimiques.....	27
3.2.1. Dosage de l'azote ammoniacal (NH_4^+).....	27
3.2.2. Dosage des nitrites (NO_2^-).....	27
3.2.3. Détermination des phosphates (PO_4^{3-}).....	28
3.2.4. Dosage des Nitrates (NO_3^-).....	29
3.2. ANALYSES MICROBIOLOGIQUE	30
3.2.1. Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux.....	30
3.3.2. La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux :	Error! Bookmark not defined.
3.2.3. Recherche et dénombrement des Anaérobies sulfito-réducteurs.....	33

PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSION

I. VARIATION DE CONCENTRATION DES MICROORGANISMES INDUCTEURS DE LA CONTAMINATION FECAL.....	36
I.1. LA CONCENTRATION DES MICROORGANISMES INDUCTEURS DE LA CONTAMINATION FECALE DANS LES SURFACES DES COLONNES EXPERIMENTALE APRES TROIS JOURS D'ARROSAGE.....	36
I.2. LA CONCENTRATION DES MICROORGANISMES INDUCTEURS DE LA CONTAMINATION FECALE DANS LES SURFACES DES COLONNES EXPERIMENTALE APRES UN MOIS D'ARROSAGE.....	37
I.2.1. VARIATION DE CONCENTRATION DES COLIFORMES TOTAUX DANS LES COLONNES EXPERIMENTALE.....	37
I.2.2. VARIATION DE CONCENTRATION DES COLIFORMES FECAUX DANS LES COLONNES EXPERIMENTALE.....	38
I.2.3. VARIATION DE CONCENTRATION DES STREPTOCOQUES FECAUX DANS LES COLONNES EXPERIMENTALE	39
I.2.4. VARIATION DE CONCENTRATION DES CLOSTRIDIUM SULFITO-REDUCTEURS DANS LES COLONNES EXPERIMENTALE	40
<i>II. Variation de concentration des quelque paramètres physico-chimique dans les colonnes expérimentale après un moins d'arrosage.....</i>	<i>41</i>
<i>II.1. Variation de la teneur de NH_4^+ dans les colonnes expérimentale.....</i>	<i>41</i>
<i>II.2. Variation de la teneur en nitrates dans les colonnes expérimentale.....</i>	<i>42</i>
<i>II.3. Variation de la teneur en nitrites dans les colonnes expérimentale.....</i>	<i>43</i>
<i>II.4. Variation du taux d'Orthophosphate dans les colonnes expérimentale.....</i>	<i>44</i>
DISCUSSION.....	45
<i>Conclusion générale</i>	<i>47</i>

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

Introduction générale

L'agriculture est actuellement classée en premier rang des sources de la pollution de l'eau dans plusieurs régions dans le monde, mais surtout dans les pays arides où, pour des raisons climatiques défavorables, l'irrigation avec des eaux de qualité parfois médiocre constitue un impératif technique incontournable (OCDE, 2004).

La région d'Oued Souf qui est considérée actuellement comme l'un des principaux pôles agricole du Sud de l'Algérie, environ 25 tonnes/ha de fumier de volailles sont apportés par les agriculteurs durant la campagne agricole. Par ailleurs, 96016.5 quintaux des engrais chimiques (NPK) sont assurés par l'Etat pour le soutien des agriculteurs de la région dans l'année 2013 (DSA, 2014). A cela s'ajoute, l'emploi exagéré des produits phytosanitaires surtout dans la culture sous serre.

L'augmentation du risque de la pollution par les microorganismes et par les éléments chimiques dans la région d'Oued Souf se trouve accentuer par le système d'irrigation adopté par les agriculteurs dans cette région. En fait, la majorité agriculteurs utilise l'irrigation par aspersion (sous pivot).

Par ailleurs, la texture sableuse trop filtrante favorise d'avantage la dynamique des polluants vers les eaux souterraines.

D'autre part, le faible niveau piézométrique dans la région d'étude est en mesure d'accélérer le lessivage des nitrates et d'autres éléments chimiques solubles provenant soit de la fertilisation minérale ou organique (fumier).

La pollution des eaux dans cette région peut être également de nature biologique, ce qui a été confirmé par certaines études précédentes montrant une pollution bactériologique marquée principalement par la présence des indices de la contamination fécale.

L'objectif de ce travail, porte sur l'étude de l'effet de la fertilisation organique sur la pollution d'un sol sableux prélevé dans la zone de d'Oued Souf.

De ce fait, notre travail est structuré en trois grandes parties :

- La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique sur la Pollution des sols et des eaux;
- La deuxième partie illustre les matériels et méthodes utilisés pour la réalisation de cette étude.

Enfin, la troisième et la dernière partie est consacrée aux discussions des résultats obtenus.

Partie I

Synthèse Bibliographique

Chapitre I

Pollution des sols et des eaux

1. Les modes de pollution des sols et des eaux

Les activités humaines ont engendré une contamination de la plupart des compartiments de l'environnement. Ainsi, les vecteurs et moyens de contamination sont-ils très divers. La première approche de classification consiste à séparer les pollutions diffuses, épandues sur de grandes surfaces, des pollutions ponctuelles épandues sur des zones allant de quelques mètres carrés à un ou deux kilomètres carrés (**Atteia, 2005**).

1.1. Pollutions diffuses

Les pollutions diffuses (Figure 01) ont deux origines principales :

- D'une part la pollution atmosphérique provenant des industries et des transports qui est homogénéisée puis se déplace sur des distances de quelques kilomètres à des centaines de kilomètres ;
- D'autre part la pollution d'origine agricole comprenant engrais et pesticides épandus à proximité du sol mais sur de très grandes surfaces.

Les quantités épandues ont des ordres de grandeur très différents : les engrais sont épandus à des doses allant de 10 à 300 kg/ha, alors que les doses d'épandage des pesticides sont actuellement de quelques dizaines à centaines de grammes/ha. Les limites de potabilité étant de 50 mg/l pour les nitrates et de 0,1 mg/l pour les pesticides (**Atteia, 2005**).

1.2. Pollutions ponctuelles

Les pollutions ponctuelles sont principalement d'origine industrielle, infiltration de produits toxiques mal entreposés, fuites dans les réservoirs ou accidents lors du transport de matières dangereuses. Bien que localisées, les quantités sont souvent importantes, les concentrations dans les eaux pouvant aisément atteindre 1 g/l, un ordre de grandeur plus élevé que les contaminations par nitrates sur certains sites des produits purs peuvent atteindre la nappe et contaminer la totalité d'un aquifère (Atteia, 2005).

Il est ainsi possible d'opposer deux types de pollution. Les pollutions ponctuelles, constituées d'une source de taille restreinte mais concentrée, qui présentent des concentrations en polluants diminuant par dilution lorsque le panache s'étend. Les pollutions diffuses impliquant des concentrations à la source beaucoup plus faibles mais qui sont présentes sur de grandes étendues, les concentrations dans les aquifères étant du même ordre de grandeur que celles des sols (Atteia, 2005).

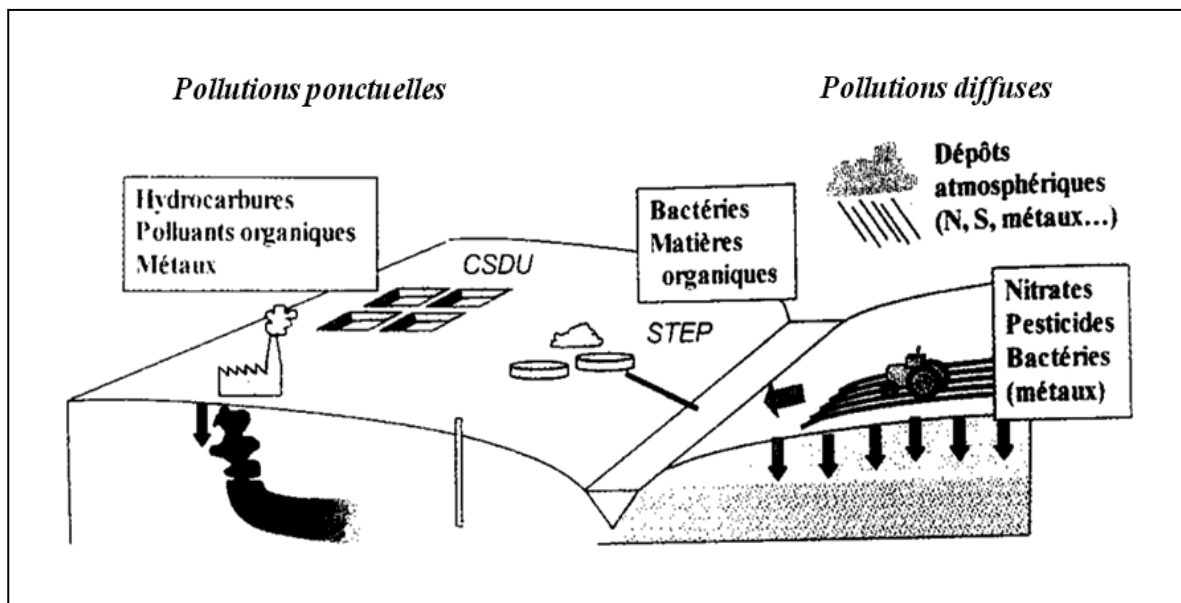


Figure 01 : Les grands types de pollution et leurs effets sur l'environnement.

2. Les différentes sources de pollution des sols et des eaux

Il existe deux catégories de pollution des sols et des eaux :

- Les pollutions naturelles
- Les pollutions dues aux activités humaines
 - ✓ pollution domestique
 - ✓ industrielle
 - ✓ ou agricole.

2.1. Les pollutions naturelles

Elle peut être due à une irruption volcanique, à des épanchements sous-marins d'hydrocarbures... ou encore lorsque l'eau entre en contact avec des gisements minéraux et par un effet de dissolution ou d'érosion, cela engendre des concentrations inhabituelles en métaux lourds (Carnevaleetal., 2006).

2.2. Les pollutions dues aux activités humaines

2.2.1. La pollution domestique

Elle regroupe les eaux vannes (WC), les eaux ménagères (eaux de cuisine et salle de bains) qui contiennent des graisses, du savon, des détergents... et les eaux usées rejetées par les installations collectives.

2.2.2. La pollution industrielle

Elle est caractérisée par sa très grande diversité. Elle va dépendre de l'activité industrielle. On peut donc retrouver des matières organiques et des graisses, des hydrocarbures, des métaux, des acides, des produits chimiques divers, des matières radioactives (Carnevaleetal., 2006).

2.2.3. L'agriculture

L'agriculture utilise de plus en plus de produits chimiques et organiques surtout dans les sols pauvres en éléments nutritifs. Elle constitue la première cause des pollutions diffuses des ressources de sol et de l'eau. Ce point étant le sujet de notre travail, il sera développé et approfondi tout au long de ce chapitre.

La pollution agricole peut se présenter sous les deux modes de pollution précédemment citées :

- La pollution diffuse consiste en une dégradation du sol et de la ressource en eau sur l'ensemble d'un territoire en raison de rejets agricoles qui ne sont pas issus d'un point particulier de ce territoire.
- La pollution ponctuelle, il s'agit ici de rejets de polluants à petites doses mais de manière répétée. Ce type de pollution est difficile à contrôler car il est lié à une multitude de sources (**Boulier, 2011**).

3. Substances susceptibles de polluer les eaux dans les zones agricoles

3.1. Produits phytosanitaires

3.1.1. Définition des produits phytosanitaires

Les produits phytosanitaires, appelés également pesticides, produits de protection, produits phytopharmaceutiques, agro pharmaceutiques, sont des poisons destinés à tuer ou repousser les adventices (herbicides), les insectes (insecticides), les champignons (fongicides), ou à se débarrasser de divers animaux considérés comme nuisibles (nématocides, rodenticides ...) (**Amara, 2013**).

3.1.2. Classification des produits phytosanitaires

Le premier système de classification des produits phytosanitaires repose sur le type de parasites à contrôler. Il existe principalement trois grandes familles de produits phytosanitaires selon la nature des cibles visées : les herbicides, les fongicides et les insecticides. À celles-ci s'ajoutent des produits divers tels que les acaricides (contre les acariens), les nématocides (contre les nématodes), les rodenticides (contre les rongeurs),...etc.

Le deuxième système de classification tient compte de la nature chimique de la substance active majoritaire qui compose les produits phytosanitaires. Les principaux groupes chimiques comprennent les organochlorés, les organophosphorés, les carbamates, les pyréthrinoides, les triazines et les urées substituées (**Merhi, 2008**).

3.1.3. Transfert des produits phytosanitaires

Les produits phytosanitaires peuvent être transportés sous forme dissoute ou adsorbés sur les matières en suspension. Le transfert de ces produits est fonction :

- Des quantités appliquées,
- De l'intervalle entre l'application et l'événement pluvieux important qui lui succède,

- Des conditions environnementales (températures, humidité, activité biologique), qui accélèrent ou non la dégradation des molécules.
- Des états de surface du sol et de l'état hydrique.

Le risque de transfert d'un produit est donc maximal juste après l'application. Il est ensuite difficile de prévoir l'évolution des transferts des molécules, le stock présent dans le sol étant très dépendant des conditions pédoclimatiques (**Molenatetal., 2011**).

3.2. Métaux lourds

3.2.1. Définition des métaux lourds

D'un point de vue purement chimique, les éléments de la classification périodique formant des cations en solution sont des métaux. D'un point de vue physique, le terme métaux lourds désigne les éléments métalliques naturels, métaux ou dans certains cas métalloïdes (environ 65 éléments), caractérisés par une forte masse volumique supérieure à 5 g.cm³. D'un autre point de vue biologique, on en distingue deux types en fonction de leurs effets physiologiques et toxiques : métaux essentiels et métaux toxiques (**Adriano, 2001**).

3.2.2. Origine des métaux lourds

A. Origine naturelle

Ces métaux lourds sont présents de façon naturelle dans le sol et sont majoritairement le résultat d'une altération de la roche mère du sous-sol. Toutefois, les différentes activités humaines contribuent également à augmenter leur quantité.

B. Origine anthropique

Les teneurs les plus élevées en éléments inorganiques rencontrées dans les sols sont fortement liées à l'activité humaine. Les principales activités sont les suivantes :

- Pollution dues aux retombées atmosphériques telle que l'industrie extractive et métallurgique, pratiques liées à l'incération, utilisation des énergies fossiles, essence au plomb, etc.
- Stockage de déchets urbains ou industriels dues aux résidus des activités de mines et de fonderies de métaux, installations de stockage de déchets,...etc.

- Pratiques agricoles due aux épandages d'insecticides, de fongicides, d'engrais, de boues résiduaires urbaines ou de composts d'ordures ménagères,...etc.(**Baba Ahmed, 2012**).

3.2.3. Transfert des métaux lourds

L'association des métaux lourds à la phase solide du sol fait que ceux-ci sont en règle générale très peu entraînés vers les nappes. Les processus de remobilisation sont possibles notamment lors de changements des conditions oxydo-réductrices du milieu qui peuvent accroître la proportion de métaux sous forme d'ions libres, accroissant par la-même leur mobilité (**Adriano, 2001**).

3.3. Engrais

Les engrais correspondent à l'ensemble des matières fertilisantes épandues à la surface des sols et destinées à apporter aux végétaux les éléments indispensables à la constitution de leurs tissus. On distingue les engrais minéraux, des engrais organiques qui comprennent les effluents d'élevage (fumiers bovins, lisiers bovins, porcins ou de volaille), les composts, les boues résiduaires des stations d'épuration,... etc.

