

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Université Abou Bekr Belkaid
Tlemcen Algérie



جامعة أبي بكر بلقايد

تلمسان الجزائر

Faculté des Sciences de la Nature et de la vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

Département d'Agronomie et Foresterie

Mémoire pour l'obtention du Diplôme de Master en Agronomie

OPTION : Amélioration de la production végétale et Biodiversité

Thème

Etude de la qualité de l'eau « Exquise » destinée à l'irrigation des terres de El Fehoul

Présenter par :

BOUMEDIYOU Fatima Zahra

et

FEKIH Meriem

Devant les membres du jury :

Mr. EL HAITOUM A.

Président

Mr. AMRANI S. A.

Examineur

Mr. TABEL HELAL M. A.

Promoteur

Soutenu le : 09/06/14
Année universitaire : 2013-2014

Remerciements

« *Un grand merci à ALLAH* »

Un Remerciement particulier à notre Encadreur : Monsieur TABET HELAL M. A. pour avoir accepté de diriger nos travaux, de nous avoir aidé, conseillé et encouragé.

Ainsi que le laboratoire de recherche N°25 de l'université de Tlemcen, le laboratoire d'ADE de Abou Tachfine Tlemcen pour leur aide.

Nos remerciements vont également à Monsieur EL HAITOUM, Professeur au sein du département d'agroforesterie pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury de soutenance.

Nos remerciements s'adressent également à MADAMES LAKEHAL Sarahi qui nous a fait l'honneur d'être l'examinatrice de notre mémoire.

Nous adressons nos vifs Remerciements à tous les enseignants qui nous ont aidés et à tous ceux qui ont participés de prêt ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce mémoire

A mes chers parents pour leur amour inestimable, leur confiance, leur soutien, leurs sacrifices et toutes les valeurs qu'ils ont su m'inculquer

A mes chères sœurs et mes chers frères

A tous ma famille ainsi qu'à mes amis

A mon binôme Meriem

Tous ceux qui ont contribué à leur aide moral et matériel à l'élaboration de ce travail

Fatima Zahra...

Dédicace

Au nom de dieu le clément le miséricordieux,

Je dédie ce modeste travail.

*A mes chères parents qui ont contribuent par sont aide et sont grande
générosité.*

*A mon mari la fibre de mon âme, a qui j'éprouve tous les sentiments
d'amour et de respect.*

A mon petit ange, ma joie de vivre et ma bataille,, mon fils Moundir.

*A mes beaux parents pour leurs couvertures en termes de patience et
d'aide.*

A ma très chère sœur : Zineb

A mon très chère frère : Yassine

A ma beau frère : Aboubeker

A ma belle sœur : fatima Zahra

A mon binome : Fatima Zahra

A tous mes amis de ma promotion

Meriem.....

Liste des abréviations

ADE : Algérienne Des Eaux.

AFNOR : Agence Française de La Normalisation.

BCPL : Bouillon Lactosé au Pourpre de Bromocrésol.

°C : Degré Celcius.

cm : centimètre.

D/C : Double Concentration.

DJA : Dose Journalière Admissible.

d : densité.

DPD : Diodure De Potassium.

EDTA : Ethylène Diamine Tétra Acétique.

EVA : Ethyle Violet et Azide de Sodium.

°F : degré français.

g : gramme.

H : Heure.

ISO : Organisation Internationale de la Normalisation.

Kg : Kilogramme.

L : litre.

mg : milligramme.

ml : millilitre.

mm : millimètre.

meq : milliéquivalent.

min : minute.

μS : micro siemens.

μ : micron.

N : Normalité.

NPP : Nombre le Plus Probable.

OMS : Organisation Mondiale de la santé.

pH : potentielle d'hydrogène.

ppm : Partie Par Million.

S/C : simple concentration.

T : température

TGEA : gélose triptoné à l'extrait de levure.

TA : titre alcalimétrique.

TAC: titre alcalimétrique complet.

TH : titre hydrotimétrique.

UV : ultra violet.

VF : viande foie.

V : volume.

Liste des figures

Figure 01: cycle de l'eau.

Figure 02 : Nappe phréatique renouvelable.

Figure 03 : structure, sur-structure et sous-structure du sol.

Figure 04 : trois états de l'eau dans le sol.

Figure 05: trois forces s'exerçant sur l'eau du sol.

Figure 06: Modélisation du complexe argilo-humique et d'ions adsorbés.

Figure 07: le rôle des éléments nutritifs.

Figure 08 : Recherche et dénombrement des Germes totaux.

Figure 09 : Recherche et dénombrement des coliformes et d'*E. coli*

Figure 10 : Recherche et dénombrement des *Streptocoque fécaux*.

Figure 11: Recherche et dénombrement des *Clostridium sulfito-réducteurs*.

Liste des graphes

Graphe 01 : Variation de la précipitation moyenne mensuelle (EL-Fehoul)

Graphe 02 : température moyennes mensuelle

Liste des cartes

Carte 01 : sols du monde

Carte 02: Wilaya de Tlemcen

Carte 03: situation géographique de la région d'El-Fehoul

Carte 04 : vue satellitaire de la station d'étude

Carte 05: Pédologie de la ferme

Carte 06 : vocation de la ferme

Introduction

L'eau est à l'environnement ce que le sang est à l'organisme humain; elle est essentielle à la survie de tous les êtres vivants, les plantes, les animaux et les humains.

Dans le cycle de l'eau, la couverture pédologique joue un rôle clef tant pour les aspects quantitatifs que qualitatifs. Elle est un réservoir d'eau pour l'alimentation en eau des plantes et pour l'ensemble des êtres vivants qui y sont présents.

L'eau et les sols sont les éléments les plus importants à la survie de l'être humain. Les éléments de notre planète ont permis le développement de notre espèce. L'agriculture permet à l'homme de se nourrir et avec l'augmentation croissante de la population mondiale ces secteurs d'activités prennent une proportion importante.

Avec 70 % de la consommation mondiale d'eau, l'agriculture est sans conteste le secteur d'activité le plus consommateur d'eau.

L'irrigation est une technique en développement. Elle est souvent utilisée en complément de l'irrigation pluviale afin d'augmenter les rendements et d'accroître la durée de la saison agricole.

L'eau potable peut servir à l'irrigation, mais l'eau d'irrigation ne satisfait pas nécessairement aux normes concernant l'eau potable. C'est l'utilisation de l'eau qui va déterminer sa qualité.

La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est un paramètre essentiel pour le rendement des cultures, le maintien de la productivité du sol et la protection de l'environnement. Ainsi, les propriétés physiques et chimiques du sol sont importantes.

Notre travail consiste à étudier la qualité de l'eau destinée à l'irrigation des terres de la ferme BELAIDOUNI dans la région d'EL-FHOUL Remchi, provenant du forage « Exquise ».

Ce travail est accompli en quatre parties :

- ❖ Une synthèse bibliographique qui comprend des généralités et des caractéristiques physico-chimiques de l'eau d'irrigation et du sol.
- ❖ Une étude de milieu présentant la région d'étude.
- ❖ Une étude expérimentale consacrée aux analyses physico-chimiques pour l'eau et le sol et bactériologiques de l'eau destinée à l'irrigation.
- ❖ Enfin la dernière partie est réservée à l'interprétation des résultats obtenus à travers les analyses avec une conclusion et des recommandations.

Synthèse bibliographique

I. L'EAU :

1. Définition de l'eau :

L'eau vitale, incolore, inodore et sans saveur, mais en même temps singulière, fantasque et exceptionnelle. De valeur nutritive à peu près nulle, elle est cependant le constituant principal de tout être vivant. Son point de congélation est de 0°C et son point d'ébullition est de 100°C à la pression atmosphérique normale. (MERCIER, 2000)

Sa formule peut s'écrire de façon très simple : H₂O, ce qui signifie que cette molécule résulte de l'union d'un atome d'oxygène avec deux atomes d'hydrogène, c'est l'eau. (DEGREMONT, 2005)

L'eau est assez conductrice et un bon solvant des molécules chargées électriquement (comme les acides et les bases, les sels) ; par contre elle solubilise mal les composés non chargés électriquement comme les graisses ou les hydrocarbures. (CHAUVE, 1993)

2. Etat de l'eau dans la nature :

L'eau peut se présenter sous trois états physiques : solide (glace), liquide (eau proprement dite) et gaz (vapeur d'eau).

▪ L'état vapeur :

Il est obtenu à partir de 100°C à la pression atmosphérique, les molécules sont relativement indépendantes les unes des autres et correspondent au modèle angulaire.

▪ L'état solide :

Il est obtenu en dessous de 0°C sous la pression atmosphérique ; les molécules sont disposées suivant un tétraèdre avec une molécule d'eau centrale et quatre autres disposées suivant les quatre sommets d'un tétraèdre régulier. Le réseau cristallin qui en résulte est hexagonal. Les molécules sont assemblées par des liaisons hydrogènes, chaque atome d'hydrogène d'une molécule d'eau étant lié à l'atome d'oxygène de la molécule voisine.

▪ L'état liquide :

Au cours de la fusion de la glace, les liaisons hydrogène se rompent, le cristal s'effondre et les molécules se rapprochent les unes des autres, la masse volumique augmente jusqu'à une valeur maximale correspondant à une température de 4°C sous l'atmosphère. (OUALI, 2008)

3. L'eau dans le monde :

L'eau est la substance minérale la plus répandue à la surface du globe. Elle en constitue l'hydrosphère. Son volume est estimé à 1385.10^6 Km^3 , dont environ 97,4% dans les océans (couvrant 71% de la surface terrestre), 2% sous forme de glace et 0,6% seulement (de l'ordre de 8.10^6 Km^3) constituant les eaux douces continentales (y compris les nappes souterraines et l'humidité des sols).

A la surface du sol, on évalue à environ 350000 Km^3 le volume des eaux douces disponibles (fleuves, lacs); les glaces des calottes polaires représentent un volume de 25.10^6 Km^3 , également d'eau douce. Enfin il y a 13000 Km^3 d'eau dans l'atmosphère sous forme de vapeur et de nuages.

L'évaporation annuelle est estimée à 500000 Km^3 et les précipitations sur les continents à 110000 Km^3 par an. (DEGREMONT, 2005)

Au cours du XXème siècle, la population mondiale est passée de 1,7 Milliard d'individus en 1900 à plus de 6 Milliard en l'an 2000. Mais alors que la population triplait, la consommation en eau de l'humanité était multipliée par plus de six, soit une augmentation deux fois plus importante.

Dans un rapport publié en 1995, la banque mondiale estimait que 80 pays représentant 40% de la population mondiale, souffrait déjà de pénurie d'eau, nombre d'entre eux voyant d'ailleurs leur développement entravé par ce problème. L'eau constitue de fait l'une des ressources les plus mal réparties sur la planète.

Actuellement, 1,1 Milliard de personnes n'ont toujours pas accès à l'eau salubre. Un tiers de la population mondiale est privé de l'eau potable.

Dans certains pays moins de 40% de la population a accès à l'eau potable, c'est le cas du Tchad, Ethiopie, La Mauritanie, l'Afghanistan et l'Oman.

Des ressources très inégalement réparties :

10 pays se partagent 60% des réserves d'eau douce avec en tête le Brésil, la Russie, la Chine, le Canada. (Site internet 1)

Au moins un milliard de personnes doivent marcher pendant trois heures ou plus pour se procurer de l'eau potable. Près de 2% des foyers américains n'ont pas l'eau courante. Au Mexique, 15% de la population doit transporter son eau.

Les femmes africaines consacrent 40 milliard d'heures par année à l'approvisionnement en eau. (Site internet 2)

4. L'eau en Algérie :

Si l'on excepte une mince bande côtière à climat méditerranéen, où les précipitations peuvent atteindre localement deux mètres de la ville d'Annaba. L'Algérie est un pays semi-aride dans lequel les précipitations en eau sont généralement faibles et surtout extrêmement irrégulières. (ARRUS, 1985)

La pluviométrie moyenne annuelle en Algérie du nord est évaluée entre 95 et $100 \times 10^9 \text{ m}^3$.

Plus de $80 \times 10^9 \text{ m}^3$ s'évaporent, $3 \times 10^9 \text{ m}^3$ s'infiltrent et $12,5 \times 10^9 \text{ m}^3$ s'écoulent dans les cours d'eau. Dans l'apport principal vient du ruissellement. (REMINI, 2005)

5 .L'importance de l'eau :

L'eau est à l'origine de la vie. Les premiers êtres vivants sont nés dans l'eau, il y a plus de deux milliards d'années.

Les plantes et les animaux sont essentiellement constitués d'eau. Une laitue par exemple, contient 95 % d'eau, une pomme de terre 78 %, un œuf 75 %, un bifteck 60 %. L'homme lui-même est le produit d'une lente évolution au cours de laquelle l'eau a joué un rôle essentiel. L'eau est le principal constituant de notre corps : Un embryon humain de 3 jours est formé de 97 % d'eau. L'enfant, à sa naissance a 75 % d'eau dans son organisme. Celui de l'adulte en contient encore 65 %.

Aucun être vivant ne peut vivre sans eau. L'être humain adulte doit boire en moyenne 2 litres d'eau par jour pour être en bonne santé.

A la campagne, l'eau est utilisée par les agriculteurs pour l'alimentation du bétail, pour l'irrigation ou l'arrosage des cultures, pour le lavage des étables.

6. Propriétés de l'eau :

6-1) Propriétés physique :

Les propriétés physiques les plus intéressantes de l'eau sont les suivantes :

-Masse volumique :

La masse volumique varie avec la température et la pression. Pour l'eau pure sous pression normale, elle passe par un maximum à environ 4°C (exactement $3,982^\circ\text{C}$). (DEGREMONT, 2005)

-Tension superficielle :

Elle se montre facilement grâce à l'expérience de l'aiguille qui flotte à la surface de l'eau dans un verre. Cette tension superficielle due aux liaisons hydrogène entraîne aussi la montée de l'eau dans un tube capillaire. (KEMMER, 1984)

La tension superficielle diminue avec l'augmentation de la température, et augmente avec l'addition de sels dissous. (DEGREMONT, 2005)

-Viscosité

On l'appelle souvent frottement interne. Lorsque la température augmente, la viscosité diminue, le traitement devient plus facile, les opérations de sédimentation et de dégazage sont plus rapides. La présence de sels dissous augmente la viscosité car il y a augmentation du degré d'association. (OUALI, 2008)

6-2) Propriétés optiques :

La transparence de l'eau dépend de la longueur d'onde de la lumière qui la traverse. (DEGREMONT, 2005)

L'eau est transparente aux UV, opaque aux IR, absorbe le rouge au visible ce qui explique la couleur bleue de l'eau.