3.3.1. Les engrais minéraux

Les engrais minéraux à usage agricole se présentent en général sous forme de granulés sphériques de 2 à 3 mm de diamètre ; ils sont épandus de manière mécanique, soit par gravité, soit à l'aide d'appareils centrifuges ou pneumatiques générant des poussières. Il existe également des formes liquides pour pulvérisation ou injection dans le sol. Les engrais à usage domestique (pour plantes d'intérieur ou pour le jardinage) sont usuellement des concentrés liquides à diluer, parfois des granulés ou des bâtonnets imprégnés. Les engrais minéraux peuvent être des engrais simples (azoté [N], phosphaté [P] ou potassique [K]) ou des engrais composés, binaires (NP, NK, PK) ou bien ternaires (NPK). Les principaux constituants de ces engrais sont :

- Azote : nitrate d'ammonium ou ammonitrate (NH_4NO_3), sulfate d'ammonium [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$], urée, ammoniac liquéfié, etc. ;
- Phosphore : phosphate de calcium [$\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$] et superphosphates issus du traitement des phosphates de roche naturels, scories Thomas de sidérurgie, acide phosphorique,...;
- Potassium : chlorure, nitrate et sulfate de K (KCl , KNO_3 et K_2SO_4) (**Testud, 2004**).

Un engrais granulé NPK typique contient 15 à 20 % d'ammonitrate, 8 à 10 % d'anhydride phosphorique sous forme de phosphates d'ammonium et bicalcique, 5 à 15 % d'oxyde de potassium. Mais bien d'autres compositions sont disponibles sur le marché pour répondre à la demande spécifique de chaque type de sol et de culture ; certaines formulations d'engrais prêts à l'emploi contiennent de la cyanamide calcique (CaCN_2), qui est plutôt un amendement de sol. Les «matières actives» des engrais minéraux solides (nitrates, phosphates et sels de potassium) sont des substances non volatiles, très hydrosolubles, voire pour certaine (nitrate d'ammonium) hygroscopiques (**Testud, 2004**).

Le risque d'utilisation des engrais est fonction de deux paramètres : la toxicité de la substance en cause et l'exposition. Une substance très toxique avec une exposition nulle n'entraîne naturellement pas de risque et une substance de toxicité moyenne avec une exposition forte peut être de danger majeur. Toute la toxicologie se fonde sur ce que l'on appelle la relation « dose-effet », qui s'exprime simplement de la manière suivante :

- il y a proportionnalité entre l'effet toxique et la dose ;
- il existe pour tout effet toxique une dose « seuil » au-dessous de laquelle cet effet toxique ne se manifeste pas (**Rico, 2000**).

3.3.2. La matière organique

La matière organique est un terme générique qui regroupe un très grand nombre de molécules, issues pour la plupart du monde vivant et se trouvant dans un état de décomposition plus ou moins avancée. Ils sont des produits qui apportent du carbone organique et des éléments minéraux pour les plantes. Parmi ces éléments on distingue les éléments majeurs (absorbés en grande quantité, tels que l'azote, le phosphore, le soufre, le potassium, le calcium et le magnésium), les oligoéléments (nécessaires à faible dose, tels que le fer, le manganèse, le cuivre, le zinc, le bore, le molybdène et le vanadium) (**Mustin, 1987**).

Etant donné, que l'absorption des éléments nutritifs par la plante se fait quasi exclusivement sous la forme minérale (nitrate et ammonium pour l'azote, phosphate pour le phosphore, sulfate pour le soufre,...) ; un fertilisant organique apporté au sol ne peut remplir donc sa fonction alimentaire qu'après d'être minéralisé.

3.3.3. Les principaux polluants liés à la sur fertilisation minérale et organique

3.3.3.1. Les Nitrates

Définition des nitrates

Les nitrates sont des éléments chimiques très solubles et facilement drainés par les eaux de ruissellement ou d'infiltration vers les nappes s'ils ne sont pas consommés par la végétation ou réorganisés dans la matière organique du sol. Ils sont aujourd'hui la cause majeure de pollution de l'eau (**Boulier, 2011**).

Les nitrates et les nitrites sont produits, naturellement et en faibles quantités dans les sols, par des bactéries qui les fabriquent en fixant l'azote de l'air ou en décomposant des matières organiques. Dans l'environnement, les nitrites sont, généralement, en faibles teneurs car ils se transforment facilement en nitrates (**Pouëssel, 2003**).

Sources et stock des nitrates

La contamination de plus en plus fréquente des sols en nitrates, est due à l'usage excessif d'engrais (chimiques et déjections animales) ainsi qu'à des rejets d'eaux usées. Cet enrichissement des sols a pour conséquence un accroissement des teneurs dans les ressources en eau et dans les plantes (**Pouëssel, 2003**).

Le stock de nitrate dépend des apports et des transformations qui affecte ses apports. Le nitrate est un composé qui peut s'épuiser par exportation et/ou transformation. Si les apports sont supérieurs aux exportations et aux transformations, il peut cependant y avoir constitution de stocks (**Molenat et al., 2011**).

Transfert des nitrates

Les nitrates sont une des formes de l'azote présent dans les sols. En présence d'oxygène, les nitrates sont la forme minérale la plus stable dans le sol. Ils évoluent vers d'autres espèces chimiques lorsque les conditions du milieu varient (absence d'oxygène notamment) (**Molenat et al., 2011**).

L'azote des engrais minéraux se présente sous forme de nitrate ou d'ammonium, deux formes très facilement assimilables par les plantes. Dans des conditions de pratiques normales, l'azote des engrais minéraux est assimilé dans l'année par la culture en place. Une application mal maîtrisée peut cependant conduire à des excédents de nitrate dans le sol, lesquels peuvent migrer vers les nappes ou les eaux de surface entraînant leur pollution.

L'azote des déjections animales est incorporé dans des molécules organiques. Il n'est pas directement assimilable par les plantes. La libération du nitrate se fait par minéralisation progressive de la matière organique, ce qui peut engendrer des arrières effets perceptibles les années suivant les épandages, du fait du caractère lent du processus de minéralisation. Comme dans le cas des engrais minéraux, des apports excessifs de déjections animales au sol peuvent conduire à des excédents de nitrates et à des pollutions des nappes (**Molenatetal., 2011**).

3.3.3.2. Le phosphore

Définition de phosphore

Le phosphore est un élément chimique non métallique abondant dans la nature. Il est le onzième constituant de la croûte terrestre (0,12 %) ou il se combine à d'autres éléments pour former un grand nombre de minéraux, tels que les phosphates et les fluorophosphates d'aluminium, de calcium, de fer ou de manganèse. Il est l'un des cinq éléments nutritifs essentiels à la croissance des végétaux (carbone, hydrogène, oxygène, azote et phosphore) (**Beaudin, 2006**).

Formes de phosphore

On distingue en général deux formes de phosphore dans l'eau :

- le phosphore dit dissous, qui passe par un filtre de 0,45 µm,
- le phosphore particulaire (tout le reste), l'ensemble constituant le phosphore total.

La fraction dissoute du phosphore comprend les ions ortho phosphates des molécules organiques et le phosphore lié aux petites molécules organiques. La fraction particulaire regroupe le phosphore combiné aux oxydes de fer et aux argiles, le phosphore associé aux débris organiques grossier et le phosphore constitutif des minéraux phosphatés. La distinction phosphore soluble / phosphore particulaire ne recouvrant pas une réalité chimique homogène, il est souvent difficile de comparer les résultats issus d'études différentes sur ces seules bases (**Molenatetal., 2011**).

Sources de phosphore

Il existe nombreuses formes d'engrais minéraux phosphatés. Ils ont pour origine les gisements de phosphates naturels ainsi que l'industrie sidérurgique. Ils sont utilisés bruts ou après leur transformation par l'industrie chimique en divers composés. Selon les différents types d'engrais minéraux phosphatés, la teneur en P₂O₅ est de 26 % pour un phosphate insoluble et 60 % pour un phosphate très soluble (**Baptendier, 1994**).

Les déjections animales contiennent une quantité non négligeable de phosphore sous forme minérale et organique. Le purin est plus pauvre que le lisier ou le fumier. De même, la fraction de phosphore minérale varie selon les espèces animales : elle représente 80 % du phosphore total pour le lisier de bovins, et 60 % pour le lisier de volailles (**Ziegler et Hedit, 1991**).

Transfert de phosphore

Pour les sols cultivés, les apports de phosphore sont nécessaires et sont amenés sous plusieurs formes : des engrais minéraux, des engrais de terme composés essentiellement par (les déjections animales, et des boues de station d'épuration). Les doses appliquées sont variables et dépendent du type de culture. Une fraction du phosphore est assimilée par la plante, le reste est mélangé au sol où d'autres processus (précipitations, complexation, absorption, etc...) le mobilisent ou le fixent (Le phosphore est facilement fixé sur les particules de sol et déplacé par l'eau préférentiellement sous forme particulaire) (**Castillon et al., 1993**).

3.3.3.3. Les microorganismes pathogènes

Origine des microorganismes pathogènes

Les micro-organismes pathogènes sont peu nombreux dans les eaux de nappe du fait des conditions généralement anaérobies et des faibles quantités de nutriments disponibles. Le transfert de matière organique appliqué par les agriculteurs vers la nappe phréatique favorise leur prolifération. Les milieux fissurés, surtout karstiques, présentent des conditions favorables à la survie et la multiplication des germes : pénétration facile de matière organique, conditions aérobies, pas de filtration (**Coyne et Howelm, 1994**).

Transfert des microorganismes pathogènes

Les données sur les capacités de transferts des bactéries fécales après épandages de matières organiques sont très variables. Les méthodes de dénombrements et les stratégies d'échantillonnages (méthode de prélèvements et fréquences) et aussi les échelles d'étude sont à l'origine de cette grande variabilité des résultats et des conclusions.

Les études de transferts sur colonnes de sol ou de substrats synthétiques montrent l'importance de facteurs suivants :

- La nature du substratum (et notamment la présence d'enrobage ou de site de fixation),
- La nature chimique du soluté infiltré,

- L'hydrodynamique des systèmes
- Des variables liées à la bactérie comme sa taille, sa forme, son hydrophobicité et la charge électrostatique de sa membrane (**Vansteelant, 2004**).

À l'échelle des parcelles et des sols en place, les transferts de bactéries fécales interviennent très rapidement après les épandages (**Cunliffeetal., 1999**). Seule une faible partie des bactéries épandues est mobilisée par les eaux de percolation (**Crane et al., 1983**). Cette mobilisation des bactéries diminue lorsque le temps de contact sol-bactérie augmente (**Edwards et al., 2000**).

Le mode d'inoculation des bactéries dans le sol revêt une grande importance dans leur mobilisation ultérieure et leur lessivage. Les transferts sont totalement différents selon l'hydrodynamique générale du milieu et le type de sol (**Crane et al., 1983**). Sur des sols en place, le transfert s'effectue essentiellement dans les macropores du sol et est fortement perturbé par la présence de racines végétales ou la présence de voies préférentielles d'écoulements (**Natshetal., 1996**).

Stock des microorganismes pathogènes

Les micro-organismes, une fois sur ou dans le sol, ont des durées de survie très variables selon l'espèce microbienne, les pratiques agricoles (mode de stockage, technique d'épandage, type d'effluent, la culture...), et les conditions environnementales (édaphiques, climatiques, biologiques) (**Molenatetal., 2011**).

Les facteurs influençant les dynamiques de survie des microorganismes dans l'environnement sont synthétisés dans le (Tableau 01). Dans l'environnement, ces facteurs entrent en inter-relations pour définir les capacités de survie des bactéries et parasites fécaux (Figure 02).

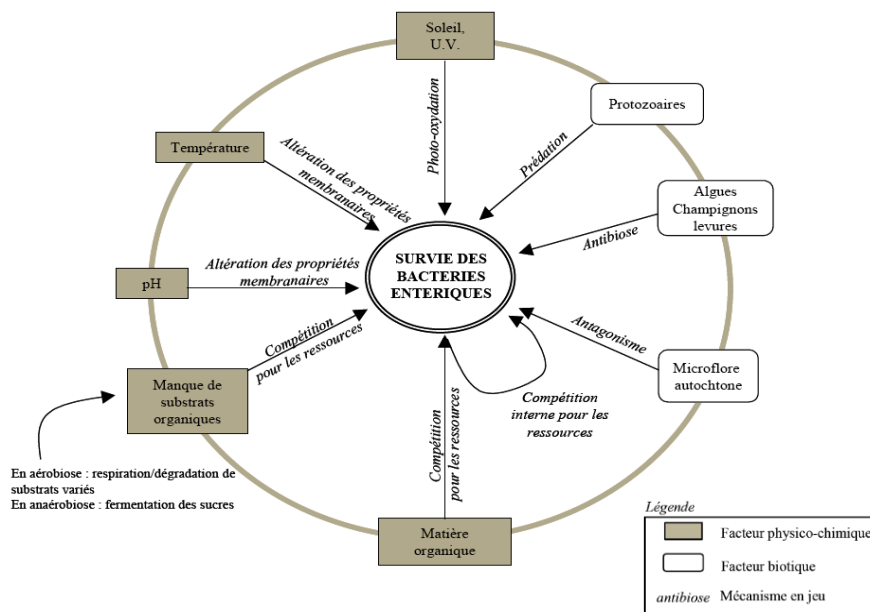


Figure 02 : Facteurs et mécanismes agissant sur la survie des bactéries fécales dans l’environnement (Vansteelant, 2004).

Tableau 01 : Les facteurs régissant la survie et le transfert des microorganismes fécaux dans l’environnement (Crane et al., 1983)

FACTEURS INFLUANT LA SURVIE SUR LA VEGETATION ET DANS LE SOL	FACTEURS INFLUANT L’INFILTRATION ET LE MOUVEMENT DANS LE SOL
I-LE MICROORGANISME ET SON STADE DE DEVELOPPEMENT	I-CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU SOL
	<ul style="list-style-type: none"> - texture - taille et distribution des particules - teneur et type d’argile - teneur et type de matière organique - pH - capacité d’échange en cation (CEC) - distribution de la taille des pores
II-LA NATURE PHYSIQUE ET CHIMIQUE DU MILIEU RECEPTEUR (SOL, VEGETATION)	II-FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX ET CHIMIQUES
<ul style="list-style-type: none"> - température - pH - humidité - morphologie (feuilles) - porosité - teneur en matière organique - texture et taille des particules 	<ul style="list-style-type: none"> - température - humidité - régime hydrique du sol (saturé vs insaturé) - composition chimique de la solution du sol - tailles et concentrations des bactéries - nature de la matière organique de l’effluent (concentration et type)

<ul style="list-style-type: none">- composition chimique- propriétés d'absorption et de filtration- biodisponibilité des nutriments	
III-CONDITIONS METEOROLOGIQUES	
<ul style="list-style-type: none">- ensoleillement- humidité et précipitation- température	
IV-INTERACTIONS BIOLOGIQUES	
<ul style="list-style-type: none">- compétition avec la flore indigène du sol- antibiose- toxicité	
V-METHODE D'APPLICATION	
<ul style="list-style-type: none">- technique (surface ou incorporation)- fréquence d'application- concentration de l'effluent en microorganismes fécaux	

Partie II

Matériel Et Méthodes

Chapitre I

Présentation de la région d'étude

I.1.1. Situation géographique :

- La région d'El-Oued est située dans la partie nord-est du Sahara algérien (Bas-Sahara), à la frontière nord du Grand Erg Oriental entre (33° et 34°) N et (6° et 8°) E Est. Cette immense plage de sable est située entre la Méditerranée centrale au nord et la frontière sud du Grand Erg Oriental au sud et le golfe de Gabès tout aussi loin à l'est. et Atlas du Sahara Occidental. Limite la zone : La frontière Algéro-Tunisienne (chotts El-Djerid : région de Tozeur) à l'Est. Les chotts Melghir et Merouane au Nord (région de Biskra). L'Oued-Righ (région de Touggourt) à l'Ouest. Après le découpage administratif de 2019, la wilaya d'El-Oued est délimitée par: La frontière Algéro-Tunisienne à l'Est. Les wilayas al Mughayyir et de Togourt à l'Ouest. Les wilayas de Biskra, Khenchela et Tébessa, au Nord. La wilaya d'Ouargla au Sud.

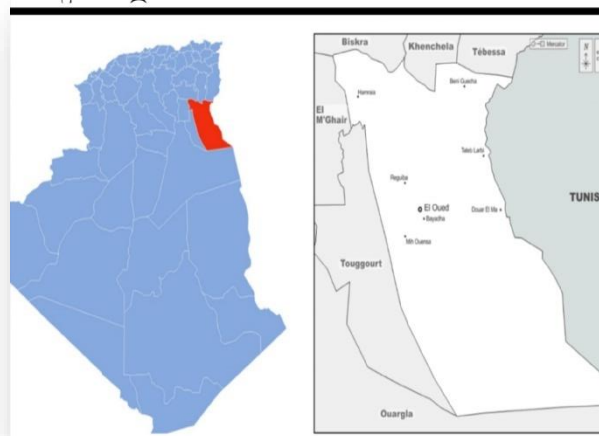


Figure 03: Situation géographique de la région d'El-Oued (**Andi, 2015**).

I.1.2. Climat :

I.1.2.1. Température :

La température est un facteur climatique important (**Remain, 1997 In Haicher et Laifaoui, 2005**). Il a une action majeure sur le développement, le fonctionnement et la multiplication des végétaux, et comme elle varie selon un schéma géographique net, les espèces végétales se distribuent selon des aires de répartition souvent définissables à partir des isothermes (**Barbault, 2003**).

D'après le tableau 02, la région du Souf est caractérisée par des températures très élevées. La température moyenne annuelle est de 23.3°C pour la période (2012-2022). Les données des températures mensuelles relevées sous abri montrent que le mois le plus chaud est Juillet avec une température moyenne de 27.5°C, un maximum de 43.9°C et un minimum de 35.7°C.

I.1.2.2. Précipitations

La pluie est parmi les facteurs les plus déterminants, en raison de l'influence bénéfique ou néfaste qu'elle exerce sur les plantations. La quantité d'eau dont dispose la végétation dépend de la pluie, de la neige, de la grêle, du rosé, de l'évaporation et de la porosité du sol (**Lamonarka, 1955 in Bella, 2005**). D'après le tableau 02, la précipitation annuelle est estimée 43.41 mm, ce qui est une valeur faible dans une zone dans laquelle elle est située la valeur d'évaporation est très élevée car la valeur d'évaporation maximale a été enregistrée en juillet, en plus de la spécificité des sols sableux à haute perméabilité.

I.1.2.3. Les vents :

La direction des vents dans la région d'Oued Souf est Est, Nord-est prédominant, puis à un degré moindre ceux de direction Ouest et Sud-ouest, caractérisés par des températures très élevées (Sirocco).

Généralement au printemps les vents sont les plus forts (période de pollinisation des palmiers). Ils sont chargés des sables éoliens donnant au ciel une teinte jaune et peuvent durer jusqu'à 3 jours consécutifs, avec une vitesse allant de 30 à 40 km/h.

I.1.2.4. L'Humidité Relative :

L'humidité représente le pourcentage de l'eau existant dans l'atmosphère sous forme de vapeur ou bien le nombre de gramme de vapeur d'eau contenue dans un mètre cube d'air. La région d'Oued Souf connaîtra 3 mois humides : Novembre, Décembre, janvier où le taux d'humidité dépasse 50%, le maximum du mois de décembre est de 61.30%.

Tableau 02 : Les données climatiques de la région d'Oued Souf (2012 – 2022)

Mois	T (C°)			P (mm)	H (%)	V (m/s)
	Tmoy	TM	Tm			
Janvier	11.30	18.00	5.00	1.24	55.18	7.39
Février	13.39	19.90	6.90	6.02	46.80	8.51
Mars	17.30	23.70	10.55	5.47	43.42	9.84
Avril	22.11	28.70	14.99	8.91	38.06	11.60
Mai	27.01	33.76	19.51	1.41	32.29	10.90
Juin	29.41	39.22	24.51	0.16	29.18	10.51
juillet	34.92	41.74	27.17	0.06	26.65	9.42
Aout	34.20	40.85	27.10	0.67	30.33	9.20
Septembre	30.21	36.66	23.71	8.49	39.78	8.80
Octobre	24.03	30.63	17.52	1.50	41.13	6.46
Novembre	16.88	23.21	10.92	7.82	53.46	7.06
Décembre	12.25	18.73	6.50	1.66	61.30	6.74
Moyenne	22.75	/	/	43.41*	38.38	8.86

*cumule

I.1.1.5. Diagramme Ombrothermique de Bagnols et Gausson :

Le graphique ombrothermique de Bagnolle et Gausson permet de calculer la durée de la saison sèche. La température moyenne mensuelle et la précipitation moyenne mensuelle sont portées sur les axes.

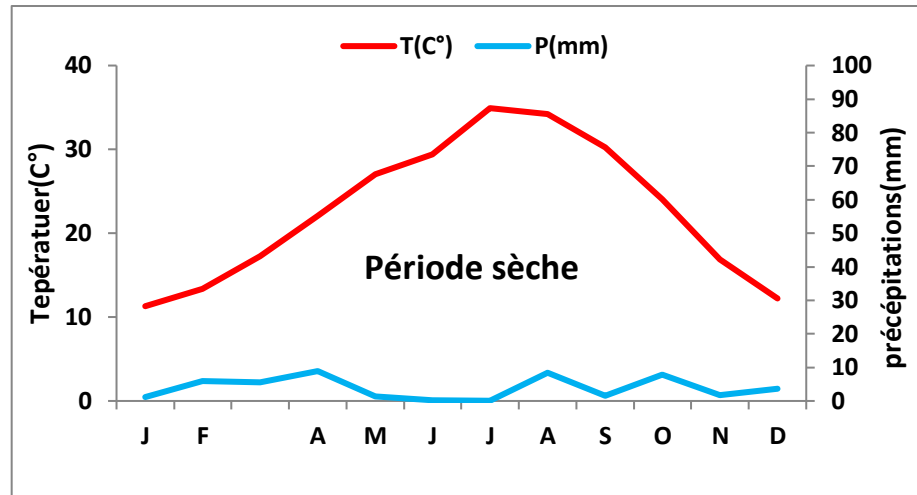


Figure 04 : Diagramme Ombrothermique de Bagnols et Gausсен de la région de Oued Souf (période 2012-2022).

Le climat de la région du Souf est, à certain points, analogue à celui du reste du Sahara c'est-à-dire un climat des contrées désertiques, si l'on considère sa pauvreté en végétation, la sécheresse de l'air, le manque d'eau en surface et l'irrégularité des précipitations (**Najah, 1971**). La région du Souf est caractérisée par deux périodes (période sèche et période humide). Il est signalé que la période sèche persiste sur toute l'année pendant très longtemps et notamment durant les dix dernières années (2012 à 2022).

I.1.3. Pédologie :

Les sols de la région du Souf sont généralement peu évolués. Les couches arables sont constituées d'un sol sablonneux de forte profondeur et ne constituent pas des couches rocheuses. Par ailleurs, ces sols se caractérisent par une faible teneur en matière organique, par une structure particulière à forte perméabilité et par une texture sableuse. Le sable du Souf se compose de Silice, Gypse, de Calcaire et parfois d'Argile (**Voisin, 2004**). Au Nord de la région, on rencontre le gypse sous forme des blocs rocheux profonds et tellement solides. A l'Ouest, la pierre gypseuse s'allonge vers la région de Hobba(**Hlisse, 2007**).

I.1.4. Hydrogéologie :

La région de Souf possède des ressources hydriques souterraines essentielles, elle est caractérisée par les nappes suivantes :

2.4.1. Nappe phréatique

La nappe phréatique présente dans toute l'Oasis du Souf correspond essentiellement à la partie supérieure des formations continentales déposées à la fin du Quaternaire, elle peut être rencontrée à des profondeurs variant de 10 et 83 mètres. Vu son importance, cette nappe représentait la source principale d'irrigation d'importantes palmeraies, elle est surtout exploitée par des puits traditionnels.

La profondeur du toit de cette nappe dépasse parfois 20 mètres. La circulation des eaux dans cette nappe est relativement lente sur toute la région du d'El-Oued particulièrement dans les zones caractérisées par l'existence de lentilles argileuses qui influent sur la perméabilité des sables. Excepté dans région des Chotts la nappe phréatique est présente sur toute la zone d'étude.

2.4.2. Nappe du Complexe Terminal (C.T)

La zone de production de cette nappe se situe entre 200 et 500 m, le débit moyen par forage varie entre 25 et 35 l/s avec une qualité chimique de 2 à 3 g/l de résidu sec. Le niveau hydrostatique de la nappe oscille entre 10 et 60 mètres selon les zones (DHW, 2007).

2.4.3. Nappe du Continental Intercalaire (C.I) :

La nappe du Continental Intercalaire est captée à une profondeur moyenne de 1900 m, l'eau de cette nappe se distingue par sa température très élevée atteignant plus de 60 °C, et un résidu sec de 2 à 3 g/l (DHW, 2007).

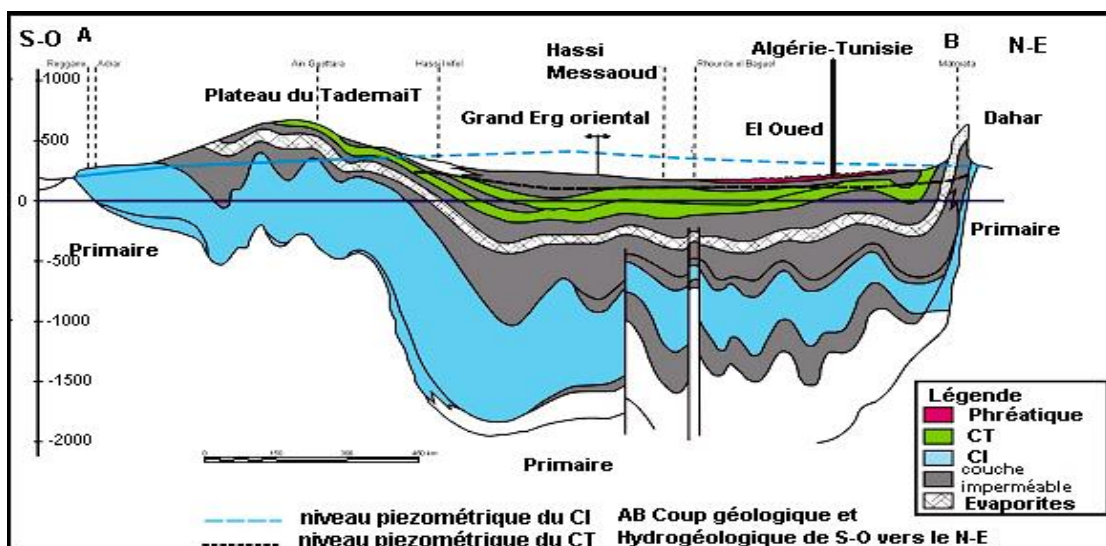


Figure 05 : Coupe hydrogéologique transversale du "CT" et "CI" (UNESCO, 1972).

Chapitre II

Méthodologie de travail

1. Démarche suivie

La présente étude vise à évaluer l'effet de la fertilisation organique sur la pollution d'un sol sableux prélevé dans la zone de d'Oued Souf. Pour réaliser notre expérimentation, la méthode expérimentale à l'aide de colonne a été utilisée. Des colonnes de 1,5 mètre de longueur ont été préparées et installées dans le sol. La partie inférieure de celle-ci est fixée dans le sol et nous remplissons la partie supérieure (de 1 mètre) avec un sol sableux provenant d'une région non cultivée (dunes de sable) (figure 06). Les colonnes sont :

- ✓ Colonne (A1) enrichie par 150 g de fiente de volaille et arrosée avec 200 ml d'eau une fois par jour
- ✓ Colonne (A2) enrichie par 150 g de fiente de volaille et arrosée avec 200 ml d'eau deux fois par jour
- ✓ Colonne (B1) enrichie par 75 g de fiente de volaille et arrosée avec 200 ml d'eau une fois par jour
- ✓ Colonne (B2) enrichie par 75 g de crottes de poulet est arrosée avec 200 ml d'eau deux fois par jour



Figure 06 : Les colonnes expérimentales.

2. Techniques d'échantillonnage

L'expérience a été menée pendant une période de quatre semaines, après cette période, des échantillons des sols ont été prélevés directement à partir des colonnes à travers des trous préalablement réalisée aux profondeurs suivantes : 0, 25, 50, 75, 100 cm.

Les échantillons sont prélevés à l'aide un tube stérile, où 40 grammes de l'échantillon sont prélevés pour chaque profondeur dans chaque tube.

Les échantillons sont conservé dans un sac plastique contenant le nom de l'échantillon et la profondeur, et il est conservé dans une glaisière et transporté directement vers le laboratoire.

3. Techniques d'analyses

3.1. Analyses physico-chimiques

3.2.1. Dosage de l'azote ammoniacal (NH_4^+)

Principe :

Le nitrite réagit avec le sylvanilamide pour former un composé diazoïque qui, après association avec la N-1 naphtyléthylènediamine, donne une couleur rose et se rétracte à une longueur d'onde de 543 nm. (ISO 5664, 1990).

Réactifs :

- **Réactif Mixte :**
 - Sulfanilamide 40 g.
 - Acide phosphoreux..... 100 ml.
 - N- 1- Naphtyl Ethylène Diamine..... 2g.
 - Eau distillée jusqu'à la marque de 1000 ml.

Appareil : électrophotomètre.

Mode opératoire :

Nous prenons 50 ml de l'extrait de l'échantillon et y ajoutons 01 ml de la solution (Mixte) et laissons pendant 10 minutes pour qu'une couleur rose se forme indiquant la présence de nitrite, puis nous prenons 10 ml de la solution et la mettons dans le tube de l'appareil sous une longueur d'onde de 543 nanomètres et le résultat est enregistré en mg/L.

3.2.2. Dosage des nitrites (NO_2^-)

Principe :

Le nitrite réagit avec le sylvanilamide pour former un composé diazoïque qui, après association avec la N-1 naphtyléthylènediamine, donne une couleur rose et se rétracte à une longueur d'onde de 543 nm. (ISO 6777, 1994).

Réactifs :

- **Réactif Mixte :**
 - Sulfanilamide 40 g.
 - Acide phosphoreux..... 100 ml.

- N- 1- Naphtyl Ethylène Diamine..... 2g.
- Eau distillée jusqu'à la marque de 1000 ml
- **Appareil** :électro photomètre



Figure 07: Spectrophotomètre UV-Visible (Photo Original, 2023)

Mode opératoire :

Nous prenons 50 ml de l'extrait de l'échantillon et y ajoutons 01 ml de la solution (Mixte) et laissons pendant 10 minutes pour qu'une couleur rose se forme indiquant la présence de nitrite, puis nous prenons 10 ml de la solution et la mettons dans le tube de l'appareil sous une longueur d'onde de 543 nanomètres et le résultat est enregistré en mg/L.

3.2.4. Détermination des phosphates (PO_4^{3-})

Principe :

Cette méthode d'essai a pour objet de dosage spectrométrique des nitrates par la méthode au salicylate de sodium. En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitro-salicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique. (ISO 6878/1, 1994).

Réactifs :

- Solution de Salicylate de Sodium.
- Solution d'hydroxyde de Sodium.
- Solution de tartrate double de sodium et de potassium.
- Acide sulfurique (H₂SO₄) concentré.
- Solution mère de nitrate à 1000 mg/l.
- Eau distillée15ml.