Les propriétés optiques sont très utilisées dans le contrôle de l'efficacité de traitements d'épuration et pour mesurer certaines formes de pollution. (OUALI, 2008)

6-3) Propriétés chimique :

Malgré les apparences, l'eau n'est pas du tout une substance chimiquement inerte, elle est un réactif chimique très efficace, capable de se lier à de nombreuses molécules, de les casser ou du moins de les déformer. (MATRICON, 2000)

- **L'eau solvant :**

Grace à sa polarité, l'eau est un excellent solvant. Quand un composé ionique ou polaire pénètre dans l'eau, il est entouré de molécules d'eau. La relative petite taille de ces molécules d'eau faite que plusieurs d'entre elles entourent la molécule de soluté. Les dipôles négatifs de l'eau attirent les régions positivement chargées du soluté, et vice versa pour les dipôles positifs. (Site internet 3)

La plupart des substances minérales peuvent se dissoudre dans l'eau, ainsi qu'un grand nombre de gaz et de produits organiques. (DEGREMONT, 2005)

7-cycle de l'eau :

On peut considérer la terre comme un système à circuit fermé dans sa représentation la plus simple, ce circuit implique des transferts d'eau des masses océaniques vers l'atmosphère, de l'atmosphère vers les masses continentales puis des masses continentales vers les océans, c'est de cette nature cyclique qui est venu le terme générale dit cycle de l'eau attribué a ces transferts d'eau. (ANCTILE et al, 2005)

- **Evaporation et transpiration des végétaux :**

L'eau de l'hydrosphère, chauffée par le rayonnement solaire, s'évapore. Cette eau rejoint alors l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau. Cette évaporation dépend du vent, de l'ensoleillement et de la température.

Les êtres vivants, et plus particulièrement les végétaux ont une influence sur le cycle. Les racines des végétaux pompent l'eau du sol, et en relâchent une partie dans l'atmosphère.

Environ 10% des précipitations proviennent de la transpiration des végétaux. (Site internet 4)

- **Les condensations et les précipitations :**

Soumise à des conditions favorables, la vapeur d'eau se condense pour former les nuages et engendrer les précipitations. Une partie des précipitations est captée par le feuillage des plantes ou retenues dans des dépressions en surface, et retenue éventuellement dans l'atmosphère par évaporation. (ANCTILE et al, 2005)

- **Les ruissellements et l'infiltration :**

L'eau qui n'est pas absorbée par le sol, ruisselle le long des pontes jusqu'à se déverser dans les rivières, fleuves ou lacs, Elle sera transportée jusqu'aux mers et océans.

L'eau de pluie pénètre dans les sols perméables, en s'infiltrant dans un sol perméable, remplit parfois des poches souterraines et formant ainsi de véritables réservoirs d'eau.

L'eau contenue dans ces réservoirs trouve parfois un chemin naturel vers l'extérieur.

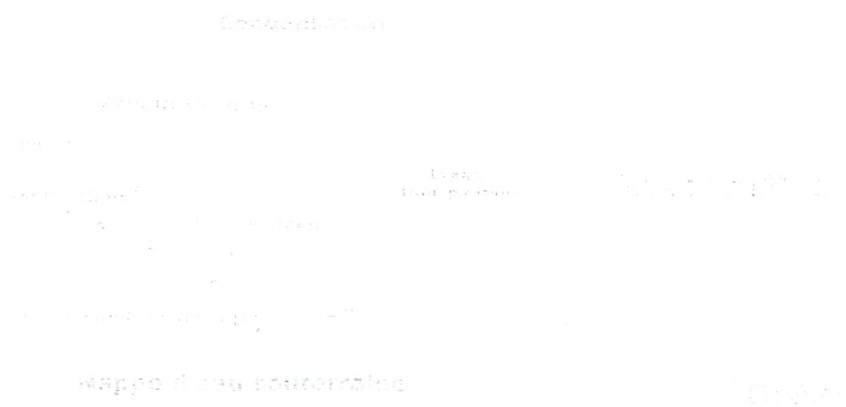


Figure 01: cycle de l'eau (wikipédia)

8. Les nappes d'eau

8-1) Définition :

Une nappe est l'ensemble des eaux comprises dans la zone saturée d'un aquifère, dont toutes les parties sont en liaison hydraulique. (MARGAT, 1992)

8-2) Les différents types des nappes :

Les nappes peuvent être classées généralement en nappes phréatiques et nappes profondes.

❖ les nappes phréatiques :

Sont celles qui reposent sur la première couche imperméable non loin du niveau du sol.

Elles sont toujours libres et souvent contaminée.

❖ Les nappes profondes :

Reposent sur une couche imperméable, plus profonde, elles peuvent être libre ou captive.

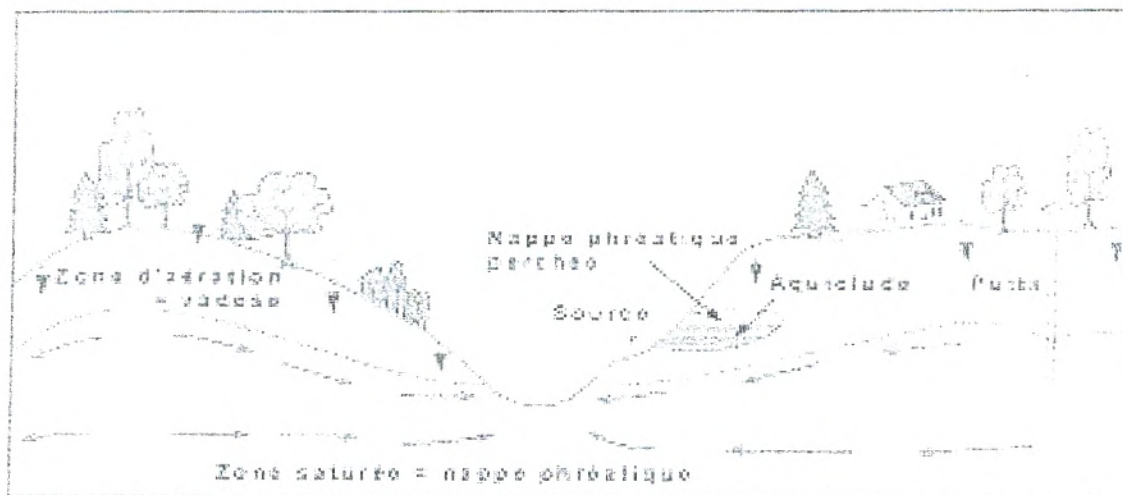


Figure 02 : Nappe phréatique renouvelable.

9. La qualité des eaux :

9-1) La qualité de l'eau d'alimentation :

La qualité d'alimentation est régulièrement mise en question ces dernières années. (CRUYPER et DENNEG, 1993). Elle est considérée souvent comme un symbole de pureté, l'eau est progressivement devenue le produit alimentaire le plus surveillé, elle est soumise aux normes de qualité les plus sévères. (DEFRANGESCHI, 1996)

L'eau joue un rôle important pour la vie, la santé, l'accès à l'hygiène et au confort, elle constitue d'une autre côté le vecteur de nombreuses maladies à transmission hydrique, comme la brucellose, la tuberculose, la fièvre typhoïde, le choléra et les diarrhées, pour ne citer que quelques maladies quittent des milliers de personne chaque année à travers le monde.

(OUAHDI, 1995)

9-2) La qualité des eaux souterraines :

Etant donné que les eaux souterraines sont généralement pures sur le plan bactériologique (UNICEF, 1999). Elles constituent généralement une meilleure solution que les eaux de surface en termes de génie sanitaire. (HAMBSCH, 1998)

Dans la réalité, les eaux souterraines sont rarement pures tout au long de l'année, il faut étudier leur évolution surtout pendant les précipitations importantes où elles peuvent se troubler ou même être souillées par une nappe phréatique d'une rivière voisine.

Elles peuvent être également polluées à partir de sol par des épandages de pesticides, par des rejets d'eau résiduaire d'origines animale ou humaine.

Si cette pollution est plus rare et plus limitée d'ordinaire dans les eaux souterraines que dans les eaux de surfaces, les accidents ont un effet plus durable sur la première, étant donné les faibles vitesses de percolation et la teneur à retrouver l'équilibre perdu. (GAUJOUS, 1995)

9-3) La qualité de l'eau d'irrigation :

La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est un paramètre essentiel pour le rendement des cultures, le maintien de la productivité du sol et la protection de l'environnement. Ainsi, les propriétés physiques et chimiques du sol, telles que sa structure (stabilité des agrégats) et sa perméabilité, sont très sensibles au type d'ions potentiellement échangeables présents dans les eaux d'irrigation.

La qualité de l'eau d'irrigation peut être mieux déterminée par une analyse chimique en laboratoire. Les facteurs les plus importants pour déterminer la qualité requise de l'eau dans l'agriculture sont les suivants: pH, Risque de Salinité, Risque de Sodium (Degré d'Adsorption du Sodium ou SAR), Carbonate et bicarbonates en relation avec les teneurs en Ca et Mg, Autres traces d'éléments, Anions toxiques, Chlore libre. (Site internet 5)

10. La pollution de l'eau :

Dans sa plus acceptation la plus générale, le terme pollution désigne toute modification du milieu naturel qui s'exerce dans un sens défavorable sous l'effet des activités humaines.

Plus spécifiquement, la pollution des eaux est le fait de divers types de rejets, ponctuels ou diffus, qui apportent au milieu soit des calories (pollution thermique), soit des substances minérales ou organiques (pollution chimique), soit des micro-organismes pathogènes (pollution microbienne). (DEGREMONT, 2005)

L'activité humaine qu'elle soit industrielle (industrie chimiques, des papiers et carton), urbain ou agro-aliment (abattoir, brasseries, sucreries,...) engendre des rejets dans la nature qui finissent dans la majorité des cas, dans les mers, des cours d'eau des lacs ou des nappes phréatiques et entraîne une pollution. (DEFRANCESCHI, 1996)

De ce fait la pollution participe à diminuer les volumes d'eau utilisables par les populations.

Elle engendre aussi les maladies et les phénomènes d'eutrophisation dans les réserves d'eau et déséquilibre l'environnement naturel. (ZELLA, 2007)

11. Les maladies liées à l'eau :

Un peut partout dans le monde, des gens tombent malades, d'autre meurent, surtout les enfants, pour avoir fait confiance à la salubrité d'une eau ou d'un aliment. Parfois, il s'agit d'un simple manque d'hygiène mais souvent : C'est plutôt la dégradation de notre environnement qui en est la cause. Nous n'avons plus d'excuse. Les connaissances et les techniques existent depuis longtemps. Pourtant, les maladies liées à l'eau continuent à faire des ravages.

Les maladies hydrique regroupent tout les conséquences néfastes d'un contacte directe avec du l'eau ou de la nourriture contaminée par des déchets d'origine humaine ou animale ou

chimique. Empruntant divers parcours ces déchets atteignent éventuellement les populations qui ont souffrent.

En fait les gestes de pollution semblent toujours anodins puisque, l'environnement possède la capacité d'éliminer une grande part des substances polluantes, notamment d'origine organique. Les mauvaises habitudes étant difficile à chasser, la société a montré plus d'une fois qu'elle saisissait mal les limites d'autoépuration de son environnement. Il n'en faut pas plus pour que ces déchets polluants le sol, les eaux de surface et les eaux souterraines et pour ces contaminent infectent les populations par l'entremise de l'eau de consommation ou de la nourriture, incluant des problèmes qui émanent de l'utilisation de l'eau d'irrigation insalubre.

La liste des maladies hydriques est longue : Arsénicose, choléra, diarrhée, hépatite A et E, méningite, polio et bien d'autres. Toutes ces maladies hydriques est de l'ordre de cinq millions de personnes par année, majoritairement des enfants.

Prenons les maladies diarrhéiques, ce sont des infections gastro-intestinales causées par divers organismes bactériens, viraux et parasitaires qui foisonnent dans l'eau contaminée.

En 2002, 1,8 million de personnes sont mortes, en très grande majorité des enfants de moins de cinq ans. (FRANCOIS, 2008)

12. Qualité de l'eau d'irrigation:

12.1. Les paramètres organoleptiques :

- **La couleur :**

Les couleurs réelle et apparente sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité (RODIER, 2009)

Cette coloration peut être due à certaines impuretés minérales (fer) mais également à certaines matières organiques (acides humiques, fulviques). Elle doit être éliminée pour rendre l'eau agréable à boire. (ALPHA SIDIKI MAIGA, 2005)

La couleur se mesure en comparant l'échantillon à examiner avec des tubes témoin dont la coloration est obtenue à partir d'une solution composée de chlorure platinicopotassique et de chlorure cobalté dissout dans l'acide chlorhydrique. (DUPONT, 1986)

La couleur représente un indicateur de pollution si elle dépasse l'équivalent de 15mg /L de platine de cobalt (Pt-Co). (LEFEVRE, 1991)

- **Le goût :**

L'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilités chimiques communes perçues lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche (RODIER, 2009)

L'eau potable ne devrait pas avoir un goût (GAMRASNI, 1986). Les principaux corps pouvant donner à l'eau une saveur désagréable sont : Le fer, le manganèse, le chlore actif, le phénol et le chlorophénol. (DUPONT, 1986)

- **L'odeur :**

L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles. (RODIER, 2009)

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. (RODIER, 2009)

En effet toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition, dont le sens olfactif peut seul, dans une seule mesure les détecter. (RODIER, 2009)

Les odeurs sont causées par la présence dans l'eau des substances relativement volatiles.

Ces substances peuvent être inorganiques comme le chlore, le bioxyde de soufre SO_2 ou le sulfure d'hydrogène H_2S ; ou organiques comme les esters, les alcools, les nitrites, les dérivés aromatiques et des composés plus ou moins bien identifiés résultant de la décomposition des matières animales ou végétales (comme les algues) ou encore dus à la pollution. (MONIQUE, 1991)

- **La turbidité**

C'est la réduction de la transparence de l'eau à la présence de matière non dissoute.

(LANTEIGNE, 2003)

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. (GERARD, 2004)

La turbidité élevée de l'eau relève de la précipitation du fer, de l'aluminium ou du manganèse due à une oxydation dans le réseau. (JEAN, 2002)

La turbidité se mesure en unité néphélométrique. (NTU) (LANTEIGNE, 2003)

12.2. Les paramètres physico-chimiques

- **La température :**

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers, il est important de la connaître avec une bonne précision. (MONTIEL et Al, 2001)

La température est un facteur aggravant sur le plan physicochimique en accélérant les cinétiques de réaction (POPOFF, 1991)

La température joue un rôle dans la solubilité des sels et des gaz, et dans la détermination du pH (PERLEMUTER, 1981) de la conductivité...

Une température dépassant les $15^{\circ}C$ favorise le développement des micro-organismes dans les canalisations en même temps qu'elle intensifie les odeurs et les saveurs. Par contre, une température inférieure à $10^{\circ}C$ ralentit les réactions chimiques. (CAROL, 1990)

La température est mesurée sur terrain en même temps que celle de l'aire d'un thermomètre (PERMOT ,1981), ou par une thermo sonde. (GAUJOUS ,1995)

La température optimale d'une eau d'irrigation se situe entre 25°C et 35°C. (PERLEMUTER, 1981)

• **Le pH « le potentiel d'hydrogène» :**

Le pH ou le potentiel hydrogène indique la concentration en ions H^+ présents dans l'eau, ou plus exactement le cologarithme décimale de cette concentration (mol/ L). (COIN, 1981)

L'eau naturelle pure est neutre. Le pH d'une eau montre son acidité ou son alcalinité. C'est le paramètre de traitement. (LEFEVRE, 1991)

La mesure de pH se fait grâce à un pH-mètre ou comparateur colorimétrique. (KEMMER et FRANK, 1984)

Le pH influence la forme et la disponibilité des éléments nutritifs dans l'eau d'irrigation. Le pH de l'eau d'irrigation devrait se situer entre 6,5 et 8,4.

Les exemples suivants montrent que le pH des eaux naturelles varie suivant l'origine de l'eau.

Tableau01: Classification des eaux selon leurs pH (RODIER, 2009)

| Type d'eau d'origine différente | pH |
|---------------------------------------|----------|
| Eau des sols alcalins | 9-10 |
| Eaux minérales sulfurées sodiques | 8-10 |
| Eaux de mer | 7,8-8,35 |
| Eaux fluviales | 7,0 |
| Eaux minérales bicarbonatées sodiques | 6,3-6,4 |
| Eaux de pluie | 6,0 |
| Eaux de marées stagnantes | 4,0 |

• **La conductivité et la minéralisation globale :**

La conductivité d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métallique de 1cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. (RODIER, 2009)

Elle est également en fonction de la température de l'eau et proportionnelle à la minéralisation. (MENS et DEROUANE, 2000)

La conductivité s'exprime en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S} \square\text{cm}$). (GAUJOUS, 1995)

La réglementation algérienne propose une conductivité maximale de l'eau à 20°C de $3000 \mu\text{S} \square\text{cm}$.

Tableau 02 : Classification des eaux selon la conductivité (RODIER, 2009)

| | Conductivité ($\mu S \square cm$) | Résistivité |
|-------------------------------|-------------------------------------|--------------|
| Eau pure | <23 | >30000 |
| Eau douce peu minéralisée | 100 à 200 | 5000 à 10000 |
| Eau de minéralisation moyenne | 250 à 500 | 2000 à 40000 |
| Eau très minéralisée | 1000 à 2500 | 400 à 1000 |

Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité.

La minéralisation globale correspond à la concentration en sels minéraux dissous, d'une façon générale, elle est plus élevée dans les eaux souterraines que dans les eaux superficielles.

Les eaux d'alimentation devront contenir, sans excès, un certain nombre d'éléments minéraux sans que toutefois leur minéralisation totale ou salinité, ou extrait sec ne dépasse pas 2g /L. (DUPONT, 1974)

Tableau 03 : détermination de la minéralisation à partir de la conductivité. (RODIER, 2009)

| Conductivité ($\mu S \square cm$) | Minéralisation |
|--|--|
| Conductivité inférieur à 50 | $1,365\ 079 \times \text{conductivité } (\mu S \square cm) \text{ à } 20^{\circ}C$ |
| Conductivité comprise entre 50 et 166 | $0,947\ 658 \times \text{Conductivité } (\mu S \square cm) \text{ à } 20^{\circ}C$ |
| Conductivité comprise entre 166 et 333 | Conductivité ($\mu S \square cm$) à $20^{\circ}C$ |
| Conductivité comprise entre 333 et 833 | Conductivité ($\mu S \square cm$) à $20^{\circ}C$ |
| Conductivité comprise 833 et 1000 | Conductivité ($\mu S \square cm$) à $20^{\circ}C$ |
| Conductivité supérieure à 10 000 | Conductivité ($\mu S \square cm$) à $20^{\circ}C$ |

• La salinité :

L'excès de teneur en sel est l'un des soucis principaux avec l'eau utilisée pour l'irrigation. Une concentration élevée en sel dans l'eau ou dans les sols affectera négativement le rendement des récoltes, provoquera une dégradation des sols et une pollution des eaux souterraines.

L'utilisation d'une eau salée pour l'irrigation dépendra de plusieurs facteurs:

- La tolérance en sel de la récolte

- Les caractéristiques du sol sous l'irrigation
- Les conditions climatiques. La qualité de l'eau d'irrigation joue un rôle essentiel dans les secteurs arides affectés par des taux d'évaporation élevés entraînant une accumulation importante de sel dans les sols.

En général, l'eau utilisée pour l'irrigation doit avoir un degré faible ou moyen de salinité. (I.e. conductivité électrique de 0.6 à 1.7 dS/m).

Tableau 04 : Classification des risques de salinité.

| Risque | TDS (ppm or mg/L) | dS/m or mmhos/cm |
|--------|-------------------|------------------|
| Nul | <500 | <0.75 |
| Légers | 500-1000 | 0.75-1.5 |
| Modéré | 1000-2000 | 1.5-3.00 |
| Sévère | >2000 | >3.0 |

- **Le S.A.R :**

Les hautes teneurs en sodium deviennent un problème lorsque la vitesse d'infiltration est réduite à un tel taux que la récolte n'a pas assez d'eau disponible ou lorsque la conductivité hydraulique du profil de sol est trop basse pour fournir un drainage adéquat. D'autres problèmes, pour les récoltes, provoqués par un excès de Na, sont la formation de lit de croûte de graines, une saturation temporaire à la surface du sol, un pH élevé et une possibilité accrue de présence de maladies, des herbes, d'érosion des sols, de manque d'oxygène et de disponibilité nutritive insatisfaisante.

- **les résidus secs :**

La détermination du résidu sec sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, non volatiles. (RODIER, 2009)

- **La résistivité électrique**

En raison des sels qu'elle renferme, l'eau constitue un électrolyte très étendu. La résistivité électrique d'une eau peut donc mesurer sa minéralisation globale. (DUPONT, 1974)

L'unité de la résistivité est l'ohmcentimètre (Ωcm). La conductivité est l'inverse de la résistivité. On obtient la résistivité à partir de la conductivité par la formule suivante :

$$\text{Résistivité } (\Omega\text{cm}) = \frac{1000000}{\text{Conductivité } \mu\text{S} / \text{cm}}$$

Ou à partir la minéralisation par la formule suivante :

$$\text{Minéralisation (mg / L)} = \frac{720000}{\text{Résistivité } (\Omega / \text{cm})} \quad \text{UPONT, 1974}$$

- **les matières en suspensions :**

Elles représentent les matières qui ne sont ni à l'état colloïdal, donc retenues par un filtre. Les matières en suspension, qui comporte des matières organiques et minérales, constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution de l'eau. (SATIN et SELMI, 1999)

La présence des matières en suspension augmente la turbidité de l'eau et diminue sa transparence. (RODIER, 2009)

Une eau potable ne doit pas contenir de matière en suspension décantables. Pour une eau qui contient des suspensions à des teneurs de quelques milligrammes par litre, ne pose pas de problèmes majeurs. (DEGREMONT, 2005)

- **les matières organiques dissoutes :**

Dans les eaux naturelles, les matières organiques dissoutes représentent plusieurs familles de composés, parmi lesquelles on peut citer les acides humiques, les acides carboxyliques et les hydrates de carbonés.

On distingue deux origines de ces matières : les matières organiques acides d'origines animales et les matières organiques basiques d'origine végétale. (COIN, 1991)

Elles constituent une source nutritive essentielle pour la prolifération bactérienne, le contenu en éléments organiques carbonés est aujourd'hui considéré comme un facteur primordial dans la maîtrise de la qualité microbiologique de l'eau dans le réseau.

Les titres hydrotimétriques ou dures :

Le titre hydrotimétrique indique la teneur globale de l'eau en sels de calcium et de magnésium qui rendent l'eau dure. (DEGERMONT, 2005)

La dureté totale ou TH représente la somme des concentrations en cations calcium et magnésium (Ca^{2+} et Mg^{2+}), elle est exprimée en degrés français (°F) ou en meq / L, avec :

$$1 \text{ meq / L} = 5^\circ\text{F}$$

On distingue :

$$\text{-Le TH total} = \text{TCa}^{2+} + \text{TMg}^{2+}$$

- Le TH calcique ne tient compte que des ions Ca^{+2}
- Le TH magnésium ne tient compte que des ions Mg^{2+} . (BERNE et COPRDONNIER, 1991)

Tableau 05 : classification des eaux en fonction du TH. (BERNE et COPRDONNIER, 1991)

| TH (°F) | TH (meq / L) | Spécificité de l'eau |
|-----------|--------------|----------------------|
| 0 à 6 | 0 à 1,2 | Eau très douce |
| 6 à 15 | 1,2 à 3 | Eau douce |
| 15 à 30 | 3 à 6 | Eau moyennement dure |
| 30 à plus | 6 à plus | Eau très dure |

- **L'alcalinité :**

Il n'est pas facile de faire distinguer l'alcalinité d'une eau et le pH, c'est deux notions sont très différentes bien que liées. Le pH est une mesure de l'intensité et l'alcalinité est une mesure de la capacité à absorber de protons H^+ . (DEFRANSCHI, 1996)

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence d'hydrogénocarbonates (HCO_3^-), de carbonates (CO_3^-), d'ions d'hydroxyde (OH) et d'une façon limitée d'ions de silicate (HSiO_3^-)

(RODIER, 2009)

- **Le CO_2 libre :**

Le gaz carbonique joue un rôle important dans la chimie des eaux. Le CO_2 combiné à l'eau possède effectivement des propriétés acides, ce qui donne naissance notamment aux carbonates et bicarbonates de calcium et de magnésium. (DUPONT, 1974)

- **Sels minéraux dissous :**

Les sels minéraux dissous sont soit des ions positifs (cations) soit des ions négatifs (anions). Un ion est un atome ou groupement d'atomes (molécules) qui a gagné ou perdu un ou plusieurs électrons.

- **Les cations :**

- L'ion calcium Ca^{2+} :**

C'est la composante majeure de la dureté de l'eau, c'est un métal alcalino-terreux, très répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de bicarbonates. (LECLERE et al, 1994)

La teneur de calcium varie selon les terrains traversés. (RODIER, 2009)

L'eau d'irrigation de bonnes qualités renferment de 20 à 400 mg / L de calcium. (RODIER, 2009)

C'est un constituant de près de 50% des cendres de la plante entière et essentiellement des parois cellulaires. Il joue un rôle dans la neutralisation des acides organiques.

-L'ion magnésium Mg^{2+} :

Il constitue l'élément significatif de la dureté de l'eau avec l'ion calcium, c'est l'un des éléments les plus répandus dans la nature. (RODIER, 2009). Le magnésium en excès donne une saveur amère à l'eau. (FRANK et KEMMER, 1984)

C'est un constituant de la chlorophylle et, par conséquent, il joue un rôle important dans la photosynthèse. Le Magnésium active près de 300 processus enzymatique et en particulier celui lié au métabolisme des hydrates de carbone... il agit sur la stabilité de la membrane cellulaire, sur la régulation du transport ionique interne, favorise la synthèse des protéines, des sucres et des lipides, régularise la réduction des nitrates et influence sur l'absorption et la translocation des phosphates. Le Mg^{2+} est mobile dans la plante et peut être transféré à partir des tissus âgés vers les jeunes tissus en cas d'une déficience.

-L'ion sodium Na^+ :

Tous les sels de sodium sont extrêmement solubles dans l'eau. (KEMMER, 1984)

C'est un élément constituant de l'eau toutefois les concentrations peuvent être extrêmement variables allant de quelques dizaines de mg à 500 mg / L. (RODIER, 2009)

L'usage agricole d'une eau exige un pourcentage en sodium inférieur à 60%, seuil maximale admissible.

-L'ion potassium K^+ :

Le potassium est étroitement rattaché au sodium à tel point, qu'il est rarement analysé comme un constituant à part dans les analyses d'eau. Sa présence est très répandue dans la nature sous forme de sels, qui joue un rôle important dans l'équilibre électrolytique de l'organisme.

Le potassium règle la teneur en eau à l'intérieur de cellules. (MERCIER, 2000). Sa présence à peu près constante dans les eaux naturelles ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg / L. (RODIER, 2009)

-L'ion ammonium NH_4^+ :

C'est un cation qui provient de la dissolution de l'ammoniac (NH_3) dans l'eau (WHO, 1998). L'ammonium n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution. Dans les eaux profondes, sa présence peut également être due aux conditions réductrices régnant dans une nappe.

Il doit être éliminé dans les eaux de consommation car c'est un élément qui peut permettre à certaines bactéries de proliférer dans les réseaux de distribution. (JEAN, 2002)

Il est important d'éliminer l'ammonium avant l'introduction de l'eau dans le réseau parce que l'ammonium réagit efficacement et peuvent provoquer des goûts désagréables. (PAQUIN et al, 1992)

-L'ion fer F^{+} :

Le fer se classe en 4^{ème} rang des l'élément de la croûte terrestre.

- **Les anions**

-Les chlorures Cl^{-} :

Les chlorures sont très répandus dans la nature sous forme des sels de sodium ($NaCl$), de potassium (KCl) et de calcium ($CaCl_2$). (KEMMER, 1984)

Elles participent à la conductibilité électrique de l'eau, La concentration maximale admissible de chlorures, dans l'eau destinée à la consommation humaine est de 200 à 500mg \square L (RODIER, 2009)

Une concentration élevée de chlorures affecte le goût de l'eau et, accélère la corrosion des métaux dans le réseau en fonction de l'alcalinité de l'eau. Cela peut entraîner une augmentation de la concentration de certains métaux dans l'eau (DEGREMONT, 2005)

Selon l'OMS une teneur en chlorure supérieur à 250 mg \square L peut être perceptible au goût. (RODIER, 2009)

-Les nitrates NO_3^{-} et les nitrites NO_2^{-} :

Les nitrates (NO_3^{-}) et les nitrites (NO_2^{-}) sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement. Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH_4^{+}). (BOUKHOBZA, 2009)

Dans l'ensemble de cortège azoté figurant dans une analyse de l'eau, seuls les nitrates et les nitrites sont à considérer sur le plan toxicologique. (BONTOUX, 1993)

Ils sont extrêmement solubles ; ils pénètrent le sol et les eaux souterraines ou se déversent dans les cours d'eau par ruissellement, qui est oxydé en nitrites par les bactéries du genre Nitrosomonas, puis en nitrates par les bactéries du genre Nitrobacter (Santé Canada, 1992) Il constitue une des causes majeures de la dégradation des eaux à long terme. (ANONYME, 2003)

Les nitrites sont formés par dégradation de la matière azotée mais ils sont rapidement transformés en nitrates dans les sources d'eau potables (LEPELTIER, 2005).