Mode opératoire :

Dans un erlenmayer de 250ml, prélève 10ml l'extrait de l'échantillon, puis on ajoute 1ml de Solution de Salicylate de Sodium et deux gouttes de solution (NaOH). Ensuite, l'échantillon est placé à l'intérieur de l'étuve sous 80 C pendant 2 h. Nous obtenons un dépôt sec en le laissant refroidi puis on ajoute 2ml de l'acide sulfurique concentré, laissez le pendant un moment de 10 min. Puis ajoutez 15ml de l'eau distillée et 15ml de solution de tartrate double de sodium, l'échantillon est ensuite pris dans un appareil Spectrophotomètre UV-Visible.

3.2.3. Dosage des Nitrates (NO₃⁻)**Principe :**

Il se forme en milieu acide un complexe de molybdate d'ammonium et de tartrate double d'antimoine et de potassium. (ISO 7890/3, 1994).

Réactif**• Réactif Mixte :**

1. A) Heptammolipides d'ammonium..... 13 g.
Eau distillée..... 100 ml.
- B) Tartrate d'antimoine 0,35 g.
Eau distillée..... 100 ml.
- C) Acide sulfurique concentré 150 ml.
Eau distillée 150 ml.
- (A+B)+.C..... 500 ml d'eau distillée.
2. Acide ascorbique 10 %.
Acide ascorbique..... 10 g.
Eau distillée 100 ml.

Et la solution mère de phosphate (Po_4^{3-}) 50 mg/L.

Réactif Mixte à 2 mg/l (Po_4^{3-}).

Mode opératoire :

Nous prenons 50 ml l'extrait de l'échantillon + 1 ml d'acide ascorbique + 2 ml de Réactif mixte et on attend 10 minutes jusqu'à ce que la couleur bleue apparaisse à une longueur d'onde de 880 nm, et le résultat donne mg/L.



Figure08 : Analyses physico-chimiques(Photo Original, 2023)

3.2. Analyses microbiologique

Pour les analyses microbiologiques, nous avons procédé au dénombrement des bactéries indicatrices de la contamination fécale; la méthode d'analyse utilisée est l'ensemencement en milieu liquide (NPP).

3.2.1. Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux

● Milieux de culture

Bouillon lactose au pourpre de bromocresol (BCPL) à double concentration (D/C) ;

Bouillon lactose au pourpre de bromocresol (BCPL) à simple concentration (S/C) ;

Milieu de confirmation : Vert bouillon lactose (VBL);

Milieu de confirmation : bouillon de Schubert;

Réactif de Kovacs pour la recherche d'indole.

• Mode opératoire

1^{ère} étape: Test présomptif de la présence ou l'absence des *coliformes*.

- ✓ 3 tubes de 10 ml de BCPL à double concentration munis d'une cloche de durham avec 10 ml d'eau à analyser ;
- ✓ 3 tubes de 10 ml de BCPL à simple concentration munis d'une cloche de durham avec 1 ml d'eau à analyser ;
- ✓ 3 tubes de 10 ml de BCPL à simple concentration munis d'une cloche de durham avec 0,1 ml d'eau à analyser ;

On agite pour homogénéiser tout en vidant l'air dans la cloche et placer les tubes dans une étuve à 37 °C pendant 24 heures ;

Après incubation, les tubes considérés comme positifs présentent un trouble dans toute la masse liquide, avec virage du violet au jaune et un dégagement de gaz dans la cloche (ADE, 2023)

2^{ème} étape: Test confirmatif de la présence ou l'absence des *coliforme totaux*

Ajoutez dans chaque tube de BPCL positif 6 gouttes par une pipette pasteur dans un tube de bouillon VBL muni d'une cloche de Durham ;

On incube à 37 °C pendant 24 heures ;

On considère comme positifs tous les tubes présentant à la fois : Un trouble avec un dégagement gazeux.

• Expression des résultats des *Coliformes totaux*

Après 24 heures, nous remarquons un changement de couleur avec du gaz. Le nombre des *coliformes totaux* est obtenu en comptant le nombre des tubes positifs en se référant à la table de Mac Credy qui nous donne le nombre le plus probable (NPP) (ADE, 2023).



Figure 09 : Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux.
(Photo Original, 2023)

3.2.2. La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux :

● Milieu de culture

Milieu de Rothe à double concentration (D/C) ;

Milieu de Rothe à simple concentration (S/C) ;

Milieu de confirmation Eva Litsky.

● Mode opératoire

1^{ère} étape : Test présomptif

- ✓ 3 tubes de 10 ml bouillon de Rothe (D/C) avec 10 ml d'eau à analyser ;
- ✓ 3 tubes de 10 ml bouillon de Rothe (S/C) avec 1 ml d'eau à analyser ;
- ✓ 3 tubes de 10 ml de bouillon de Rothe (S/C) avec 0,1 ml d'eau à analyser ;

On incube à 37 °C à 24 heures ;

Les tubes présentant un trouble microbien sont considérés comme positifs et sont soumis au test confirmatif.

2^{ème} étape : Test confirmatif

On agite les tubes puis on prélève de chacun d'eux successivement 6 gouttes avec pipette pasteur pour les reporter dans des tubes de milieu Eva Litsky à l'éthyle violet d'acide de sodium ;

On incube à 37 °C pendant 24 heures ;

L'apparition d'un trouble microbien confirme la présence d'un *streptocoque fécale*, parfois la culture s'agglomère au fond du tube en fixant le colorant et en formant une pastille violette de signification identique à celle du trouble.



Figure 10 : Recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux.

(Photo Original, 2023)

3.2.3. Recherche et dénombrement des Anaérobies sulfito-réducteurs

Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) se présentent sous forme de bactéries à Gram+. Elles se développent entre 24 à 48 heures sur une gélose Viande Foie (Photo 06) en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe^{2+} donne FeS (sulfure de fer) de couleur noire. Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ancienne. L'incubation se fait à 37°C , pendant 24 à 48 heures. La première lecture doit absolument être faite à 16 heures car très souvent les colonies des ASR sont envahissantes auquel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse sera à refaire en utilisant des dilutions décimales de 10^{-1} voire 10^{-2} la deuxième lecture se fera à 24 heures et la troisième et dernière à 48 heures. Il faut dénombrer toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre, poussant en masse. Il est donc impératif de repérer et de dénombrer toutes les colonies noires poussant en masse et de rapporter le total des colonies à la quantité de prise d'eau à analyser (Lebres et Mouffok, 2008).



Figure 11 :Recherche et dénombrement des Anaérobies sulfito-réducteurs.

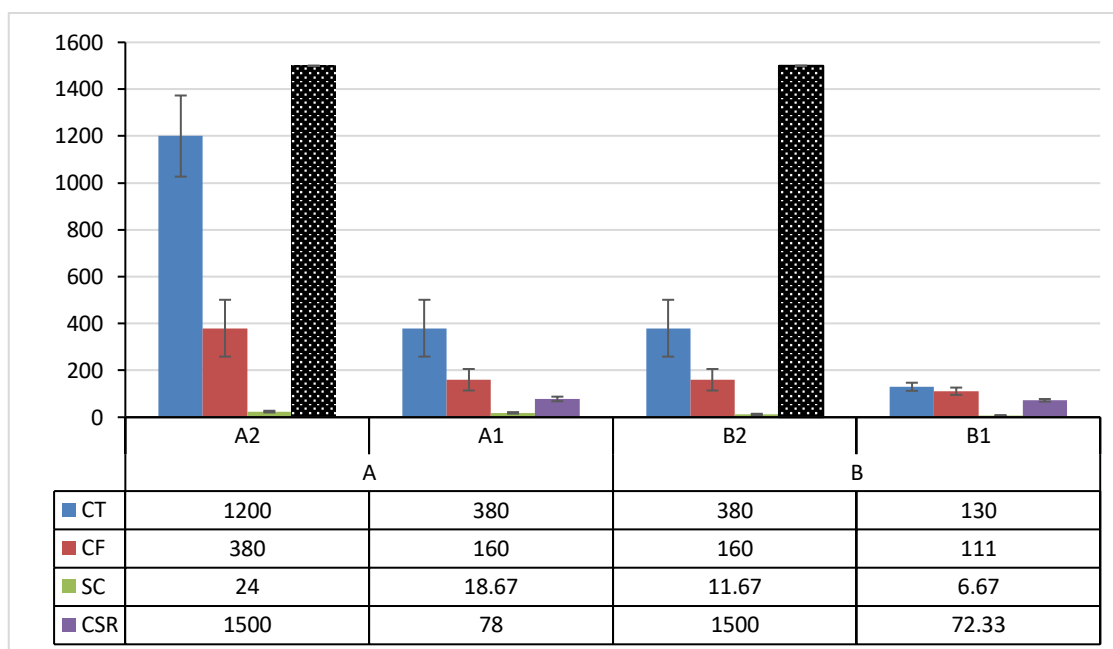
(Photo Original, 2023)

Partie III

Résultats Discussion

I. Variation de concentration des microorganismes inducteurs de la contamination fécal

I.1. La concentration des microorganismes inducteurs de la contamination fécale dans les surfaces des colonnes expérimentale après trois jours d'arrosage



■ Contamination élevée (indénombrable)

Figure 12 : La concentration des microorganismes inducteurs de la contamination fécale dans les surfaces des colonnes expérimentale après trois jours d’arrosage.

L'analyse microbiologique des sols de surface des colonnes expérimentale au niveau des différents traitements montre que ces sols après trois jours de l’application de fiente de volaille ont été le sujet d'une forte contamination bactériologique. La contamination fécale a été avérée par la présence des coliformes fécaux, streptocoques fécaux et anaérobies sulfite-réducteurs (Figure 12).

I.2. La concentration des microorganismes inducteurs de la contamination fécale dans les surfaces des colonnes expérimentale après un mois d’arrosage

I.2.1. Variation de concentration des coliformes totaux dans les colonnes expérimentale

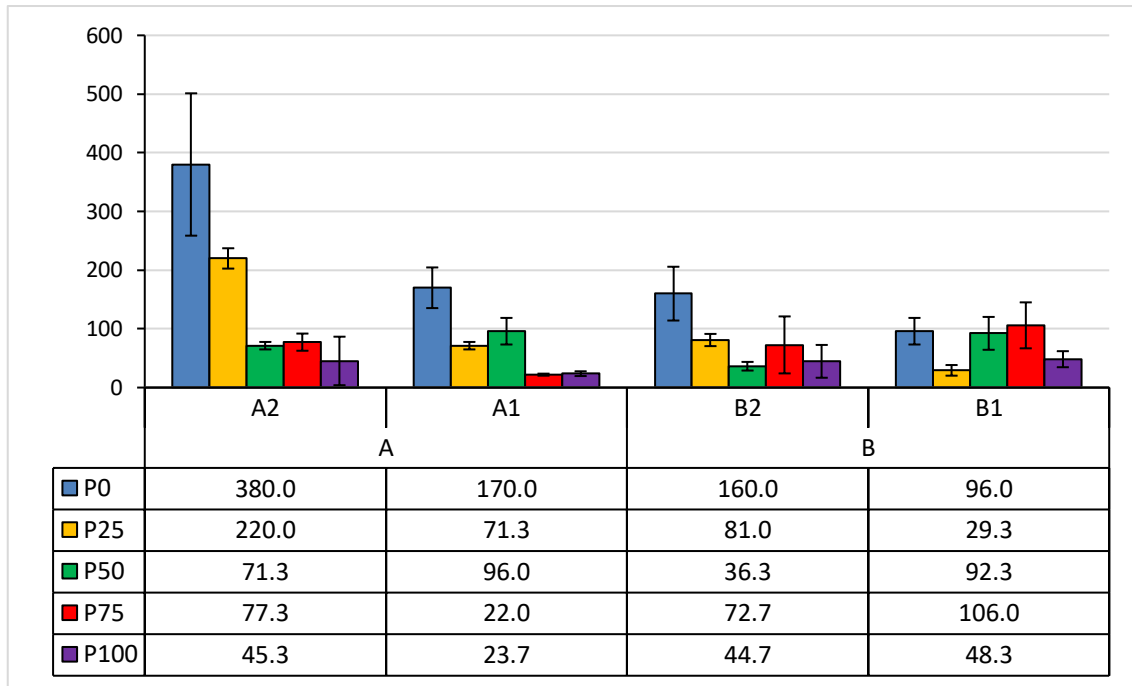


Figure 13 : Evaluation de la lixiviation des coliformes totaux dans les colonnes expérimentale.

Les résultats des analyses des coliformes totaux dans les colonnes expérimentales après la période expérimentale (4 semaines) sont présentés dans la figure 13. Les résultats montre que le nombre de coliformes totaux s'est lessivé vers le profondeur avec une manière décroissante, la concentration de ces germes a enregistré des valeurs plus élevées dans les colonnes qui ont été arrosés deux fois par jour (A2 et B2) par rapport aux colonnes qui ont été arrosés une fois par jour (A1 et B1), et leur concentration était plus élevée dans les colonnes qui ont fertilisé avec 150 g de fiente de volaille (A1 et A2) par rapport aux colonnes qui ont fertilisé avec 75 g de fiente de volaille (B1 et B2) (Fig. 13).

Ces résultats suggèrent que l'arrosage fréquent favorise la survie et la croissance des coliformes totaux dans le sol, tandis que la fertilisation avec une plus grande quantité de fiente de volaille augmente également leur concentration. Il est important de noter que les coliformes totaux sont des indicateurs généraux de contamination fécale et peuvent inclure des bactéries pathogènes potentielles. Par conséquent, des concentrations élevées de coliformes totaux peuvent indiquer une contamination potentielle de l'eau ou du sol par des agents pathogènes d'origine fécale.

I.2.2. Variation de concentration des coliformes fécaux dans les colonnes expérimentale

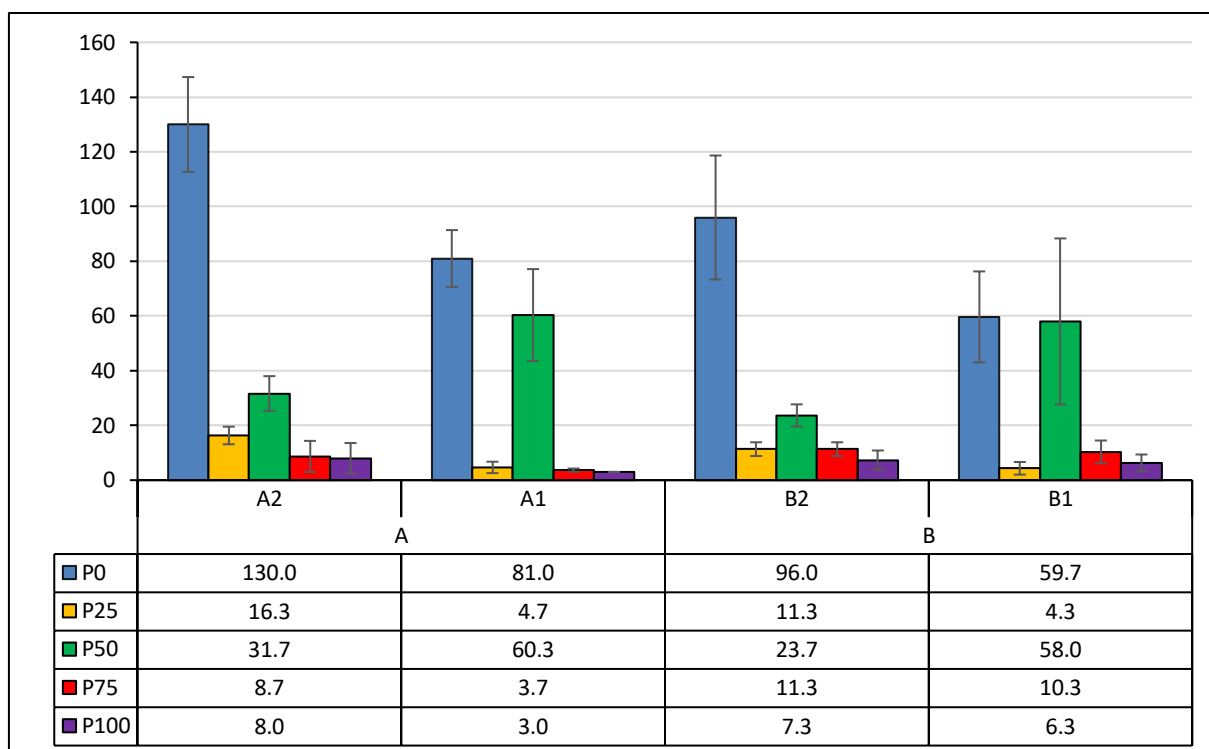


Figure 14 : Evaluation de la lixiviation des coliformes fécaux dans les colonnes expérimentale

Les résultats des analyses des coliformes fécaux dans les colonnes expérimentales après la période expérimentale (4 semaines) sont présentés dans la figure 14. Les résultats montrent qu'après 4 semaines, le nombre de coliformes fécaux dans les colonnes montre une diminution progressive en profondeur. De plus, les colonnes qui ont été arrosées deux fois par jour (A2 et B2) présentent une concentration de coliformes plus élevée que celles arrosées une fois par jour (A1 et B1).

En ce qui concerne la fertilisation, les colonnes qui ont été fertilisées avec 150 g de fiente de volaille (A1 et A2) ont une concentration de coliformes plus élevée que celles fertilisées avec 75 g de fiente de volaille (B1 et B2).

Ces observations indiquent que l'arrosage fréquent et la fertilisation avec une plus grande quantité de fiente de volaille peuvent contribuer à une concentration plus élevée de coliformes fécaux dans les colonnes.

I.2.3. Variation de concentration des streptocoques fécaux dans les colonnes expérimentale

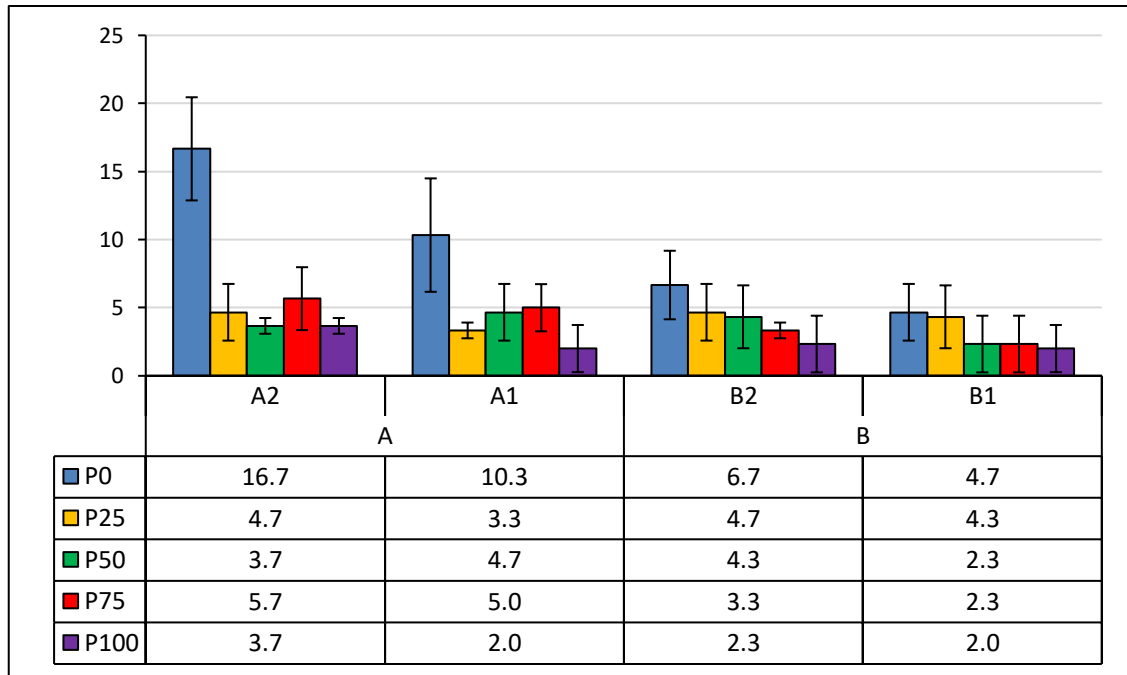


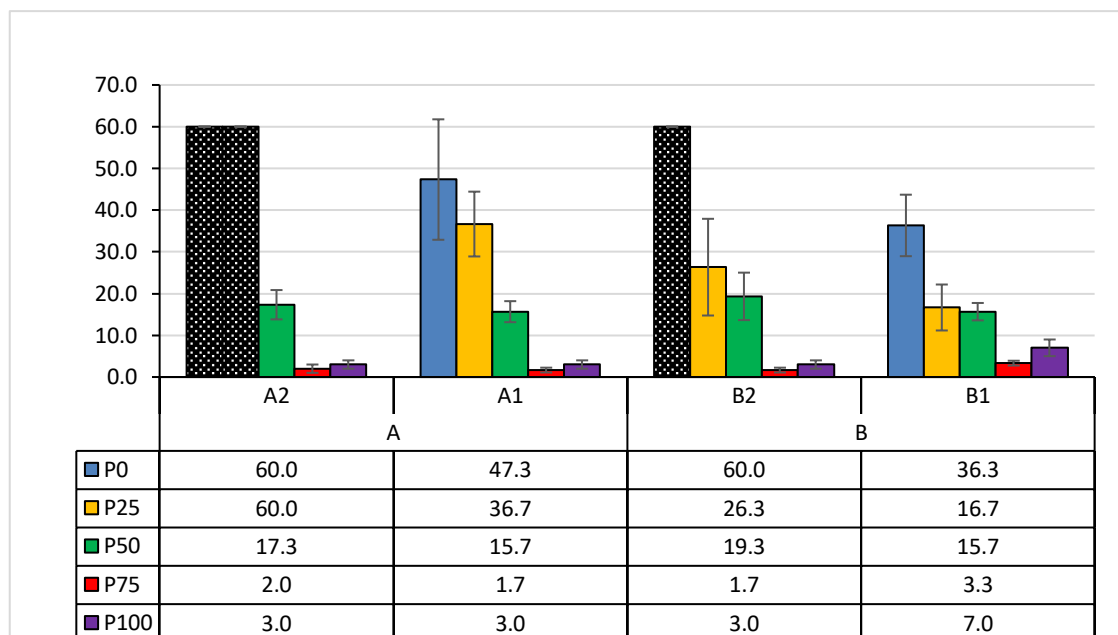
Figure 15 : Evaluation de la lixiviation des streptocoques fécaux dans les colonnes expérimentale

Les résultats des analyses des streptocoques fécaux dans les colonnes expérimentales après la période expérimentale (4 semaines) sont présentés dans la figure 15. Les résultats montre que le nombre de coliformes totaux s'est lessivé vers la profondeur avec une manière décroissante, la concentration de ces germes a enregistré des valeurs plus élevées dans les colonnes qui ont été arrosés deux fois par jour (A2 et B2) par rapport aux colonnes qui ont été arrosés une fois par jour (A1 et B1).

En ce qui concerne la fertilisation, les colonnes qui ont été fertilisées avec 150 g de fiente de volaille (A1 et A2) présentaient une concentration plus élevée de streptocoques fécaux par rapport à celles qui ont été fertilisées avec 75 g de fiente de volaille (B1 et B2). Cela suggère que l'application d'une plus grande quantité de fiente de volaille a conduit à une augmentation de la concentration de ces germes.

Il est important de noter que les streptocoques fécaux sont des bactéries présentes dans les matières fécales animales, et leur présence peut indiquer une contamination fécale. Il convient donc de prendre des mesures appropriées pour minimiser leur présence, notamment en ajustant les pratiques d'arrosage et de fertilisation.

I.2.4. Variation de concentration des clostridium sulfito-réducteurs dans les colonnes expérimentale



■ Contamination élevée (indénombrable)

Figure 16 : Evaluation de la lixiviation des clostridium sulfite-réducteurs dans les colonnes expérimentale

Les résultats des analyses des clostridium sulfite-réducteurs dans les colonnes expérimentales après la période expérimentale (4 semaines) sont présentés dans la figure 16

Le nombre de Clostridium réducteurs de sulfure dans les colonnes après la période expérimentale de 4 semaines a montré un lessivage progressif vers la profondeur du sol. De plus, la concentration de ces germes était plus élevée dans les colonnes arrosées deux fois par jour (A2 et B2) surtout en P0, où l'on remarque les colonnes en noir, ce qui signifie une contamination élevée (indénombrable), par rapport à celles arrosées une fois par jour (A1 et B1). De même, la concentration était plus élevée dans les colonnes enrichies avec 150 g de fumier de volaille (A1 et A2) que dans celles enrichies avec 75 g de fumier de volaille (B1 et B2). Cela indique que l'irrigation fréquente et l'application de plus de fumier de volaille ont favorisé une augmentation de la concentration de Clostridium réducteur de soufre dans le sol. La réduction du sulfate de Clostridium est une bactérie anaérobie du sol qui peut réduire le sulfate en sulfure. Sa présence peut être affectée par divers facteurs, tels que l'humidité et la composition du sol. (Fig. 16).

II. Variation de concentration des quelque paramètres physico-chimique dans les colonnes expérimentale après un moins d'arrosage

II.1. Variation de la teneur de NH_4^+ dans les colonnes expérimentale

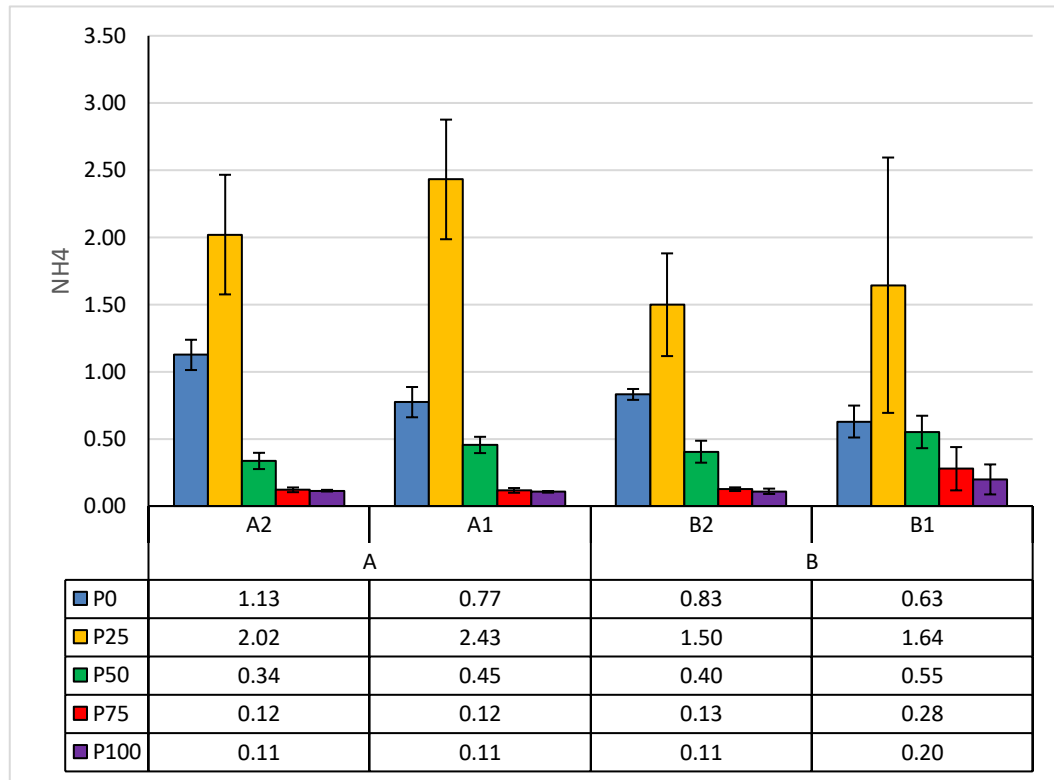


Figure 17 : Variation de la teneur de NH_4^+ dans les colonnes expérimentale

Les résultats des analyses de la teneur de NH_4^+ dans les colonnes expérimentales après la période expérimentale (4 semaines) sont présentés dans la figure 17. Les résultats obtenus montrent une diminution progressive de cet élément vers la profondeur. Les colonnes qui ont été arrosées deux fois par jour (A2 et B2) ont présenté une concentration plus élevées que les colonnes arrosées une fois par jour (A1 et B1). De plus, les colonnes qui ont été fertilisées avec 150 g de fiente de volaille (A1 et A2) ont présentée des concentrations plus élevées que celles fertilisées avec 75 g de fiente de volaille (B1 et B2).

Ces résultats indiquent que l'arrosage fréquent (deux fois par jour) a contribué à un plus grand lessivage du NH_4^+ vers la profondeur. De plus, l'application d'une grande quantité

de fiente de volaille (150 g) conduit à des pollutions plus élevées par rapport à une application d'une quantité plus faible (75 g) (Fig. 17).

II.2. Variation de la teneur en nitrates dans les colonnes expérimentale

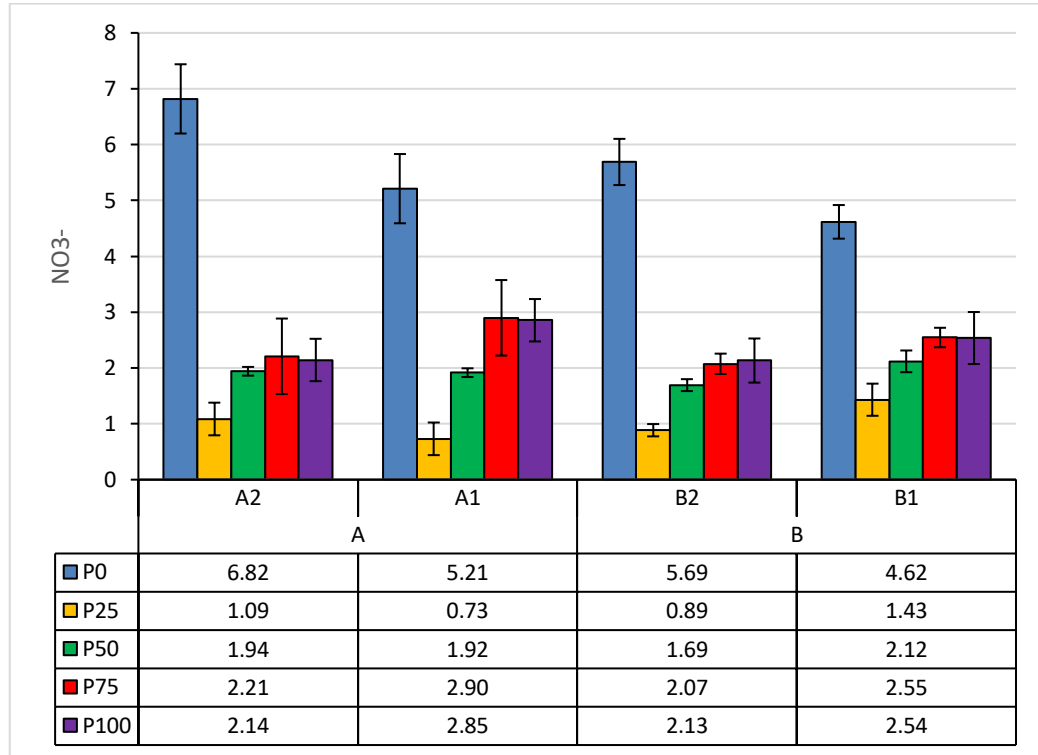


Figure 18 : Variation de la teneur en nitrates dans les colonnes expérimentale

Les résultats des analyses de la teneur en nitrates dans les colonnes expérimentales après la période expérimentale (4 semaines) sont présentés dans la figure 18. D'après les résultats obtenus, on note une diminution progressive de la concentration de NO_3^- dans les colonnes vers la profondeur. Les colonnes qui ont été arrosées deux fois par jour (A2 et B2) présentaient les concentrations les plus élevées par rapport aux colonnes arrosées une fois par jour (A1 et B1). De plus, les colonnes qui ont été fertilisées avec 150 g de fiente de volaille (A1 et A2) présentaient des concentrations plus élevées par rapport aux colonnes fertilisées avec 75 g de fiente de volaille (B1 et B2) (Fig. 28).