Les nitrates sont oxydés en NO_3^{-} par Cl_2 , ClO_2 et O_3^{-}



La concentration d'un nitrate est limitée par la norme standard fixée pour l'eau potable à 50 mg/L. (FRANK et KEMMER, 1984)

-Les sulfates SO_4^{2-} :

Le sulfates qui se dissout dans l'eau provient de certains minéraux et particulier du gypse ou apparait à partir de l'oxydation de minéraux sulfureux. (BRIERE, 2000)

La présence de sulfates dans l'eau de boisson peut aussi lui communiquer un goût perceptible et contribuer à la corrosion du réseau de distribution.

La limite supérieure admise dans l'eau d'irrigation est 960 mg/L. (ANNEXE I)

-Ion carbonate et bicarbonate :

L'ion bicarbonate est le principal constituant alcalin de la plupart des eaux courantes. Sa présence dans l'eau est due à l'action des bactéries qui fournissent du CO_2 à partir des minéraux contenant des carbonates. (BOUKHOBZA, 2009)

Plus la teneur en CO_2 dissout augmente, plus la concentration de l'ion CO_3^{2-} diminue, ce qui à pour résultat de faire disparaître les carbonates et la formation des bicarbonates. (RODIER, 2009)

Une forte teneur en carbonate CO_3^{2-} et en bicarbonate HCO_3^- augmente la valeur du S.A.R (environ $>3-4\text{mEq/L}$ ou $>180-240\text{mg/L}$ milliéquivalents/litre). Les ions carbonate et bicarbonate combinés au calcium ou au magnésium précipiteront sous forme de carbonate de calcium CaCO_3 ou carbonate de magnésium MgCO_3 dans des conditions de sécheresse.

• Les substances indésirables :

-le plomb :

Le plomb n'est présent qu'en quantité très négligeable dans les ressources superficielles et souterraines en eau. Sa concentration peut néanmoins augmenter suite à des rejets industriels ou des transferts entre les différents compartiments de l'environnement (sols pollués, retombées atmosphériques, etc...). (DGS, 2003)

-le cadmium :

Est un métal blanc mou flexible de densité 8,65 de nombre atomique 46 et qui fond à $320,9^\circ\text{C}$ de valence. (GOURMALA et BELARBI, 2003)

Le cadmium est naturellement assez rare dans l'environnement ou on le trouve associé au zinc. (BOUNTOX, 1993)

Les déchets industriels et les ordures ménager sont les principales sources de pollution par le cadmium, élément qui circule dans les eaux et les sols avec grand facilité sa très nette toxicité se manifeste particulièrement par des atteinte rénal. (BOUNTOX J, 1993)

-Le fer :

Le fer se rencontre dans l'eau sous différentes formes. On trouve de fer dans les roches

Éruptives et dans les minéraux argileux. En l'absence d'oxygène, le fer est entièrement soluble à réduit (KEMMER, 1984).

Le fer est un micronutriment, qui est une substance nécessaire pour le métabolisme et la photosynthèse des plantes trouvés au maximum à des aux de 500 ppm. Pour une concentration élevée peut être toxique pour la plante.

-Le manganèse :

C'est un métal qui peut provoquer une coloration et il est à l'origine de dépôts dans les réseaux. Par ailleurs il affecte les paramètres organoleptiques de l'eau comme d'autres métaux cuivre, aluminium, zinc. Dans les eaux de surface, le manganèse se trouve en général à l'état oxydé et précipité ; il est donc éliminé par traitements classiques de clarification. (DEGREMONT, 2005)

Dans les eaux naturelles, il peut avoir quatre origines différentes. (MONTIEL et WELTE, 1990) :

- ✓ Les roches ou il sera essentiellement sous forme de carbonate ;
- ✓ Les pollutions accidentelles ;
- ✓ Le drainage des sols ;
- ✓ L'accumulation dans la zone réductrice des barrages réservoirs.

• Les substances polluantes :**-Solvants chlorés**

Ils ont pour origine les rejets industriels, injection en puits perdus, lixiviation de charge. Ils sont cancérigènes ou mutagènes.

phénols et dérivés :

Ils sont l'indice d'une pollution industrielle. Leur nuisance la plus marquante est le goût du chlorophénol qui apparaît dans l'eau en présence de chlore pour des teneurs extrêmement faible. (DEGREMONT, 2005)

-Hydrocarbures :

Susceptibles de polluer l'eau ; ils ont pour sources les rejets pétroliers, d'huiles de vidanges, d'effluents de différentes industries ou d'usines à gaz de vapeurs.

Les hydrocarbures aromatiques sont partiellement solubles.

Leur nuisance, c'est l'apparition de goûts et d'odeurs pour des seuils extrêmement variables. (MEBARKI, 2010)

La toxicité serait à craindre dans les eaux de boisson pour des doses supérieures aux seuils d'apparition de goûts et odeurs. On a constaté des affections cutanées dues à des produits d'addition du mazout (DEGREMONT, 2005)

-Pesticides ou herbicides :

D'origine agricole, ils sont destinés à la protection, à l'amélioration de la production végétale et à la préservation des récoltes. Ils sont entraînés par les eaux de pluie ou de ruissellements. Ce sont des produits toxiques et peuvent affecter le goût et l'odeur à une certaine dose. (ALPHA SIDIKI MAIGA, 2005)

12.3. Les paramètres microbiologiques :

L'eau contient en suspension, divers microorganismes.

Ces microorganismes sont les plus souvent des bactéries d'origine commune avec le sol ou avec la matière fécale de l'homme et des animaux. (HASLAY, 1993)

• Germes totaux :

Les germes totaux renferment la totalité des bactéries aptes à se multiplier à des températures moyennes.

Ce sont des germes qui se développent dans des conditions aérobies. Leur présence est indicatrice de pollution bactérienne. Leur dénombrement donne une information sur la qualité hygiénique de l'eau destinée à la consommation humaine (VARGUES et PINON, 1993), ainsi il renseigne sur le degré de protection des nappes souterraines d'où provient l'eau à analyser (RODIER, 2009)

On distingue deux catégories sur le plan hygiène : Les germes saprophytes qui se multiplient à 22°C, ce sont les germes spécifiques de l'eau et les germes pathogènes qui se multiplient à 37°C proviennent de l'homme ou animaux à sang chaud (HASLEY et LECTERC, 1993)

• Coliformes

Selon l'ISO (Organisme de Standardisation Internationale), les coliformes sont des bacilles Gram (-), non sporulés, oxydases (-), aérobies ou anaérobies facultatifs, capable de se multiplier en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface ayant des propriétés équivalentes et capable de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 48 heures à une température de 35 à 37°C. (HASLAY et al. 1993)

En effet, parmi les bactéries qui répondent à cette définition, on rencontre deux groupes d'origine et habitat différents qui sont les coliformes non fécaux et les coliformes témoins de contamination fécale, tel qu'*Escherichia coli* (PERMO, 1981)

• *Escherichia coli*

C'est l'une des espèces bactériennes les plus souvent rencontrées en pathologie humaine. (PATRICK et SIMONET, 1988). Ce sont des hôtes normaux de l'intestin de l'homme et des animaux, que l'on rencontre également dans le milieu extérieur (sol, eau) (GAUSTARDIF, 1984). *E. coli* est sans doute le plus spécifique de tous les germes de contamination fécale. (BOURJOIS ; MEXLE et ZUCCA, 1996)

- **Les streptocoques fécaux**

Les streptocoques sont cocci gram (+), ils sont caractérisés par leurs appartenances au groupe sérologique D de Lancefield. (BOURGOIS et al, 1996)

Les streptocoques fécaux sont utilisés depuis longtemps comme des indicateurs de pollution fécale dans les eaux. (BOURGEOIS et LEVEAU, 1991)

Associés aux coliformes fécaux, ils sont de bons indicateurs de pollution par contre, ils sont peu utilisés comme indicateur d'efficacité de traitement car ils sont nettement plus résistants aux désinfectants que les coliformes et les autres entérobactéries pathogènes genre *Salmonella* ou *shigilla*. (PRESCOTT, 2003)

- ***Clostridium sulfitoréducteurs***

Le genre *Clostridium* inclut des bactéries gram (+), anaérobies qui forment des endospores résistantes à la chaleur, il est responsable de cas d'altération d'aliments. (PRESCOTT, 2003)

Les *Clostridium sulfito-réducteurs* sont les meilleurs témoins de contamination fécale ancienne ou intermittente, leur permanence marque la défaillance en un point donné de processus de filtration naturelle. (ARMAND, 1966)

Les *Clostridium sulfito-réducteurs* sont anaérobies strictes, isolé ou en chênnette, mobil, catalase positif, réduisent le sodium en sulfure. (BOURGEOIS et LEVEAU, 1991)

La forme sporulée des *Clostridium sulfito-réducteur*, beaucoup plus résistante que les formes végétatives, permettait aussi de déceler la pollution d'eau. (BOURGEOIS, 1991)

II. LE SOL :

1. Définition du sol :

Le sol est la couche externe de la croûte terrestre caractérisée par la Présence de nombreux êtres vivants. Il est le siège d'un échange intense de matière et d'énergie entre l'air, l'eau et les roches. Le sol, en tant que partie de l'écosystème terrestre, occupe une position clé dans les cycles globaux des matières.

Généralement quand on parle des sols, on pense juste à une surface. En approfondissant, on découvre que le sol est bien d'avantage. Il protège la terre, filtre et retient l'eau, soutient et nourrit les plantes, protège les trésors archéologiques, sculpte le paysage et fournit de quoi nous nourrir. C'est une source d'exploitation et de vie depuis des dizaines de siècles à travers l'agriculture (3000 avant Jésus-Christ en mésopotamie) il joue hélas, un rôle d'interface très important dans tous les phénomènes de pollution de notre environnement.

2. Formation du sol :

Le sol se forme par des processus très lents. Les roches s'altèrent sous l'action du climat et des êtres vivants; les constituants minéraux sont modifiés, en partie mélangés à des substances organiques et forment de nouveaux composants. Soumis à l'action de l'eau, travaillée par les plantes, les animaux et les micro-organismes, les sols acquièrent progressivement des structures qui leur sont propres.

3. Constitution du sol :

Le sol est fait de matières solides, d'eau et d'air. Les matières solides: pierres, sable, silt, argile, de même que l'humus, constituent en quelque sorte la "charpente" du sol à travers laquelle circulent les fluides. Au cours du temps il se forme dans le sol des couches différenciées par des teintes et des structures propres:

- Une couche de surface le plus souvent foncée, humifère, riche en êtres vivants, densément colonisée par les racines. Elle est de structure meuble et grumeleuse dans les sols les plus productifs; un sous sol ou couche intermédiaire, de couleur plus claire, moins humifère, contenant moins de racines. Sa structure est différente de celle de la surface et de la couche sous-jacente.
- Une couche de fond constituée de roches ou de matériaux peu (ou pas) altérés.

4. Fonctions du sol :

Le sol assure des fonctions régulatrices des flux de matière et du milieu vivant. Son rôle est déterminant pour le stockage de l'eau, des éléments minéraux et pour la formation de la biomasse. Il épure les eaux de percolation. Ces fonctions, ainsi qu'un pouvoir naturel d'autoconservation, sont affectées dans les sols soumis à des perturbations physiques et chimiques.

5. Utilisation et dégradation

L'homme utilise les sols pour la production des plantes utiles et comme réservoir de gènes. Il l'exploite pour ses matériaux de construction et le consomme pour ses bâtiments, ses activités diverses, ou encore pour y placer ses décharges.

Le sol est un bien culturel et une partie intégrante du paysage. Une utilisation erronée et trop intensive le dégrade, voire le détruit. Ses surfaces ne sont en principe pas extensibles.

Le sol est le résultat d'une interaction dynamique entre milieu physique (lithosphère) et milieu biologique (biosphère).

6. Fertilité du sol :

La fertilité des sols a été considérée comme la richesse chimique du sol en éléments minéraux. Elle est conçue actuellement comme une capacité à produire durablement de la biomasse végétale et ne se rapporte plus seulement au sol, mais au milieu naturel et à son exploitation par l'homme.

❖ Fertilité physique :

La fertilité physique correspond à la plus ou moins grande facilité à créer et/ou maintenir un état physique du sol adapté au système de culture pratiqué. Elle détermine les conditions de germination des semences, de colonisation efficace des racines, d'aération et d'économie en eau, à travers une structure meuble, perméable et aérée du sol.

❖ Fertilité biologique :

La fertilité biologique est liée à l'activité biologique du sol dont dépendent plusieurs fonctions, entre autres, les transferts des nutriments du sol à la plante, la minéralisation des matières organiques apportées et la stabilisation de la structure du sol.

❖ Fertilité chimique :

La fertilité chimique a trait à la nutrition minérale des végétaux via les concepts de biodisponibilité des éléments nutritifs, de carence, de toxicité et d'équilibre

Elle réfère donc à l'aptitude du sol à fournir, en quantités suffisantes, les éléments nutritifs essentiels pour assurer la croissance des plantes.

Un sol fertile est un sol qui contient des quantités adéquates des substances nécessaires à la nutrition des plantes sous formes disponibles et qui n'est pas excessivement acide ou alcalin et qui ne contient pas des concentrations élevées en éléments toxiques.

7. Les différents types du sol :

Les sols des hautes plaines peuvent être ainsi regroupés :

- ❖ Les sols brunifiés (sol brun calcaire)
- ❖ Les sols isohumiques
- ❖ Les sols peu évolués (regosols, lithosols)
- ❖ Les sols calcimagnésiques
- ❖ Les sols salsodiques (sols halomorphes)

7.1) Les sols brunifiés

a. Les sols bruns calcaires

Ces sols bruns sont répandus sur les continents Européens, Asiatiques et en Afrique. En Algérie les sols carapaces calcaires se situent dans l'étage semi-aride (EMBERGER ; 1955) ; vers l'aride, ils cédant la place aux sols comprend en plus d'artemisia et steppiques a carapaces d'origine plus complexe. La végétation de ces sols comprend en plus d'Artemisia et stipa un certain nombre de végétaux xérophiles.

La steppe claire et xérophile tend devenir dominante lorsque l'évapotranspiration dépasse la pluviométrie (DUCHEFOUR, 1984). La roche mère peut être de nature variée mais se rencontre surtout sur roche mère calcaire marne a gré calcaire. la texture est homogène, l'humus 2 à 3% parfois on remarque l'apparition des sels solubles à la surface du sol. Certains sols de steppes bruns sont rubérifiés, ils proviennent de l'évolution des sols rouges anciens en climat aride ou semi aride. (GERCO, 1996)

b. les sols bruns lessivés

A₁ mull très actif, très aéré (C/N 12 à 15) a passage très progressif vers A₂ l'horizon A₂ et l'horizon B₁ sont peu différenciés sur le plan de la couleur ; l'opposition de la structure et de la texture est plus marquée (B₁ polyédrique, revêtement argillanes de couleur brune). la porosité est partout élevée, surtout en A₁ et A₂. Elle est encore de 40 à 45% en B₁ qui de ce fait, et bien colonisé par les racines ; aucune trace d'hydromorphie en B₂.