Ces observations suggèrent que l'arrosage fréquent favorise le lessivage du NO_3^- vers les couches plus profondes du sol. De même, une plus grande quantité de fiente de volaille utilisée comme engrais semble augmenter la concentration de NO_3^- dans le sol. (Fig. 18).

II.3. Variation de la teneur en nitrites dans les colonnes expérimentale

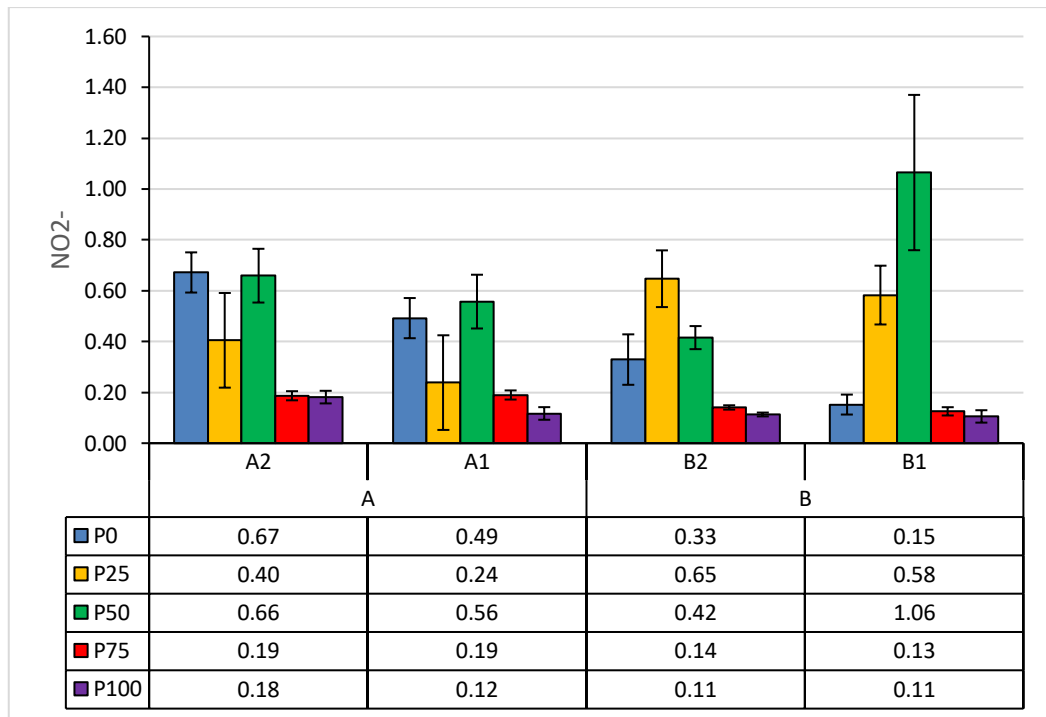


Figure 19 : Variation de la teneur en nitrites dans les colonnes expérimentale

Les résultats des analyses de la teneur en nitrites dans les colonnes expérimentales après la période expérimentale (4 semaines) sont présentés dans la figure 19. D'après les résultats de l'expérience, il a été observé que la concentration de NO_2^- dans les colonnes diminuait en profondeur. De plus, les colonnes qui ont été arrosées deux fois par jour (A2 et B2) présentaient des concentrations plus élevées que celles qui ont été arrosées une fois par jour (A1 et B1). En outre, les colonnes qui ont été fertilisées avec 150 g de fiente de volaille (A1 et A2) avaient des concentrations plus élevées que celles qui ont été fertilisées avec 75 g de fiente de volaille (B1 et B2).

II.4. Variation du taux d'Ortho phosphate dans les colonnes expérimentale

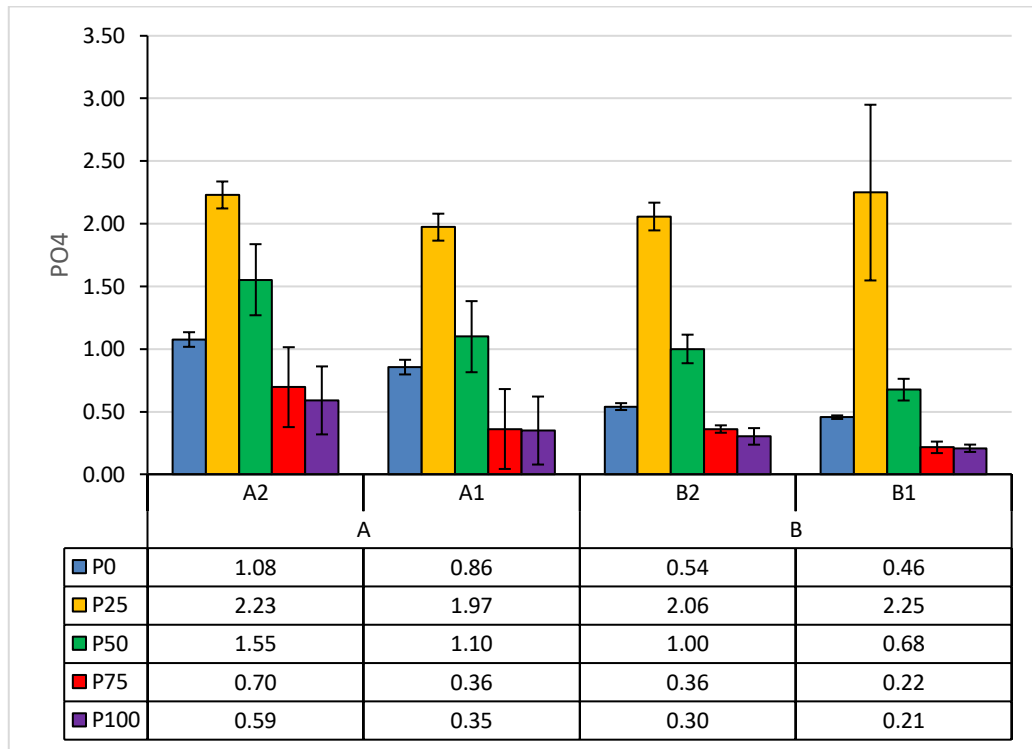


Figure 20 : Variation du taux d'Orthophosphate dans les colonnes expérimentale

Les résultats des analyses du taux d'Orthophosphate dans les colonnes expérimentales après la période expérimentale (4 semaines) sont présentés dans la figure 20.

D'après les résultats obtenus après la période expérimentale de 4 semaines, il a été observé que la concentration de PO_4^{3-} dans les colonnes de sol diminuait avec la profondeur. De plus, les colonnes qui ont été arrosées deux fois par jour (A2 et B2) présentaient une concentration plus élevée de PO_4^{3-} par rapport à celles qui ont été arrosées une fois par jour (A1 et B1).

De plus, il a été constaté que la concentration de PO_4^{3-} était plus élevée dans les colonnes qui ont été fertilisées avec 150 g de fiente de volaille (A1 et A2) par rapport à celles qui ont été fertilisées avec 75 g de fiente de volaille (B1 et B2). Cela suggère que la quantité de fiente de volaille utilisée comme engrais a un impact sur la concentration de PO_4^{3-} dans le sol.

En résumé, les colonnes qui ont été arrosées deux fois par jour et fertilisées avec 150 g de fiente de volaille ont montré les concentrations de PO_4^{3-} les plus élevées, tandis que les colonnes arrosées une fois par jour et fertilisées avec 75 g de fiente de volaille ont montré les

concentrations les plus faibles. De plus, la concentration de PO_4^{3-} diminuait avec la profondeur dans toutes les colonnes (Fig. 20).

Discussion

Les résultats obtenus montrent que les polluants de la contamination fécale (Coliformes fécaux, Streptocoques fécaux) dans les colonnes expérimentale, subissent d'une lessivage vers les couches profondes.

En fait, l'augmentation de la concentration d'indicateurs de contamination fécale vers la profondeur dans les colonnes expérimentale, peut être expliquée par le transfert des microorganismes avec l'infiltration des eaux. Cette situation peut être liée d'une part, à l'application des doses élevées du fumier, ainsi qu'à la texture sableuse trop perméable qui favorise d'avantage le transfert des microorganismes et la contamination fécale d'autre part (MEHDA, 2014).

Ces résultats rejoignent ceux de **Bridgman et al. (1995)**, qui montre que l'utilisation du fumier comme fertilisants, contribue à la pollution des eaux souterraines.

D'après **Coyne et Howelm(1994)**, l'application des doses élevées en fumiers supérieures aux besoins des plantes, au début de campagne agricole, peut contaminer la nappe phréatique en entraînant avec eux des microorganismes pathogènes lors de l'irrigation.

Pour les paramètres physico-chimiques, les résultats obtenus montrent que les concentrations de ceci au niveau des colonnes expérimentales subissent des fluctuations significatives à la fois au cours du temps, ainsi, qu'en fonction du site de prélèvement (profondeur).

L'augmentation significative des teneurs en nitrates vers la profondeur des colonnes, peut-être dû au lessivage de la fertilisant utilisés. En fait, contrairement aux ions ammoniums (NH_4^+), les ions nitrates sont très mobiles dans le sol et étant chargées négativement ; ces ions ne sont pas retenues par le complexe argilo-humique, ce qui favorise leur lessivage (**Ibnooussina, 2006**).

De même, la variation temporelle de la teneur des ions ortho phosphatés montre une augmentation vers la profondeur. Cette augmentation peut être due à la lixiviation des ions ortho phosphatés contenus dans la fiente de volaille vers les couches profondes.

Conclusion générale

A la lumière des résultats obtenus par le suivi de concentration des quelque paramètres physicochimiques et microbiologique au niveau des colonnes expérimentales, on constate un lessivage de polluants vers la profondeur.

Les résultats obtenus montre que les microorganisme indicateurs de contamination fécale s'est lessivé vers le profondeur avec une manière décroissante, la concentration des germes a enregistré des valeurs plus élevées dans les colonnes qui ont été arrosés deux fois par jour (A2 et B2) par rapport aux colonnes qui ont été arrosés une fois par jour (A1 et B1), et leur concentration était plus élevée dans les colonnes qui ont fertilisé avec 150 g de fiente de volaille (A1 et A2) par rapport aux colonnes qui ont fertilisé avec 75 g de fiente de volaille (B1 et B2).

Pour les paramètres physico-chimiques, les résultats obtenus montrent que les concentrations de ceci au niveau des colonnes expérimentales subissent des fluctuations significatives à la fois au cours du temps, ainsi, qu'en fonction du site de prélèvement (profondeur).

De ce fait, la préservation des ressources hydriques devient donc impérative devant la dégradation de ces écosystèmes aquatiques et exige le fractionnement des apports en fertilisants ce qui permet de mieux les adapter aux besoins des végétaux lors de leur croissance et de diminuer le risque de lessivage d'un stock en nutriments temporairement non utilisé.

Par ailleurs, une gestion rationnelle de l'irrigation telle que la maîtrise des fréquences et des doses de l'irrigation en fonction de l'espèce végétale, ainsi que l'introduction de nouvelles techniques d'irrigation notamment l'irrigation localisée (goutte à goutte) est vivement recommandée pour économiser l'eau et préserver sa qualité.

Enfin, l'utilisation des techniques agronomiques de lutte contre la pollution microbologique notamment le procédé de compostage de fumiers est très recommandé à fin de minimiser le risque de la pollution fécale des eaux souterraines.

Références Bibliographiques

- Adriano D.C., 2001**: Trace elements in terrestrial environments: Biogeochemistry, bioavailability and risks of metals. 2nd Edition, Springer Verlag. 867p.
- Amara Anis, 2013** : Evaluation de la toxicité de pesticides sur quatre niveaux trophiques marins : micro algues, échinoderme, bivalves et poisson ; Thèse De Doctorat En Cotutelle Entre L'université De Tunis El-Manar Et L'université De Bretagne Occidentale ; p163.
- Atteia Olivier, 2005** : chimie et pollutions des eaux souterraines ; Ed. TEC & DOC ; Paris ; 398p
- Baba Ahmed Abderrazzak, 2012** : Etude de contamination et d'accumulation de quelques métaux lourds dans des céréales, des légumes et des sols agricoles irrigués par des eaux Usées de la ville de hammam boughrara ; Thèse Doctorat ; Université Abou BekrBelkaid ; Tlemcen. p200.
- Baptendier Evelyne 1994** : Apports diffus de phosphore d'origine agricole ; Définitions, formes et biodisponibilité, conditions d'extrapolation des pertes des sols vers le Léman ; Rapp. Comm. int. port. eaux Léman conirepollua., Compagne 1993.1994, 269-281
- Beaudin Isabelle, 2006** : La mobilité du phosphore ; Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. p137.
- BELLA S, 2005** : évolution de la salinité des sols sous serres en milieu aride, Thèse, Mag, Agr, Institut National D'agronomie pp 29-35.
- Boulier Florent, 2011** : Retour d'expérience des opérations de lutte contre la pollution diffuse d'origine agricole ; AgroParisTech-ENGREF ; Centre de Montpellier 17p.
- Bridgman S. A., Robertson R. M. P., Syed Q., Speed N., Andrews N N. et Hunter P. R., 1995** : Outbreak of CryptosporidiosisAssociatedWith a DisinfectedGroundwaterSupply. Epidemiology and Infection, 115 (3) (1995) 555-566.
- CARNEVALE Estelle, FREI Anna, GARCIA Daniel, COPPEL Gregory, 2006** : Impacts des activités et des intrants agricoles (engrais, pesticides, déchets, etc.) sur les eaux situées en aval des exploitations ; Haute école de gestion de Genève. 14p

- Castillon P., Fardeau J.C. et Villemin P., 1993:** Formes d'engrais: tous les phosphates n'ont pas la même efficacité. Dossier " la fertilisation P-K, Raisonner pour agir" N° 181, 37-38.
- Coyne M. S. et Howell J. M., 1994:** Agricultural Impacts on Fecal Contamination of Shallow Groundwaters in the Bluegrass Region of Kentucky, *Soil Science News and Views*, 15 (6) (1994) 1-3.
- Crane S.R., Moore J.A., Grismer M.E. and Rimer J.R., 1983:** Bacterial pollution from agricultural sources : a review. *Transactions of the ASAE*. p. 858-866.
- Cunliffe D., Smart C.A., Alexander C. and Vulfson E.N., 1999:** Bacterial adhesion at synthetic surfaces. *Applied and Environmental Microbiology*. n°V, 65(11), p. 4995-5002.
- DHW, 2007 :** Bulletin d'information hydraulique -Ed. direction de l'hydraulique de la Wilaya d'El-Oued 22 p.
- Edwards D.R., Larson B.T. and Lim T.T., 2000:** Runoff nutrient and fecal coliform content from cattle manure application to fescue plots. *Journal of the American Water Resources Association*. 36(4), p. 711-721.
- HAICHER, et L'AIFAOU, 2005 :** Inventaire de la flore et de l'entomofaune dans deux stations d'étude : ITDAS D'Aïn Ben Nous et (I.N.P.V) de la de Flieche dans la région de Biskra, thèse ing, Unv.Batna.pp 29-35.
- Hillisse, 2007 :** Encyclopédie des plantes de la région d'Oued Souf Ed. El-Walide ; El-Oued ; 302p.
- Ibnoussina M'hammed, Mohamed El Haroui, Abdellatif Maslouhi, 2006 :** Expérimentation et modélisation de la lixiviation de l'azote nitrique dans un sol sableux ; *C. R. Geoscience*, 338 (2006), 787-794
- ISO, 1990 :** Qualité de l'eau. Dosage de l'ammonium. Méthode par distillation et titrimétrie. NA 1848, ISO 5664. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 3 p.
- ISO, 1994 :** Qualité de l'eau. Dosage des nitrates. Méthode spectrométrique avec l'acide sulfosalicylique. NA 1656, ISO 7890/3, Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 4 p.
- ISO, 1994 :** Qualité de l'eau. Dosage des nitrites. Méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire. NA 1657, ISO 6777. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 4 p.
- ISO, 1994 :** Qualité de l'eau. Dosage du phosphore par méthode spectrométrique à l'aide du molybdate d'ammonium. NA 2364, ISO 6878/1. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 20 p.