Les argiles dominantes sont des argiles micacées (illites), parfois ouvertes (vermiculites) mais sans aluminisation marquée ; les argiles les plus fines (montmorillonites) héritées des matériaux sont lessivées de façon préférentielle et constituent l'essentiel des revêtements en B₁ : la capacité d'échange des argiles est élevée et supérieur à 0,5 me/g.

Les taux de saturation en bases présentent de façon très accentuée les deux valeurs maximales en A₁ et en B₂ qui ont été signalées dans les caractères généraux des sols lessivées. Ce taux de saturation est toujours supérieur à 50% en A₁ et à 25% en A₂. Il n'y pas pratiquement d'AL³⁺ échangeable, sauf parfois, en petite quantité en A₂, dans les types les plus acides.

c. Les sols lessivés acides

L'ensemble du profil est plus différencié: l'humus est un mull- Moder plus foncé moins bien structuré, a transition nette avec A₂ (C/N plus élevé, de l'ordre de 20). A₂ est plus clair, moins poreux, a structure souvent tranchée. B₂ offre une couleur plus vive que A₂ est plus des taches ocre ou rouille alterne avec des argillanes plus ou moins décolorées.

Ces caractères faiblement hydromorphes s'accroissent dans le type « sol lessivé dégradé » et qui se caractérise par des taches blanchâtres pulvérulentes à la limite A₂-B₂. La porosité s'abaisse considérablement en B₁ et peut atteindre 30% dans ces faciès dégradés et hydromorphes des taches rouille et des concrétions apparaissent à la limite A₂-B₁.

La micromorphologie indique une tendance à la migration séparée de l'argile et du fer; l'argile forme des argillanes d'illuviation secondaire (CONINCK et HERBILLON, 1909; FEDOROFF, 1973) partiellement décolorées, qui voisinent avec des taches rouille ou le fer tend à se concentrer: cependant, les indices d'entraînement des deux éléments restent du même ordre.

Les argiles manifestent un début de dégradation par « aluminisation ». Les vermiculites A₁ et chlorites A₁ dominant, les montmorillonites variées tendent à disparaître de la partie supérieure du profil et de même au sien des revêtements de B₁. la dégradation des argiles micacées se traduit par l'augmentation du rapport A₁ libre/argile, qui passe de 0,6 dans le sol brun lessivé, à une valeur comprise entre 1 et 2%.

7-2) Les sols isohumiques (sol brun)

a. Les sols châtaignes

En climat continentale plus aride (250 à 300 mm de précipitations), ou se développée une steppe moins dense, la teneur en matière organique des sols steppiques est plus faible et le lessivage des carbonatés, colorés en brun-chocolat par l'humus calcique, et à horizon ca peu important.

En climat méditerranéen semi-aride, en Afrique du nord par exemple, rencontre, associés à la steppe à Alfa et Artemisia, de sols châtaignes rouges.

b. Les sols isohumiques de climats chauds (isohumiques tropicaux)

Ces sols, dont l'existence est certaine, ont été encore peu étudiés et leurs caractères sont mal connus, ce qui explique leur appellation encore très provisoire.

La classification de la F.A.O les rattache aux sols châtaignes, bien qu'en fait, ils soient plus pauvres en matière organique (1 à 2%); en outre cette matière organique est plus transformée, plus riche en acides humiques gris, ce qui donne au profil une teinte très sombre: comme pour les vertisols, la fraction de la matière organique labile disparaît très vite par minéralisation. En outre le complexe absorbant est souvent partiellement saturé par les ions Mg⁺⁺ et Na⁺, ce qui indique une tendance à l'alcalinisation.

7-3) Les sols peu évolués

a. Les regosols

Les regosols constituent un groupe de sols peu évolués qui sont formés sous différents climats sur roche mère non consolidée (roche mère tendre). Selon KADIK (1986) : la dégradation des sols bruns calcaires tendre aboutit à la formation de sols du type regosolique ou de type regosols. L'horizon A est de 20-30 cm dont la teneur en humus peut parfois dépasser 2%. Les regosols sur affleurement marneux, dans la région soumise à une érosion très forte, sont déboisées par l'homme.

Ces sols sont colonisés soit par l'alfa, soit par l'armoise blanche (*Artemisia herba alba*).

Les regosols correspondent en fait à des affleurements de roche-mère dans les entailles des ravines creusées par l'érosion. La présence en surface d'un horizon (A) peu épais indique une simple désagrégation physique de la marne en polyèdres plus ou moins fins. Les sols regosoliques se distinguent des regosols par une évolution plus poussée qui se manifeste par :

- ✓ Soit la présence en surface d'un horizon d'apport colluvial, généralement de texture plus grossière avec des débris de grès ou de calcaires provenant des bancs de roches dures en alternance avec les marnes.
- ✓ Soit un horizon A, encore faiblement organique de texture fine à très fine, structure polyédrique moyenne à fine.
- ✓ Soit un début d'accumulation calcaire sous forme d'encroûtement (S10, sur les argiles sableuses rouges tertiaire continentale).

b. Les lithosols

L'évaluation de ces sols est freinée d'abord par la roche mère (roche dure) qui est en général difficilement altérable mais morphologiquement le profil reste du type A-AC-C. Ils se différencient par l'accumulation de l'humus dans un horizon plus ou moins évolué. (OZENDA, 1982) rapporte que les lithosols sont ceux qui sont constamment remaniés par les actions superficielles. La zone d'altération est localisée en surface et seule une petite couche de matière organique peut apparaître. Le groupe lithique sur grès est colonisé par le groupement et *Launaea acanthoclada* dans l'étage aride. (DJEBAÏLI, 1984)

7-4) Les sols calcimagnésiques

• Les rendzines grises

Ce sont des sols à croûtes et encroûtement superficiels sur les moyennes et les basses polygéniques du quaternaire ancien et moyen. Les rendzines grises xérophiles sont riches en calcaires, mais moins riches en humus.

Selon POUGET (1980), avec le remplacement du forêt par la steppe : l'horizon humifère Ah devient de moins en moins riche en matière organique et se transforme en horizon A. dans l'étage aride principalement là où les précipitations annuelles varient entre 200 et 300mm. ils sont colonisés par des groupements variés à base de *Lygeum spartum* (sur gypse).

En Tunisie c'est le domaine à Gymnocarpus decander ou à Anarrhinum brevifolium. (FLORET et PONTANIER, 1982). Malgré la très bonne aération, due à la stabilité de la structure le sol est difficile à travailler et présente une insuffisance en réserves d'eau pendant la saison sèche. La culture intensive permet de remédier à ces inconvénients.

a. Sols calcimagnésiques humifères : rendzines

Si l'on excepte la rendzine brunifiée, qui offre un horizon (B) brun ou ocre peu développé par rapport à l'horizon A₁, les sols de groupe sont caractérisés par un profil de type AC. L'horizon A₁ est coloré par la matière organique masquée incorporée, elle-même fonction du type de végétation.

Certains rendzines sur calcaire tendre ou sur craie, sont exceptionnellement riches en carbonates qui arrivent à masquer complètement la matière organique, en générale peu abondante ; il s'agit de rendzines peu évoluées, encore très voisines d'un « regosols » (rendzine blanche).

Il existe cependant des rendzines dont l'horizon A₁ humifère offre une couleur brune, liée à l'abondance du fer libre : en fait, le profil est encore de type AC ; comme le souligne MUCKENHAUSEN (1962), il ne faut pas confondre la couleur brune de l'horizon A humifère avec la véritable « brunification », c'est-à-dire l'apparition d'un horizon (B) à structure polyédrique située sous l'horizon humifère A₁.

b. Sols calcimagnésiques très humifère

La teneur en matière organique est plus élevée que dans les rendzines typiques : elle est supérieure à 15% dans les horizons de types A₁ à structure grumeleuse.

Lorsqu'un horizon (B) à structure polyédrique se développe, il contient encore de la matière organique en quantité appréciable et il est souvent de couleur foncée.

On peut distinguer trois groupes qui peuvent être schématiquement définis de la façon suivante :

- profil A₀C (ou A₀R) : sols caractérisés par l'absence ou le faible développement de l'horizon mixte organo-minéral A₁ : sols lithocalciques humifères ;

- profil A₁C (ou A₀ A₁C) : horizon A₁ à structure grumeleuse, bien développée : sols humo-calcairesthmo-calciques ;

- profil A₁ (B) C : présence d'un horizon (B) riche en éléments silicates et bien structuré (polyédrique) : sols bruns calcaires ou bruns calcaire humifères (mélanisés).

En fait, les formes de transition sont fréquentes, en particulier entre les deux premières groupes : il arrive souvent que les sols lithocalciques humifères présentent, contact du calcaire dur, un horizon A₁ de quelques centimètre d'épaisseur, mais cet horizon est toujours extrêmement riche matière organique (plus de 25%) : l'essentiel du profil est constitué d'un horizon A₀ épais de type tan gel ou mor, contenant plus de 50% de matière organique. Certains de ces sols calcimagnésiques humifères sont formés sur dalle de calcaire dur, ce qui

interdit tout mélange des éléments minéraux et organique : d'autres au contraire, caractérisent les éboulis très grossiers.

7-5) Les sols salsodiques (sol halomorphes)

a. Les sols halomorphes

Sols halomorphes s'observent fréquemment dans les hautes plaines et même localement dans l'atlas saharien, les terrasses, les zones d'épandages et les dépressions à nappe phréatiques salée. Ces sols sont dus aux conditions arides et semi-arides qui fournissent la réserve des sols. Ils se caractérisent par les espèces susceptible de supporter la salure : telle que les halophytes. Selon OZENDA (1982), les steppes salées forment une ceinture irrégulière au tour des grandes dépressions.

b. Sols alcalins lessivés : solonetz

Le lessivage des argiles sodiques intervient sous l'action des eaux de pluie, de sorte que le profil prend un aspect plus différencié ; un horizon A_2 , partiellement décoloré, limoneux et mal structuré, se forme à la partie supérieure de profil. Dans cet horizon, le pH baisse fortement par suite de l'entraînement partiel des ions Na^+ (pH 7 à 8). Il surmonte immédiatement l'horizon nitrique, à structure en colonnes sont recouvertes d'un revêtement amorphe formé d'un mélange d'argiles partiellement dégradées et non orientées optiquement, de gels silicatés et d'humâtes sodiques.

Cet horizon est fortement alcalin, l'ion Na^+ représentant plus de 15% de la garniture ionique du complexe.

c. Sols alcalins dégradés : solth ou solod

C'est le stade ultime de l'évolution du solonetz qui aboutit à une acidification marquée des horizons supérieurs, la base de l'horizon B_1 pouvant encore conserver son caractère alcalin primitif : il n'est pas rare que le pH soit de l'ordre de 5 en surface, atteigne 7 à la partie supérieure de B_1 et caractérisés par la disparition presque complète de l'ion Na^+ du complexe, l'ion Mg^{++} étant par contre resté abondant; ceci apparente un tel profil au planosol solodique, terme ultime de l'évaluation des sols alcalins en milieu à hydromorphie d'eau douce.

Les profils de soloth sont encore de type Abt, mais ils se caractérisent par une généralisation du processus de dégradation.

8. Pollution du sol

La pollution du sol correspond à l'accumulation de composés toxiques : produits chimiques, sels, matières radioactives ou agents pathogènes qui, tous ont des effets nocifs sur la croissance des plantes et la santé des animaux. L'utilisation accrue d'engrais et de nombreux insecticides et fongicides après la fin de la seconde guerre mondiale est, depuis les années 1960, source d'inquiétude sur l'état des sols.

Certes, l'application d'engrais contenant les principaux éléments nutritifs, à savoir azote, phosphore et potassium, n'a pas, globalement, contribué à la pollution des sols ; cependant, les apports excessifs d'engrais azotés et de phosphore contribuent à la pollution des eaux ; de

même, l'utilisation excessive d'oligo-éléments peut nuire à l'état des sols. L'irrigation des terres arides mène souvent à une pollution par le sel. Dans un passé récent, le soufre provenant de déchets industriels a pollué certains sols, de même que la pulvérisation des cultures avec de l'arséniate de plomb a conduit à l'accumulation d'arsenic, de nos jours, les épandages excessifs de matières organique, fumier, lisier en plus des apports d'engrais minéraux, conduisent à une pollution par excès de nitrates que les eaux de pluies entraînent vers les nappes phréatiques et les cours d'eau, rappelons aussi le grave problème de la pollution par les matières radioactives, iode 131, césium 137 par exemple, éléments répandus dans l'atmosphère lors de la catastrophe de Tchernobyl et qui sont concentrés par les végétaux et les animaux herbivores, puis par les carnivores. En fin, l'emploi excessif d'insecticides organochlorés pose de graves problèmes dans la mesure où ces composés se dégradent lentement et de plus s'accumulent progressivement dans la chaîne alimentaire dont l'homme et le maillon terminal. (NARBONNE, 2004)

-Pollution des sols par les pesticides :

Les pesticides (insecticides, raticides, fongicides, et herbicides) sont des composés chimiques dotés de propriétés toxicologiques, utilisés par les agriculteurs pour lutter contre les animaux (insectes, rongeurs) ou plantation. Le premier usage intensif d'un pesticide, le DDT, remonte à l'époque de la seconde guerre mondiale.

La pollution par pesticides et des polluants organiques est principalement perçue au travers de leur présence dans les eaux et dans les denrées alimentaires.

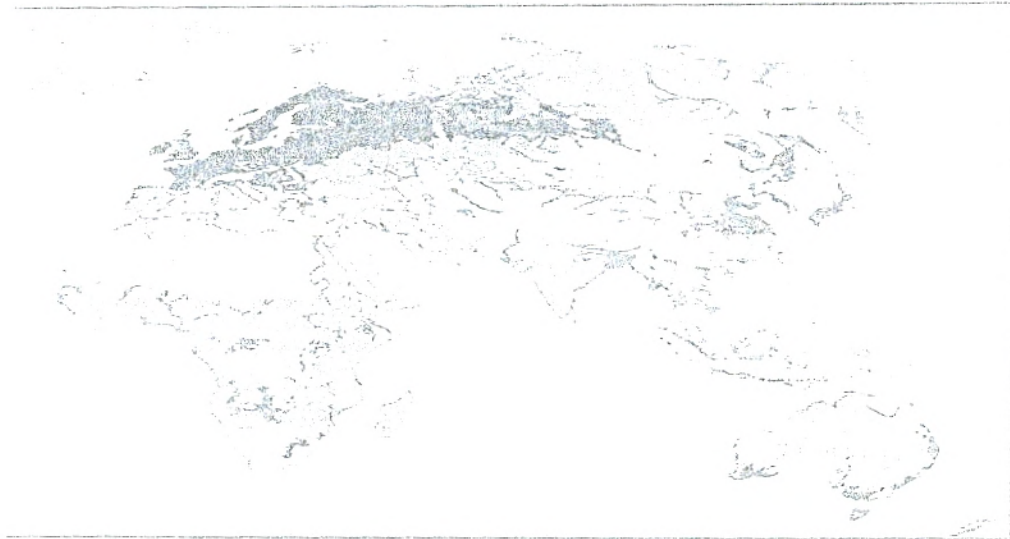
Cependant, beaucoup de polluants transitent par les sols ou leur comportement va conditionner la manifestation de leur caractère polluant. La réduction de leur impact sur l'environnement nécessite de comprendre les processus aux quels ils sont soumis dans sols, principalement, les processus de rétention et de stabilisation, ceux de transformation, ainsi que les phénomènes de transfert. Les mécanismes de détoxification des sols, base de leur pouvoir épurateur, reposent sur l'aptitude de micro-organismes des sols à dégrader les polluants. Cependant, d'autres phénomènes sont à l'origine de la stabilisation des polluants sous forme de résidus non extractibles appelés couramment « résidu liés » (association française d'étude des sols, 1996)

-pollution des sols par les engrais :














Toute matière qui augmente la fertilité du sol, en constituant un aliment supplémentaire pour les plantes.

On distingue :

- ❖ Les engrais naturels : fumier, eaux usées, guano.
- ❖ Les engrais chimiques : nitrates, phosphates...etc.
- ❖ Les engrais catalytiques
- ❖ Les engrais verts ou verdages.



⊕ Domaine à couverture pédologique continue - sols développés

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | Podzols et sols podzoliques |  | Sols subdésertiques (aridisols) |
|  | Sols lessivés et brun-lessivés |  | Sols salés |
|  | Sols gris forestiers |  | Sols rouges et bruns ferrallitiques |
|  | Sols lessivés subtropicaux (ultisols) |  | Sols ferrugineux tropicaux (héritages ferrallitiques) |
|  | Vertisols |  | Planosols |
|  | Tchernozeams et sols isohumides |  | Sols alluviaux, sols hydromorphes |
|  | Sols ferrugineux tropicaux (héritages ferrallitiques) | | |

⊕ Domaines à couverture pédologique discontinue (affleurement rocheux) ou à sols peu développés (climat trop sec ou trop froid, pentes trop fortes)

Déserts : sols minéraux bruts, sols peu évolués (associés à des sols variés résultant d'héritages paléoclimatiques)

Zones où le gel est permanent en profondeur : cryosols, sols à gley tourbeux, podzols hydromorphes

Zones montagneuses : sols minéraux bruts, rankers, associés à des sols très variés (sols podzoliques, andosols...)

⊕ Domaines où les sols sont absents

Glaciers



Lacs, mers, océans

Carte 01 : sols du monde

9. Propriétés physiques du sol :

9.1. La Texture :

La texture est définie par les proportions relatives % de particules argileuses, limoneuses et sableuses qui constituent la terre fine de l'horizon.

Les classes de dimensions les plus couramment utilisées pour classer granulométriquement ces particules sont les suivantes :

Tableau 06 : classes granulométrique des particules du sol

| Classe granulométrique | Dimension (en μm) |
|------------------------|-------------------------------|
| Argile | <2 |
| Limon fin | 2- 20 |
| Limon grossier | 20- 50 |
| Sable fin | 50 -200 |
| Sable grossier | 200- 2000 |

Argile, limon et sable constituent la terre fine, par opposition aux éléments grossiers qui comportent les fractions suivantes :

Tableau07 : dénomination du sol aux éléments grossiers

| Dénomination | Dimension (en cm) |
|--------------|-------------------|
| Graviers | 0,2 à 2 cm |
| Cailloux | 2 à 7,5 cm |
| Pierres | 7,5 à 20 cm |
| Blocs | Plus de 20 cm |

a. Classe Texturales :

La texture s'apprécie sur le terrain ou être déduite d'une analyse granulométrique (laboratoire).

La détermination de la texture permet d'attribuer au matériau observé le nom d'une classe texturale (exemple : limon fin, argile sableuse,...). Ces classes texturales sont définies et représentées sur des « triangles de texture ». (ANNEXE II)

b. Appréciation de la texture :

➤ Sur terrain :

L'appréciation tactile de la texture sur le terrain peut se faire en malaxant entre le pouce, l'index et le majeur quelques cm^3 de terre fin (il faut écarter au préalable tous les éléments grossiers de l'échantillon prélevé) empruntée à l'horizon à tester, en sachant que :

- Les argiles peuvent se pétrir en pâtons qui ne s'effritent pas dans la main. Le pâton colle un peu aux doigts, devient même très collant s'il est gorgé d'eau ; il est possible alors d'en faire un boudin assez fin (quelques mm de diamètre). A l'état sec, l'argile forme des blocs très durs et fortement cohérents, ne tachant pas les doigts, qui deviennent très difficile d'humecter au delà de 40% d'argile.
- Les sables grattent sous les doigts à partir de 0,1 mm. Si les sables sont dominants, il se peut que l'on n'arrive pas à confectionner une boulette ou un boudin. Les sables fins inférieurs à 0,1 mm ne grattent pas mais restent perceptibles par crissement à l'oreille (un limon humide sans sable ne crisse pas).
- Les sols riches en limons donnent, entre les doigts, des sensations d'onctuosité, le pâton est facilement malléable, s'écrasant par une pression faible. Les boudins se cassent vite à un fort diamètre. A l'état sec le limon est poussiéreux, dessèche et tache les doigts : des petits agrégats éclatent et se pulvérisent sous la pression des doigts.

Afin de déterminer le pourcentage d'argile, on peut effectuer le « test du boudin » il s'agit d'essayer de rouler l'échantillon de terre fine prélevé en un boudin de 5 à 10 mm de diamètre.

Tableau08 : l'échantillon de terre fine se forme d'un boudin selon le pourcentage d'argile

| | |
|---|--------------------------|
| Boudin impossible à fabriquer | Moins de 10-12% d'argile |
| Roulé sur la paume de la main, le boudin se fragmente | Moins de 18% d'argile |
| Le boudin ne se fragmente pas mais ne peut être enroulé en anneau | Entre 18 et 25 %d'argile |
| L'anneau peut être réalisé et ne se brise pas | Plus de 25- 30 %d'argile |

Afin de réaliser ce test, il faut veiller à avoir une humidité suffisante mais non excessive pour permettre le pétrissage : si trop sec, rajouter de l'eau ; si l'horizon est gorgé d'eau, le malaxage entre les doigts provoque un rapide et relatif assèchement.

L'appréciation tactile de la texture est une opération subjective et les impressions ressenties sont dépendantes de facteurs tels que : l'état d'humidité, la teneur en matière organique, ainsi des différences notables peuvent apparaître entre la dénomination texturale donnée sur le terrain et le résultat de l'analyse granulométrique. Voici quelques cas où il y a nette divergence :

- Un matériau riche en matières organiques humifiées donne une impression limoneuse :
- Certaines textures limono-sableuses (à sable très fin) sont ressenties différemment selon l'état d'humidité (plutôt comme sableuses à sec, plutôt comme limoneuses quand très humides).

➤ En laboratoire :

La texture est déterminée suite à une analyse granulométrique d'un échantillon de terre fine.

Il est à noter que différents traitements préalables (chimiques et ou aux ultrasons) sont appliqués à l'échantillon de manière à obtenir une bonne dispersion des particules. Ces traitements servant donc à désagréger complètement les agrégats, ce qui implique de détruire les « ponts » qui constituent le « complexe argilo-humique » : un premier traitement assure la destruction de la matière organique par l'eau oxygénée, un deuxième traitement utilisant un sel dispersant sera ensuite effectué.

e. Intérêt de l'appréciation de la texture :

La connaissance de la texture permet d'indiquer les tendances du sol quant à ses qualités physiques.

C'est ainsi que la texture a une influence primordiale sur le régime hydrique des sols :

- Sur la réserve utile maximale de chaque horizon, c'est-à-dire la quantité d'eau maximale dont la végétation peut disposer. Il est bien connu par exemple que les sols sableux ont de faibles réserves en eau.
- Sur la circulation de l'eau dans le sol : un sol riche en sable est perméable et filtrant, un horizon argileux peut former un obstacle à l'infiltration verticale de l'eau,...

En outre, la texture joue un rôle dans l'aération du sol et sa porosité (figure ?) : Une texture sableuse est le signe d'un sol bien aéré tandis qu'une texture trop argileuse sera le signe d'un milieu imperméable et mal aéré, formant alors un obstacle à la pénétration des racines.

La texture joue également un rôle majeurs vis-à-vis :

- de la richesse du sol : un sol sableux est pauvre en éléments nutritifs et possède une faible C.E.F (capacité d'échange cationique). L'argile permet d'augmenter cette C.E.F.
- de la stabilité structurale, de la résistance à l'érosion.

Tableau 09 : récapitulatif de la qualité de la terre et des types de sol

| | avantages | Inconvénients |
|----------|--|---|
| ARGILEUX | Retient l'eau et les éléments nutritifs nécessaires à la croissance des végétaux | Tantôt lourd et compact, tantôt sec et dur, c'est un sol difficile à travailler Mauvais drainage L'eau et l'air circulent mal Le sol se réchauffe difficilement au printemps |
| SABLEUX | Se travaille sans effort Se réchauffe rapidement | Laisse filer l'eau sans la retenir, d'où nécessité d'arrosages fréquents Stocke mal les éléments nutritifs |
| CALCAIRE | Sol drainant Convient à certaines plantes dites « calcéicoles » | Sol compact et très souvent caillouteux Difficile à travailler Ne garde pas facilement l'eau et les éléments nutritifs Manque généralement d'acidité |
| HUMIFÈRE | Sol riche en matières organiques Se travaille sans effort Retient bien l'eau et les éléments nutritifs sans devenir collant Se réchauffe rapidement | Manque un peu de corps Souvent acide |

d. La charge en éléments grossiers :

La présence d'éléments grossiers en quantité plus ou moins abondante peut induire des effets négatifs ou positifs :

- gêne pour les semis et les plantations ;
- diminution du volume prospectable par les racines et donc de réserve en eau (dans le cas particulier de la craie, l'abondance des éléments grossiers augmente, au contraire, la réserve en eau) ;
- une forte porosité n'intervient pas en tant que telle comme un obstacle à l'enracinement des arbres (nombre de beaux forêts sont installées sur des sols fort caillouteux). Par contre, la forme (aplatie ou arrondie,...) et la disposition (horizontale,...) des éléments grossiers influent de façon primordiale sur la capacité d'enracinement :

- rupture des remontées capillaires (blancs de graviers en situations alluviales....) ;
- obstacle ou gêne pour le travail du sol.

9.2. La structure du sol :

a. Généralités :

La structure d'un horizon se définit comme le mode d'arrangement des différentes particules solides (sables, limons, argiles, matières organiques) du sol et la conséquence de cet assemblage (formation d'agrégats).

Un agrégat est un agglomérat de particules dont la cohésion interne est assurée les argiles, le fer, les matières organiques et l'eau. Un agrégat est le résultat de l'organisation naturelle des constituants solides du sol.

Les agrégats qui correspondent au niveau de structuration le plus apparent peuvent être assemblés en ensemble plus grands constituant ainsi une sur-structure. Inversement, les mêmes agrégats se subdivisent souvent en agrégats plus petits délimités par des microfissures et qui ne se dégagent pas spontanément mais sous l'action des doigts ou d'un instrument (couteau) : il s'agit d'une sous-structure.

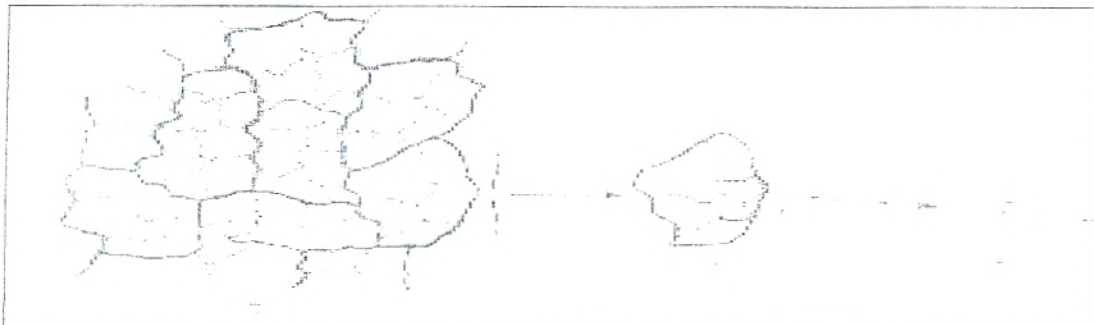


Figure 03 : structure, sur-structure et sous-structure

a) aspect générale

c) élément de la structure

b) élément de la sur-structure

d) élément de la sous-structure

La structure est donc en quelque sorte l'architecture intime de l'horizon, un état particulier qui lui confère une certaine porosité, d'où une certaine capacité et une certaine conductivité pour l'eau et pour l'air.

C'est de la structure que dépend la compacité de l'horizon et donc la facilité avec laquelle il sera pénétré par les racines.

La structure est plus ou moins solide et stable. Une bonne stabilité structurale permet au sol de résister à toutes les agressions physiques, à l'érosion, à la compaction.

Bref, grâce à sa structure, le sol est un substrat poreux favorable aux échanges avec l'atmosphère, indispensable à la vie.

b. Intérêt de l'observation de la structure :

Nous insistons sur l'importance considérable de la structure du sol et des horizons, pour la croissance des plantes et ce, par l'intermédiaire de quatre propriétés fortement liées entre-elles :

- le ressuyage naturel (drainage de l'eau de pluie dans le sol) .
- la rétention (réserve) en eau du sol.
- la porosité et l'aération du sol.
- la distribution de l'enracinement.

c. Les facteurs de la structure :

Les facteurs influençant la structure du sol et sa stabilité sont de natures diverses : pédologiques, climatiques, biologiques ou anthropiques (humains).

9.3. La Porosité du sol :

La porosité d'un horizon, qui est en étroite relation avec les notions de réserve en eau, de circulation de l'eau et de l'air ou encore d'enracinement, peut être définie par l'ensemble des vides que comportent cet horizon. En d'autres termes, c'est le volume occupé par les constituants liquides et gazeux ; ce sont aussi les voies des transferts solides, liquides et gazeux, ainsi que de l'activité biologique.

D'après la taille des vides, on distingue deux types de porosités

- La macroporosité : l'eau y peut circuler par gravité (le diamètre des vides dépasse généralement les 6 à 10 μm).
- La microporosité : l'eau y circule par capillarité. C'est dans la microporosité qu'est retenue l'essentiel de l'eau que les plantes consomment au fur et à mesure de leurs besoins.