- MEHDA Smail, 2014** : Evaluation du risque de la contamination physico-chimique et biologique des eaux souterraines par les polluants d'origine agricole dans la région d'El Oued ; Thèse magister ; UKM Ouargla. 81p
- MerhiMaysaloun, 2008** : Etude de l'impact de l'exposition à des mélanges de pesticides à faibles doses : caractérisation des effets sur des lignées cellulaires humaines et sur le système hématopoïétique murin ; Thèse doctorat ; Université De Toulouse ; p139.
- Molénat J., Dorioz J.M., Gascuel C. et Gruau G., 2011** :Les pollutions de l'eau dans les bassins versants agricoles : natures, sources et mécanismes de transfert ; Territ'Eau - Agro-Transfert Bretagne - version du 28/12/2011 ; 9p.
- Mustin M., 1987** : Le Compost ; Gestion de la matière organique ; Edition François Dubuse 954p.
- Nadjah A., 1971** : Le Souf des oasis. Ed. maison livres, Alger, 174p.
- Natsh A., Keel C., Troxler J., Zala M., Von Albertini N. and Defalco G., 1996**: Importance of preferential flow and soil management in vertical transport of a biocontrol strain of *Pseudomonas fluorescens* in structured field soil. *Applied and Environmental Microbiology*. 62(1), p. 33-40.
- Pouëssel Pierre, 2003** : Guide de l'eau potable, Ministre de la sante, de la famille et des personnes handicapées ; France 103p.
- Rico André, 2000** : Pollutions et pratiques agricoles. Deux concepts : dose journalière admissible et chimiodéfense ; C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie ; Life Sciences 323 (2000) 435-440
- Testud F., 2004** : Engrais minéraux ; EMC-Toxicologie Pathologie 1 (2004), 21-28
- UNESCO, 1972** : étude des ressources en eau du Sahara septentrional. Rapport sur les résultats du projet, UNESCO, Paris. 78p.
- Vansteelant Jean-Yves, 2004** : Évaluation des risques de contaminations microbiologiques liés aux épandages de matières organiques sur prairies de montagne ; Thèse De Doctorat De L'université De Savoie ; p166.
- Voisin P., 2004** : Le Souf ; Ed. El-Walide ; El-Oued ;319p.
- Ziegler D., et Hedit M., 1991** : Engrais de ferme : Valeur fertilisante, gestion, environnement. Rapport ITP, ITCF, ITEB, 35p.

- Tableau le nombre le plus probable (NPP) d'après (Rodier et *al.*, 2009)

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			NPP dans 100 mL
3 tubes de 10 mL	3 tubes de 1 mL	3 tubes de 0,1 mL	
0	0	1	3
0	1	0	3
1	0	0	4
1	0	1	7
1	1	0	7
1	1	1	11
1	2	0	11
2	0	0	9
2	0	1	14
2	1	0	15
2	1	1	20
2	2	0	21
2	2	1	28
3	0	0	23
3	0	1	39
3	0	2	64
3	1	0	43
3	1	1	75
3	1	2	120
3	2	0	93
3	2	1	150
3	2	2	210
3	3	0	240
3	3	1	460
3	3	2	1 100

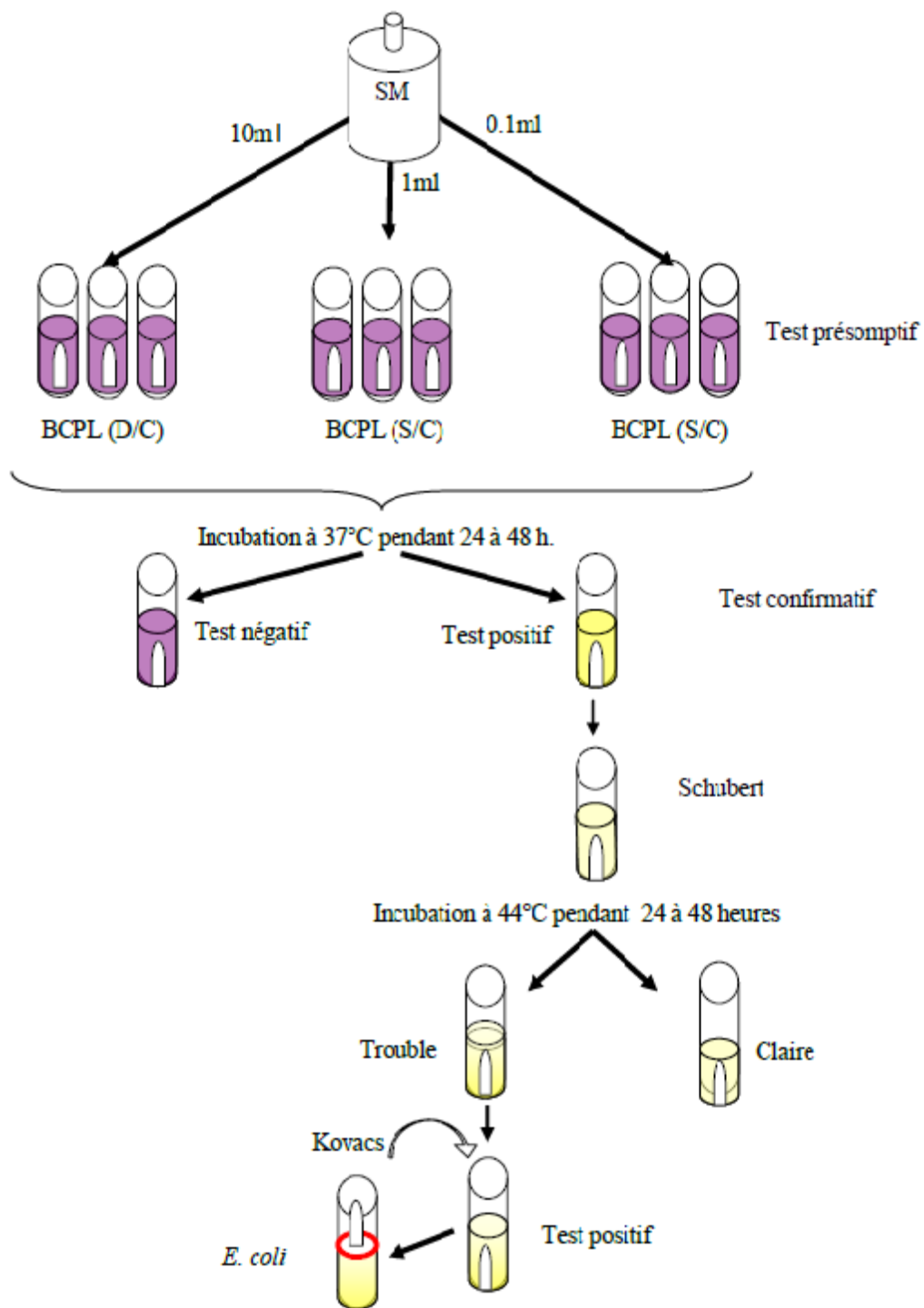


Figure: Recherche et dénombrement des coliformes.

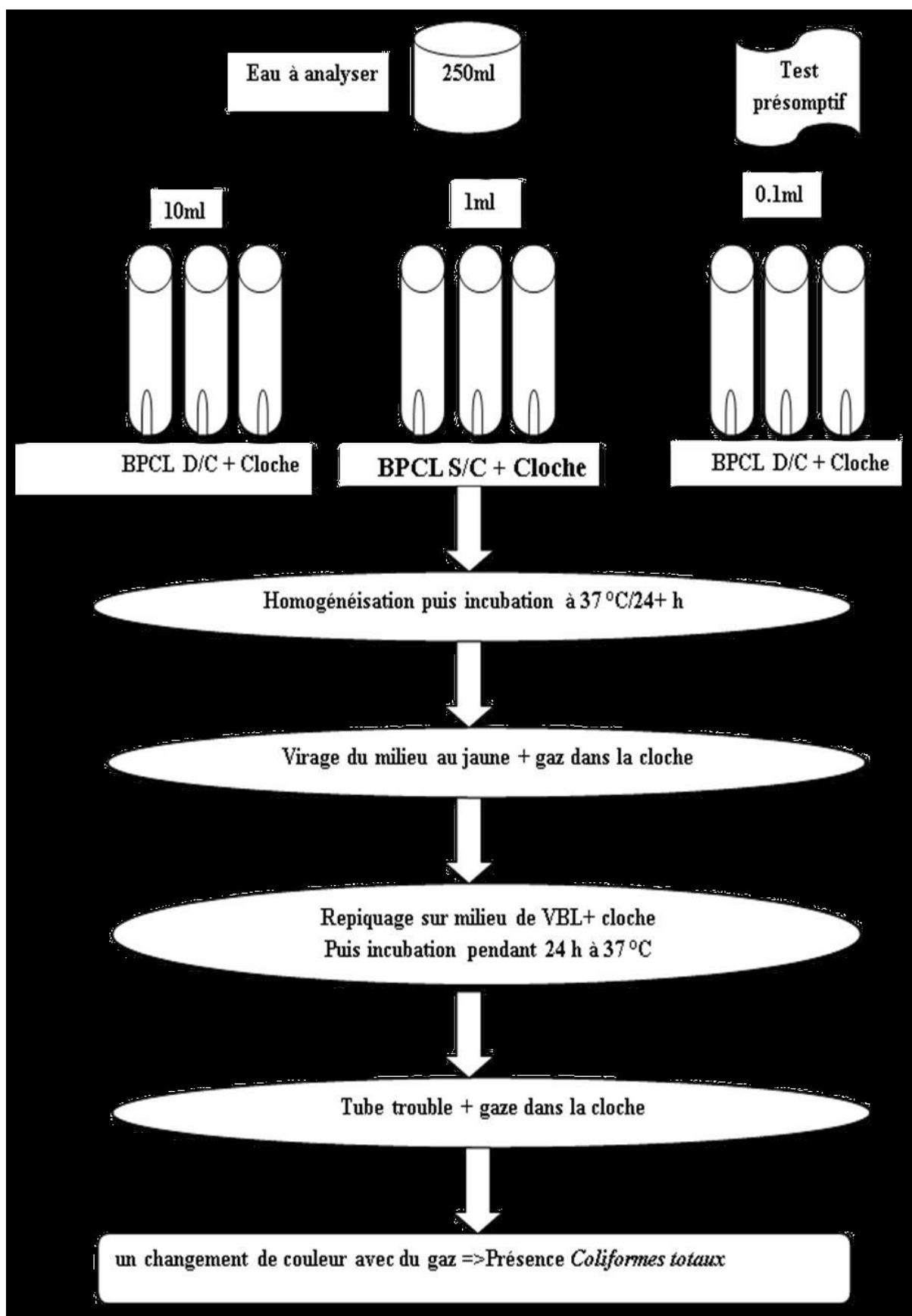


Figure: Recherche et dénombrement des *coliformes totaux*

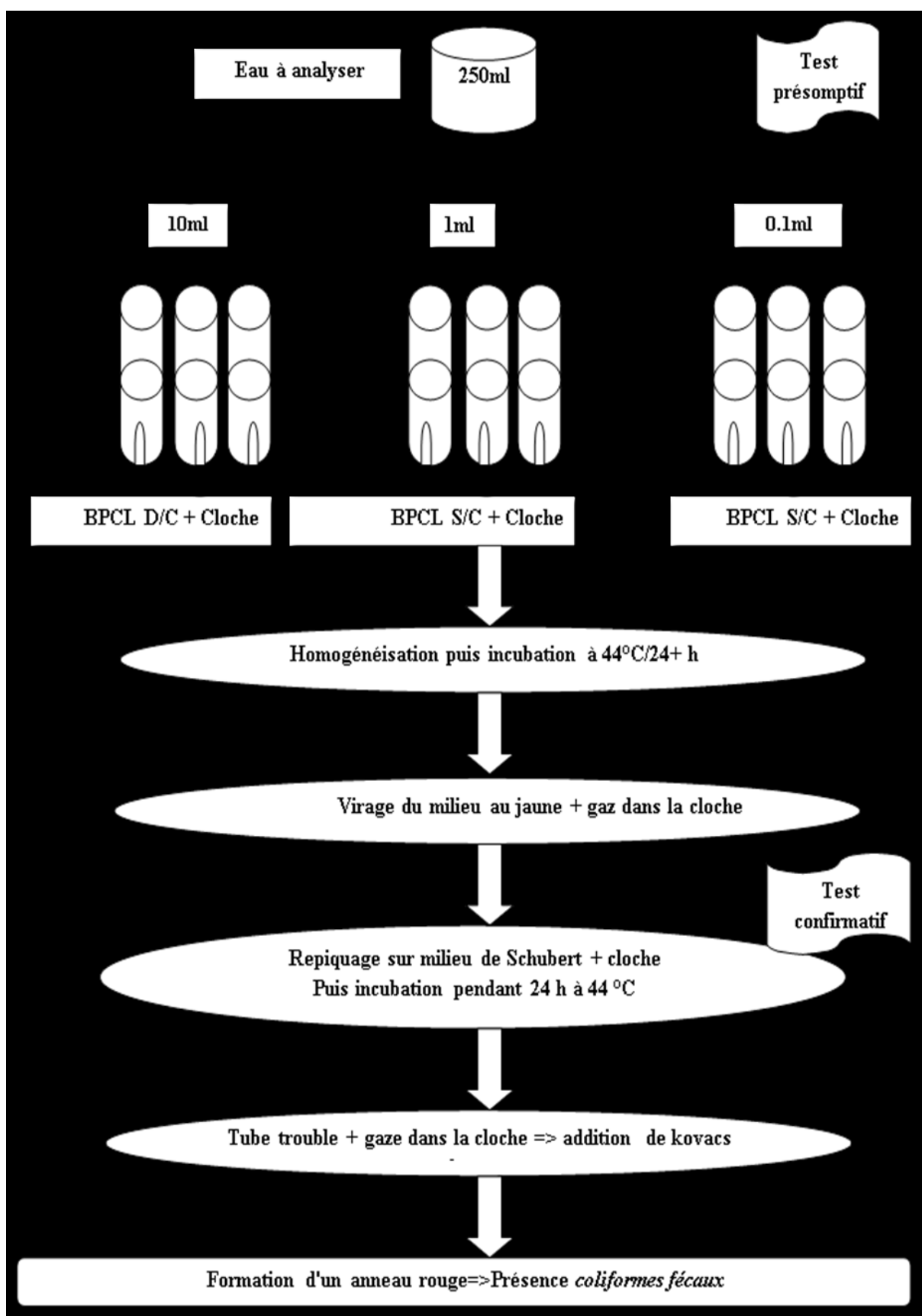


Figure: Recherche et dénombrement des *coliformes fécaux*

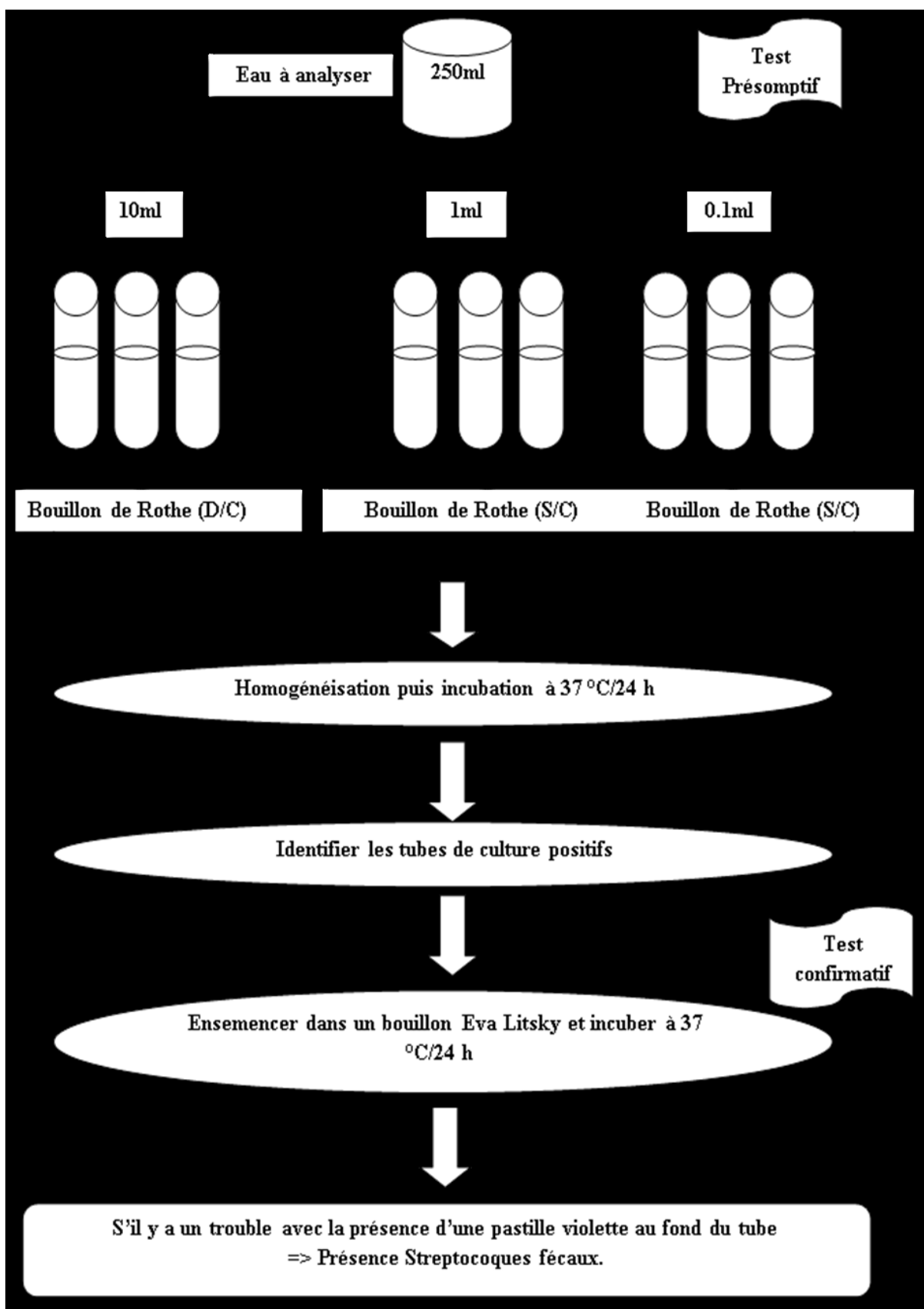


Figure: Recherche et dénombrement des *Streptocoques Fécau*

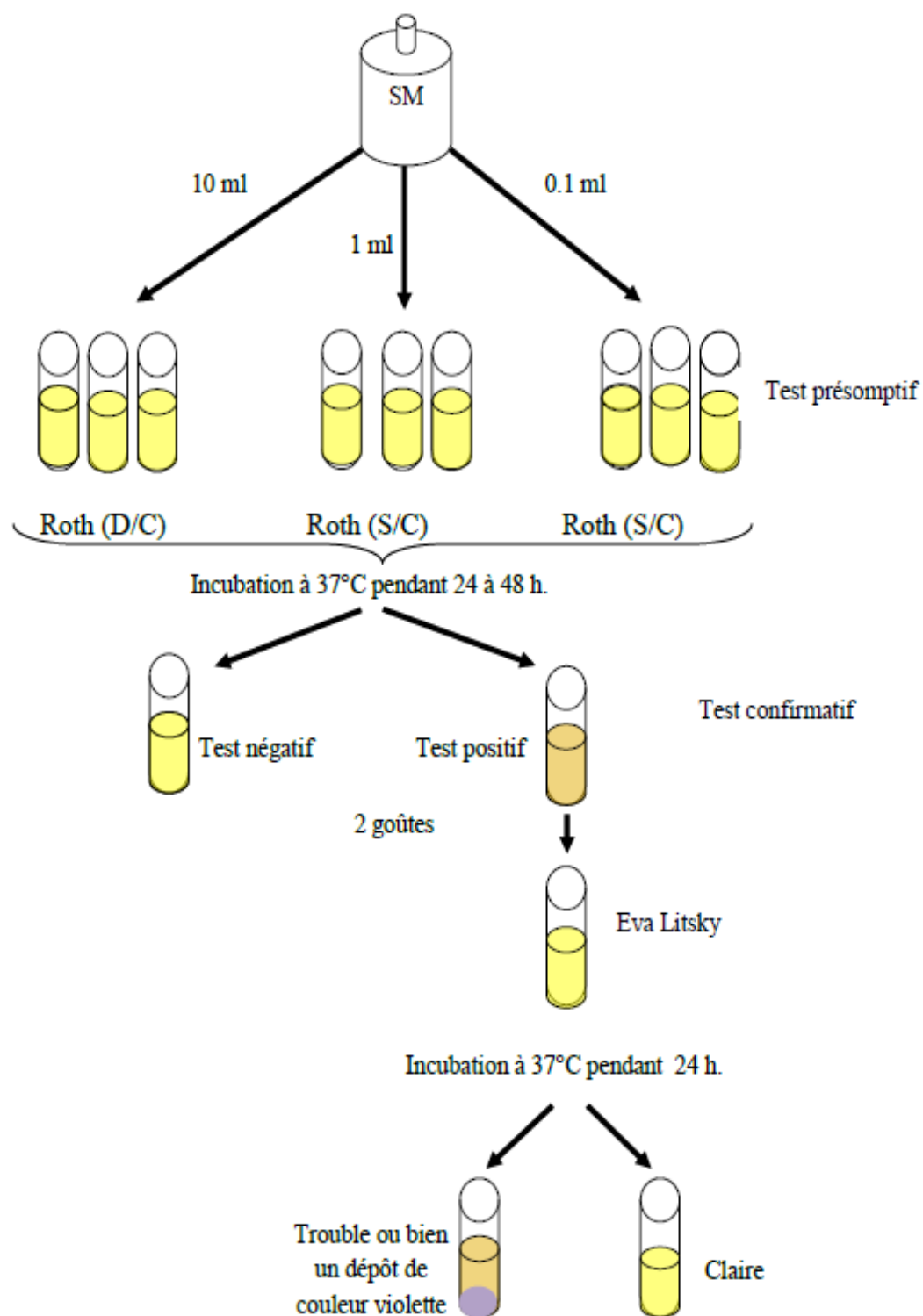


Figure: Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux.

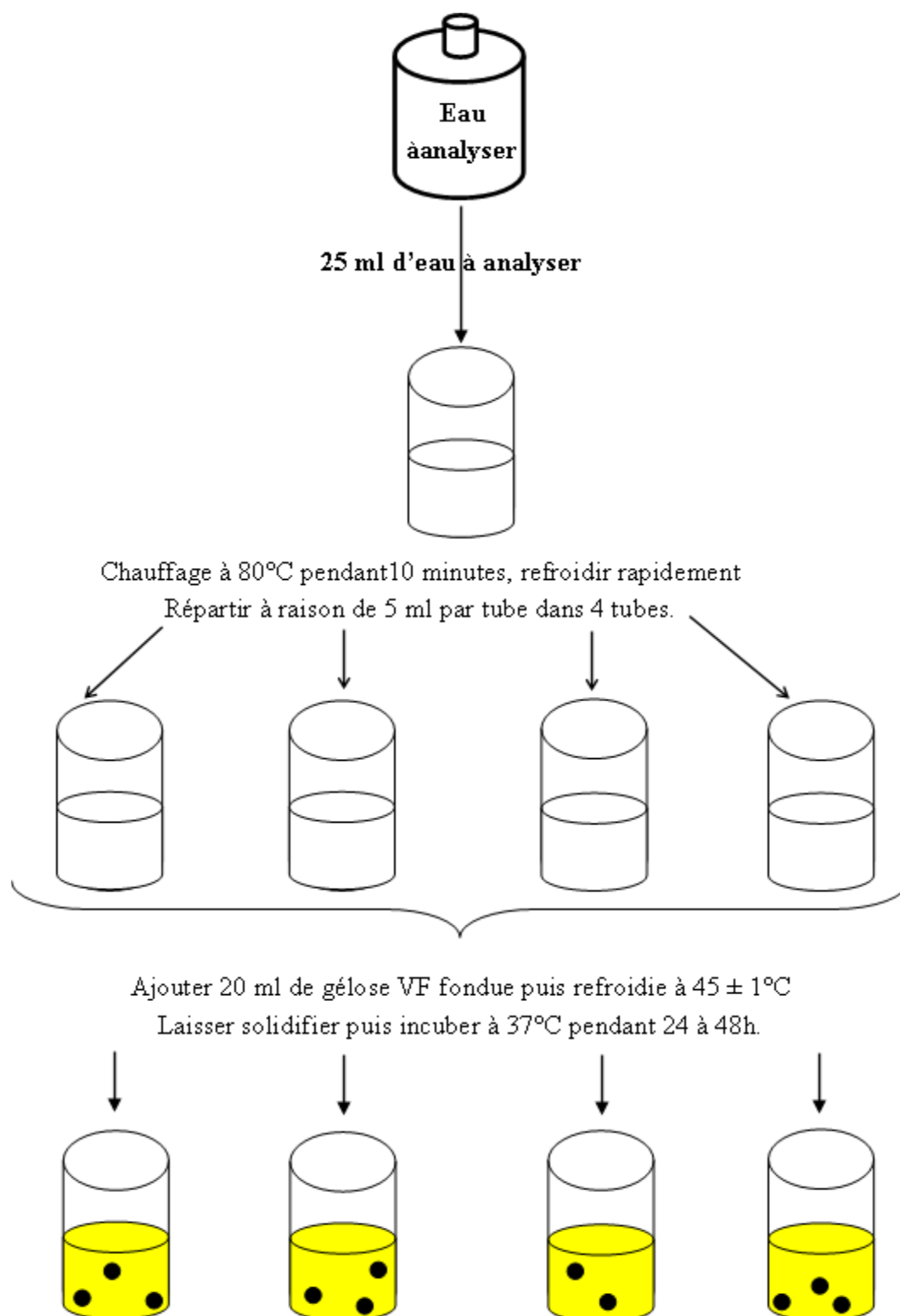


Figure: Recherche et dénombrement des spores d'Anaérobies Sulfito-réductrices

Résumé

L'objectif de ce travail, porte sur l'étude de l'effet de la fertilisation organique sur la pollution d'un sol sableux prélevé dans la zone de d'Oued Souf. Dans ce cadre, quatre colonnes expérimentales remplies de sol sableux ont été préparées (150 g de fiente de volaille arrosée une fois par jour, 150 g de fiente de volaille arrosée deux fois par jour, 75 g de fiente de volaille arrosée une fois par jour, 75 g de fiente de volaille arrosée deux fois par jour) . L'expérience a été menée pendant une période de quatre semaines, après cette période, des échantillons des sols ont été prélevés à travers des trous préalablement réalisée aux profondeurs suivantes : 0, 25, 50, 75, 100 cm. Les résultats obtenus montrent que les polluants de la contamination fécale (Coliformes totaux et fécaux, Streptocoques fécaux, Anaérobies sulfite-réducteurs) dans les colonnes expérimentale, subissent d'un lessivage vers les couches profondes. Pour les paramètres physico-chimiques, les résultats obtenus montrent que les concentrations de ceci au niveau des colonnes expérimentales subissent aussi des fluctuations significatives à la fois au cours du temps, ainsi, qu'en fonction du site de prélèvement (profondeur). Ces résultats montrent l'importance de la préservation des sols et des ressources hydriques contre le risque de la pollution microbiologique, ce qui exige une gestion adéquate et une bonne maitrise de l'emploi de la fertilisation organique dans cette région.

Mots clés : Pollution microbiologique, fiente de volaille, sols, eaux souterraines, contamination fécale.

ملخص

يهدف هذا العمل إلى دراسة تأثير التسميد العضوي على تلوث عينات التربة الرملية في منطقة وادي سوف. في هذا الإطار تم تحضير أربعة أعمدة تجريبية مملوءة بالتربة الرملية (150 جم من فضلات الدواجن يسقي مرة واحدة يوميًا ، و 150 جم من فضل0، الدواجن يسقي مرتين يوميًا ، و 75 جم من فضلات الدواجن يسقي مرة واحدة يوميًا ، و 75 جم من فضلات الدواجن تسقى مرتين يوميًا) . أجريت التجربة لمدة أربعة أسابيع، وبعد انتهاء الفترة التجريبية تم أخذ عينات من التربة من خلال ثقب معدة سابقا على الأعماق التالية: 0 ، 25 ، 50 ، 75 ، 100 سم. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن معلمات التلوث البرازي (القولونيات الكلية والبرازية ، العقدية البرازية ، اللاهوائية المقلصة للكبريت) في الأعمدة التجريبية تخضع للترسب نحو الطبقات العميقة. بالنسبة التحاليل الفيزيوكيميائية ، أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن تركيزها في الأعمدة التجريبية تخضع أيضًا لتقلبات كبيرة بمرور الوقت وكذا لموقع أخذ العينات (العمق). تظهر هذه النتائج أهمية الحفاظ على التربة وموارد المياه ضد مخاطر التلوث الميكروبيولوجي ، الأمر الذي يتطلب إدارة مناسبة ومراقبة جيدة لاستخدام التسميد العضوي في هذه المنطقة.

الكلمات المفتاحية: التلوث الميكروبيولوجي، فضلات الدواجن، التربة، المياه الجوفية، التلوث البرازي.

Summary

The objective of this work is to study the effect of organic fertilization on the pollution of sandy soil in Oued Souf area. In this context, four experimental columns filled with sandy soil were prepared (150 g of poultry manure watered once a day, 150 g of poultry manure watered twice a day, 75 g of poultry manure watered once a day , 75 g of poultry manure washed down twice a day) . The experiment was conducted for a period of four weeks, after this period, soil samples were taken through holes previously made at the following depths: 0, 25, 50, 75, 100 cm. The results obtained show that the pollutants of faecal contamination (total and faecal coliforms, faecal streptococci, sulphite-reducing anaerobes) in the experimental columns, undergo leaching towards the deep layers. For the physico-chemical parameters, the results obtained show that the concentrations of this at the level of the experimental columns also undergo significant fluctuations both over time and as a function of the sampling site (depth). These results show the importance of the preservation of soil and water resources against the risk of microbiological pollution, which requires adequate management and good control of the use of organic fertilization in this region.

Key words: Microbiological pollution, poultry manure, soils, groundwater, faecal contamination.