9.4. L'eau du sol :

L'eau dans le sol peut se trouver sous 3 états :

- L'eau de gravité ou de saturation, occupait la macroporosité du sol.
- L'eau utilisable par la plante
- L'eau inutilisable par la plante



Figure 04 : trois états de l'eau dans le sol

➤ **Forces agissant sur l'eau du sol :**

Trois forces sur l'eau du sol : la gravité, la succion des racines, la succion de la terre.

si l'eau du sol peut se trouve sous ces 3 états, c'est que s'exercent sur elle des forces d'intensité variable.

L'eau formant autour des éléments solides des films d'épaisseur variable, la force qu'exerce le solide sur une molécule d'eau est d'autant plus intense que cette molécule est plus proche de lui.

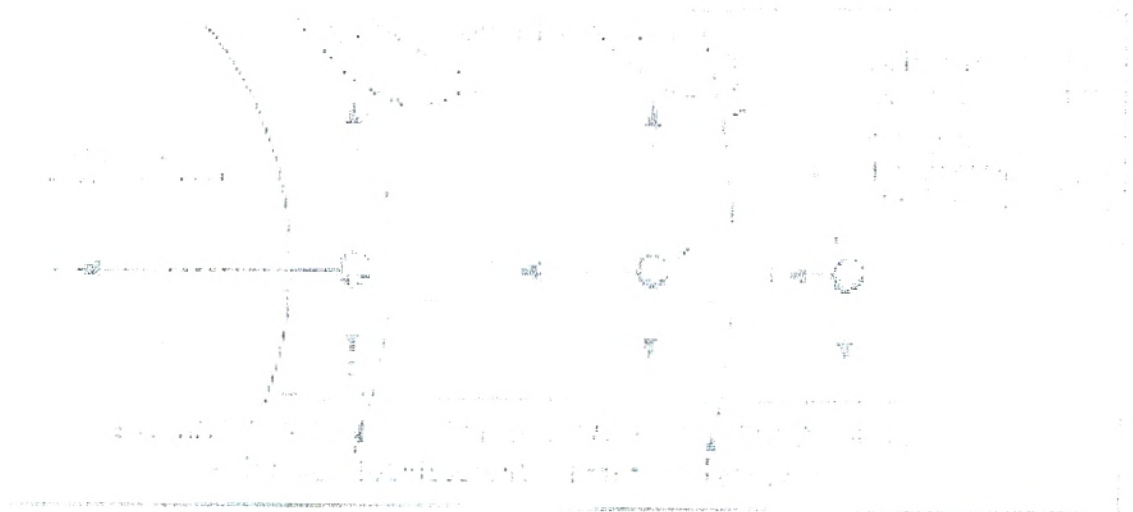


Figure 05: trois forces s'exerçant sur l'eau du sol

9.5. L'aération du sol :

L'aération du sol est un échange gazeux fort important car :

Elle assure la respiration des microorganismes aérobies du sol et des racines ;

Elle conditionne de nombreux phénomènes chimiques d'oxydo-réduction qui ont une incidence directe soit sur la pédogenèse soit sur la chimie du sol et la disponibilité des éléments nutritifs.

L'air du sol occupe tous les vides que n'occupe pas l'eau

La quantité d'air contenu dans le sol dépend donc :

- De la texture, qui influe surtout sur la microporosité ;
- De la structure, dont dépend surtout la macroporosité ;
- De l'humidité du sol, celle-ci dépendant à la fois de la texture et de la structure du sol.

10. Propriétés chimiques du sol :

Les propriétés chimiques des sols sont fortement corrélées avec le climat. Plusieurs propriétés peuvent être prises en compte: le pH du sol, la matière organique présent dans le sol, les rôles de la matière organique (le complexe argilo-humique et la Capacité d'Echange Cationique (CEC)).

Les végétaux puisent dans le sol une partie des éléments nécessaires a leur développement ; ces éléments sont assimilés sous forme d'ions en solution dans le sol (état soluble dans l'eau du sol) ; outre la partie soluble, il existe d'autres états dans lesquels on peut trouver ces éléments :

- adsorbés sur le complexe d'échange
- insolubilisés sous des formes diverses
- constituants des minéraux primaires et secondaires

De nombreux facteurs vont interagir avec la solution du sol : activité biologique, matière organique, apports de fertilisants, mais aussi le pH. Dans un objectif de production végétale, comprendre les variations d'états de la chimie du sol permet de comprendre, entre autres, comment les éléments peuvent être plus ou moins disponibles pour les plantes.

10.1. pH du sol :

Le pH d'un sol est une mesure de l'acidité du sol, ou la concentration hydrogène (H⁺).

Le pH est important pour plusieurs raisons :

La disponibilité des éléments nutritifs

Les problèmes de toxicité.

Le pH d'un sol est le résultat de la composition du sol (sol calcaire, résineux...) et de ce qu'il reçoit (pluie, engrais...). Il a une influence sur l'assimilation des nutriments et oligo-éléments par une plante.

Pour avoir de bonnes conditions de production, le pH du sol d'un étang ne doit être ni trop acide ni trop alcalin. Il devrait se situer de préférence entre pH 6,5 et pH 8,5. Les sols ayant un pH inférieur à 5,5 sont trop acides et les sols ayant un pH supérieur à 9,5 sont trop alcalins.

Connaissant ces deux propriétés (texture et pH) il est possible de tracer les grandes lignes de la fertilité d'un sol et de son comportement.

Tableau 10: type du sol selon leur pH

| Valeur de pH | Statut acido-basique |
|----------------------------|-------------------------------|
| $\text{pH} \leq 5,5$ | Sol très acide |
| $5,5 < \text{pH} \leq 6,0$ | Sol acide |
| $6,0 < \text{pH} \leq 6,5$ | Sol peu acide |
| $6,5 < \text{pH} \leq 7,0$ | Sol neutre |
| $7,0 < \text{pH} \leq 7,5$ | Sol peu alcalin (peu basique) |
| $\text{pH} > 7,5$ | Sol alcalin (basique) |

10.2. Matière organique du sol :

Regroupe l'ensemble des constituants organiques morts ou vivants, d'origine végétale, animale ou microbienne, transformés ou non, présents dans le sol. Elles représentent en général 1 à 10 % de la masse des sols. Elles se répartissent en trois groupes (1) :

- les Matières Organiques Vivantes (MOV), animale, végétale, fongique et microbienne, englobent la totalité de la biomasse en activité (racines, vers de terres, microflore du sol...),
- les débris d'origine végétale (résidus végétaux, exsudats), animale (déjections, cadavres), fongique et microbienne (cadavres, exsudats) appelés «Matières Organiques fraîches ». Associés aux composés organiques intermédiaires issus de l'activité de la biomasse microbienne, appelés produits transitoires (évolution de la matière organique fraîche), elles composent les MO facilement décomposables.

Des composés organiques stabilisés (« MO stable »), les matières humiques ou humus, provenant de l'évolution des matières précédentes. La partie humus représente 70 à 90 % du total.

10.3. Les rôles des matières organiques du sol :

➤ Le complexe argilo-humique :

Le complexe argilo-humique (CAH), aussi appelé "complexe adsorbant", est l'ensemble des forces qui retiennent les cations échangeables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ ...) sur la surface des constituants minéraux et organiques des sols (le mélange de minéraux argileux et d'humus constituant le "complexe argilo-humique" à proprement parler). Ces cations peuvent s'échanger avec la solution du sol et les plantes et constituent le réservoir de fertilité chimique du sol, c'est ce qu'on appelle la capacité d'échange cationique.

On trouve ces complexes dans les agrégats constitutifs du sol où ils jouent un rôle écologique et agronomique majeur. Ils sont essentiellement d'origine biogénique (créés par le vivant) expliquent la stabilité (résistance à la pluie par exemple) et la productivité exceptionnelle des sols riches en humus et en matière organique. Ils protègent très efficacement les sols qui en contiennent de la battance des pluies ou de l'excès d'humidité.

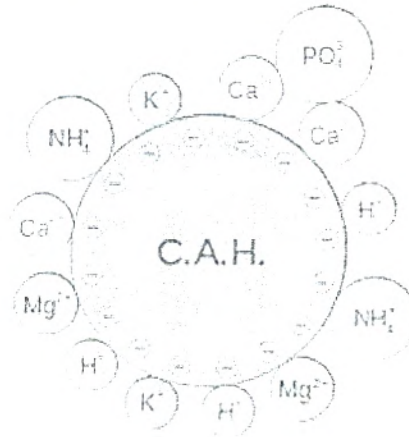


Figure 06: Modélisation du complexe argilo-humique et d'ions adsorbés

➤ La capacité d'échange cationique :

La capacité d'échange cationique (CEC ou T pour capacité totale) d'un sol est la quantité de cations que celui-ci peut retenir sur son complexe adsorbant à un pH donné.

La CEC correspond donc au nombre de sites négatifs proposés à l'adsorption par l'argile et l'humus du sol. Chaque sol a une CEC bien précise qui correspond à la quantité de cations qu'il peut fixer, à un pH donné. Ces cations peuvent être des acides faibles ou des acides forts (H_3O^+ notamment). Il est préférable que ce soit des acides faibles qui occupent les sites de fixation : Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , NH_4^+ car ceux-ci sont les plus intéressants d'un point de vue nutritif pour la plante... Plus le sol est riche en argile et matière organique, plus sa CEC est importante.

La CEC est fortement liée au rapport C/N et au pH du sol.

La capacité d'échange cationique exprime également la capacité d'un sol à résister aux changements de pH (capacité tampon) et est fortement liée à sa composition (sol minéral à CEC généralement faible ou sol organique à CEC souvent élevée).

Cette mesure est utilisée en agronomie ou dans les sciences traitant du sol (la pédologie par exemple). La capacité d'échange cationique est liée à la somme des bases échangeables par le taux de saturation du sol.

10.4. Les différents éléments nutritifs :

Le sol, source d'une partie des éléments nécessaires au développement des végétaux

Pour se développer, les plantes prélèvent dans le milieu qui les entoure – air, eau, sol – les 18 éléments nécessaires à leur vie et à leur développement. 18 éléments sont donc nécessaires aux végétaux sur les 94 que l'on trouve sur la planète.

Les 3 éléments C, H, O représentent 98 % de la biomasse d'une plante.

Les 6 éléments de structure et macro éléments restants : N, P, K sont dit éléments majeurs en agronomie ; Ca, Mg, S sont couramment appelés éléments secondaires. Dans les 2 cas, majeurs et secondaires, ils sont absorbés en quantité importantes, avec des teneurs supérieures au g/kg MS d'une plante. Les éléments majeurs ont toutefois des teneurs plus importantes que les secondaires.

Les 9 autres sont appelés les Oligo éléments et ont des teneurs de l'ordre du mg ou du dixième de mg/kg de MS des plantes.

Les sels minéraux dissouts dans la solution du sol représentent l'aliment privilégié de la plante, elle les absorbe par le système racinaire sous forme d'anions et de cations, mais avec de différents degrés et selon des lois. Les résultats des études approfondies sur la composition minérale de différentes espèces végétales cultivées sur différents sols ont montré, que ni la présence ni la concentration d'un élément minéral dans une plante ne lui sont de bons critères de l'essentialité pour sa croissance ; les plantes absorbent des éléments qui ne sont pas nécessaires pour leur croissance et qui peuvent même être toxiques (GROS A., 1979).

Pour qu'un élément soit considéré essentiel, trois critères doivent être réunis :

- Une plante donnée doit être incapable d'accomplir son cycle en l'absence de l'élément minérale en question.
- Dans sa fonction, cet élément ne doit pas être remplaçable par un autre élément minéral.
- L'élément doit être directement impliqué dans le métabolisme de la plante- par exemple, comme un constituant essentiel de la plante tel qu'une enzyme –ou il doit être nécessaire dans une étape métabolique distincte telle qu'une réaction d'une enzyme (web07)

L'analyse des plantes a permis d'énumérer les éléments nutritifs essentiels, leur nombre varie de 19 à 29 et la list est ouverte ; on les divise globalement en deux groupes selon leurs quantités absorbées et non pas selon leurs importance ou leurs rôles :

Tableau 11 : classification des éléments nutritifs et leurs proportions dans M.S.V
(GROS A., 1979)

| Classification | Elément | Proportion présente dans la matière sèche végétale |
|----------------|---------|--|
| Macroéléments | C | 40 à 50 |
| | O | 42 à 44 |
| | H | 06 à 07 |
| | N | 06 à 07 |
| | P | 0,05 à 1 |
| | K | 0,3 à 03 |
| | Ca | 0,5 à 3,5 |
| | S | 0,1 à 0,5 |
| | Mg | 0,03 à 0,08 |
| | Na | 0,01 à 3,5 |
| | Si | 0,005 à 1,35 |
| Oligo-éléments | Cl | 0,15 à 0,25 |
| | Fe | |
| | Mn | |
| | Zn | |
| | Cu | |
| | B | 1 |
| | Br | |
| L | | |
| Mo | | |

10.5. Le rôle des éléments nutritifs :

Les constituants essentiels des tissus végétaux, oxygène, carbone, hydrogène, azote, phosphore, soufre, sont assemblés au cours de la synthèse organique.

Les cations – potassium K^+ , calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} – maintiennent dans le milieu interne un équilibre avec les anions.

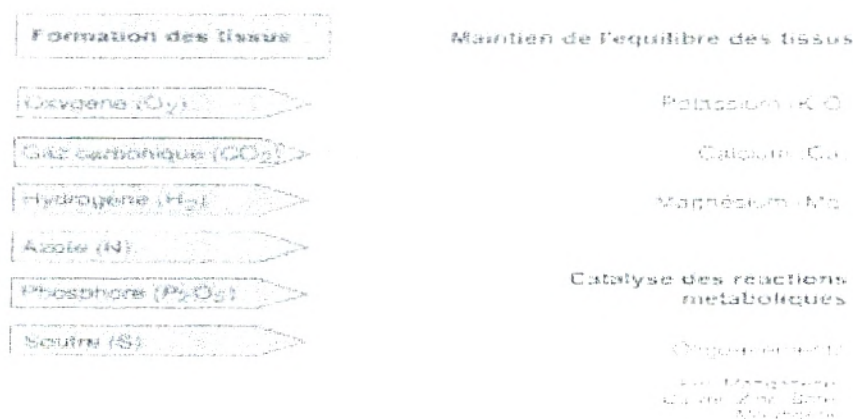


Figure 07: le rôle des éléments nutritifs

Dans ce qui suit, nous allons présenter, brièvement, les rôles physiologiques des éléments minéraux :

- **L'Azote : Facteur principale de croissance et déterminant des rendements**

L'Azote joue un rôle primordial dans le métabolisme des plantes. En effet, c'est le constituant numéro un des protéines qui sont les composés fondamentaux de la matière vivante. Le protoplasme de toutes les cellules vivantes contient des protéines, il est également requis dans d'autres composés vitaux pour la plante tels que la chlorophylle, les acides nucléiques et les enzymes. L'excès de l'Azote, par temps couvert et froid, entraîne l'accumulation des nitrates dans la plante. L'excès des nitrates dans le tissu végétal est néfaste pour la santé du consommateur (cas des légumes foliacés : laitue, céleri, épinard...).

- **Le phosphore : Facteur de croissance, Facteur de précocité, Facteur de qualité**

Cet élément joue les rôles suivants :

-Transfert d'énergie(ATP),

-Synthèse des acides nucléiques.

-Transmission des caractères héréditaires (acides nucléiques),photosynthèse.

-Dégradation des glucides.

C'est un élément essentiel pour la floraison, la nouaison, la précocité de la production, le grossissement des fruits et la maturation des graines. Il stimule la croissance prématurée et la formation des racines. Les légumineuses sont de grandes utilisatrices des engrais phosphatés.

- **Le potassium :** Régulateur de la fonction vitale de la croissance végétale, équilibre et santé

Il n'est pas incorporé dans les composés organiques comme l'Azote et phosphore mais a tendance à rester sous forme ionique dans les cellules et les tissus. Cet élément est très mobile dans la plante il est rapidement distribué dans les différents organes du végétale. Le potassium joue un rôle fondamental dans l'absorption des cations, dans l'accumulation et la translocation des hydrates de carbone et des protéines. L'organisation de la cellule, le maintien de la turgescence de la cellule et la régulation stomatique. Le potassium est un facteur de résistance des plantes au gel et à la sécheresse et aux maladies. C'est un activateur de plusieurs systèmes enzymatiques ;il est essentiel pour le transfert des assimilés vers les organes de réserve (bulbes et tubercules). Dans tous les conditions de stress, l'apport de potassium permet de corriger les perturbations éventuelles, il augmente la taille et la qualité des fruits et des grains, il est primordial pour une bonne qualité des fourrages.

- **Le calcium :**

C'est un constituant de près de 50% des cendres de la plante entière et essentiellement des parois cellulaires. Il joue un rôle dans la neutralisation des acides organiques.

- **Le Magnésium :**

C'est un constituant de la chlorophylle et, par conséquent, il joue un rôle important dans la photosynthèse. Le Magnésium active près de 300 processus enzymatique et en particulier celui lié au métabolisme des hydrates de carbone... Il agit sur la stabilité de la membrane cellulaire, sur la régulation du transport ionique interne, favorise la synthèse des protéines, des sucres et des lipides, régularise la réduction des nitrates et influence sur l'absorption et la translocation des phosphates. Le Mg^{2+} est mobile dans la plante et peut être transféré à partir des tissus âgés vers les jeunes tissus en cas d'une déficience.

- **Le Soufre :**

C'est un constituant des acides aminés ; il joue un rôle fondamentale dans le métabolisme des vitamines, il est un élément des produits responsables des odeurs et des saveurs de certaines plantes (ail, oignon, chou, haricot ...), il est indispensable pour la formation des nodules au niveau des racines des légumineuses et de ce fait il est essentiellement pour ces cultures.

- **Le Bore :**

- Il joue un rôle important au niveau de la formation et de la fertilité du pollen,
- Il participe à la synthèse des protéines,
- Il a un rôle fondamental dans différenciation des tissus méristématiques,
- Il régule le métabolisme des hydrates de carbone dans la plante.

- **Le Cuivre :**

- Stimulation de la germination et de la croissance,
- Renforcement des parois cellulaires,
- Catalyseur de la formation d'hormones de croissance,
- Activation de plusieurs systèmes enzymatique ; rôle essentiel dans la nitrification.

- **Le Fer :**

- Elément essentiel dans la formation de la chlorophylle,
- Rôle dans le transport d'oxygène (respiration),
- Catalyseur de plusieurs enzymes et activation de plusieurs processus
- Physiologiques tels que la respiration, la photosynthèse et la fixation symbiotique de l'Azote.

- **Le Manganèse :**

- Rôle dans la synthèse de la chlorophylle,
- Rôle dans la résistance au gel,
- Activateurs du nitrate réductase.

- **Le Molybdène :**

- Action essentielle dans l'assimilation de l'Azote,
- indispensable à l'activité nitrate réductase,
- indispensable pour les bactéries fixatrices de N₂ pour les légumineuses.

- **Le Zinc :**

- Rôle important dans la formation de plusieurs hormones de croissance,

- Stimulation de la croissance précoce et du développement des fruits,

- Constituant de plusieurs systèmes enzymatiques importants.

- **Le chlore :**

Il est requis au niveau des réactions photosynthétiques ; la déficience en chlore est rarement observée du fait de sa présence quasi-universelle dans la nature (GROS A., 1979) (web07)

Etude du milieu

I. Géographie Locale :

1. Caractéristiques sommaires de la wilaya de Tlemcen :

La wilaya de Tlemcen se situe à l'extrême nord-ouest Algérien entre 35° et 30° de latitude nord et entre 1,20 et 2,30 de longitude ouest, bordée au nord par la mer méditerranéenne, à l'est par les wilayas de Ain-Temouchent et Sidi-Bel-Abbes, au sud par celle de Naama et enfin à l'ouest par frontière Algéro-Marocaine.

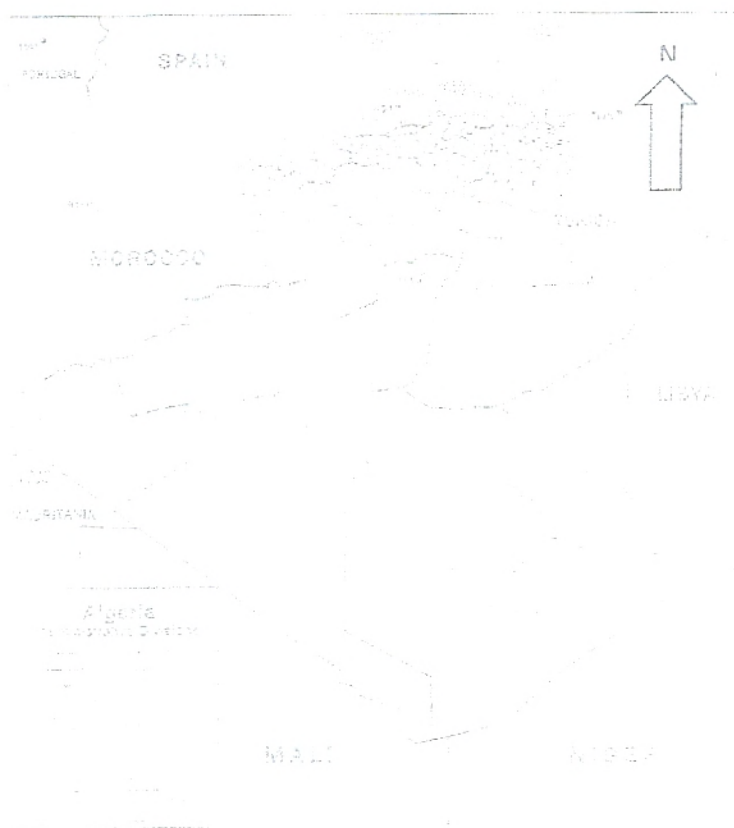
La wilaya de Tlemcen occupe une superficie de 9017 Km², elle comprend 20 daïras subdivisées en 53 communes, y compris notre zone d'étude : la commune D'EL-Fehoul.

L'agriculture dans la wilaya de Tlemcen occupe une superficie totale de 350.000ha dont 14.000ha sont irrigués, soit 4% de la superficie totale.

C'est une région essentiellement agricole, avec une production très variée (céréales, légumes, légumes secs, fruits, etc) et une production animale, principalement avicole.

La wilaya de Tlemcen est caractérisée par la production des agrumes....

Les ressources hydriques sont assurées par deux oued, oued Tafna et oued Isser. Et cinq barrages : El-Mafrouch, Beni Bahdel, Sekkak, Sid El-Abdelli et Bouhrara. a



Carte 02: Wilaya de Tlemcen

2. Situation géographique de la zone d'étude d'EL-Fehoul :

El-Fehoul Daira de Remchi. Cette zone se situe au nord-est de Tlemcen. entre $35^{\circ}10'$ nord de latitude et de $1^{\circ}15'$ ouest de longitude et sur 172 m d'altitude. Elle est limitée par :

Est : la wilaya d'Ain Témouchent

Sud : la commune de Bensekrane

Nord-ouest : la commune d'Ain Youcef

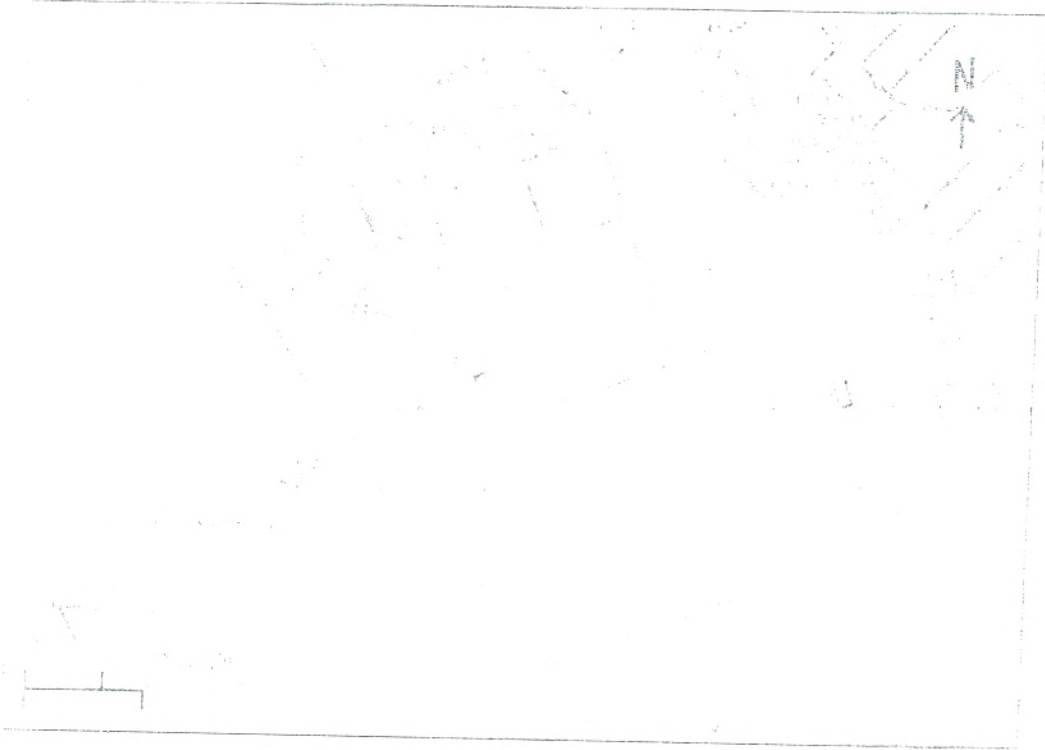
Nord : la commune de Sebaa Chioukh



Carte 03:situation géographique de la région d'El-Fehoul

3. Situation géographique de l'exploitation agricole :

L'exploitation BELAIDOUNI MOUHAMED est située au Sud-Ouest d'El-Fehoul, délimitée à l'Ouest, au nord et à l'Est par Oued Isser, au Sud par le chemin de la wilaya N° 38.



Carte 04 : vue satellitaire de la station d'étude

II. le climat :

On entend par climat, l'ensemble des phénomènes météorologiques dans l'atmosphère sur une période très étendue en un point donné, un lieu donné et en un temps donné.

Notre région est sous l'influence du climat méditerranéen, qui est un milieu transitoire entre la zone tempérée et la zone tropicale ; ce climat est caractérisé par la clémence des températures, le nombre élevé des jours ensoleillés sans pluies.

Sous ce climat, on peut distinguer plus ou moins deux périodes ou saisons différenciées ; un été très sec et très chaud, un hiver pluvieux et très frais. La température annuelle moyenne est de 25°C, la pluviosité annuelle moyenne est de 600 mm, avec des vents violents comme le sirocco (un vent chaud et sec qui vient du sud rempli de sable) et le vent de l'est.

• Les précipitations :

La pluviosité est définie comme étant le facteur primordial qui permet de déterminer le type du climat (DJEBAÏLI, 1978).

Les précipitations représentent pour nous « êtres vivants », l'une de nos fournisseurs en eau ; elles influencent la végétation et leur présence, agit sur le développement des sols, les

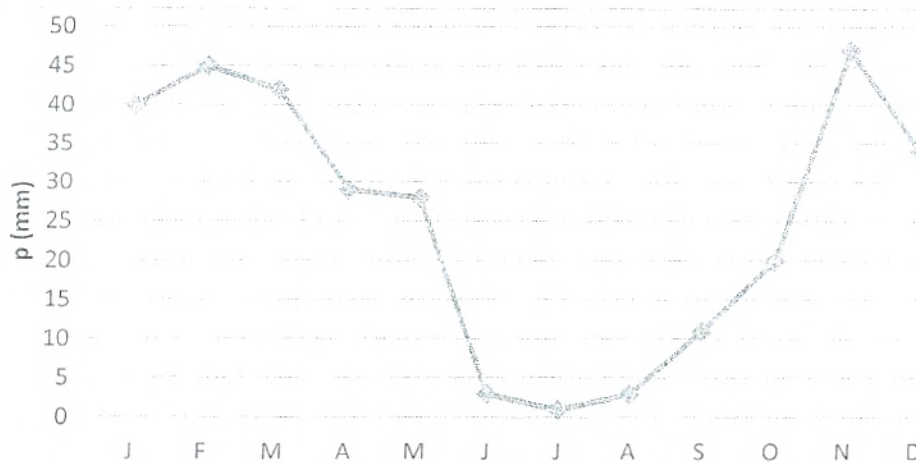
précipitations peuvent avoir plusieurs formes selon, les températures de l'atmosphère, l'altitude de la région, on définit la pluviosité comme étant, la quantité d'eau reçue par le sol sous sa forme liquide par unité de surface. On la mesure à l'aide d'un pluviomètre et elle s'exprime en millimètres.

La région de Tlemcen se trouve sous l'influence du climat méditerranéen dont les précipitations sont irrégulières. La région de Remchi est caractérisée par une faible pluviosité et des précipitations très irrégulières.

Les tranches pluviométriques diffèrent d'une région à une autre selon : l'altitude, le couvert végétal et sa densité. Par exemple ; dans le subhumide, plus on monte en altitude plus les tranches pluviométriques sont importantes (de 20 à 30 mm tous les 100 m) ; par contre dans le semi-aride, cette valeur est plus faible (de 10 à 15mm tout les 100 m) (OZOUF M, PINCHEMEL M., 1961).

Tableau 12: précipitation moyenne mensuelles

| Station | Mois | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---------------|-----------|------|------|------|-----|------|-----|-----|----|-----|------|------|-------|
| El fehoul | P(m m) | 40,9 | 45,5 | 42,4 | 29, | 28,2 | 3,5 | 1,2 | 3, | 11, | 20,4 | 47,2 | 34,86 |
| 1982- 2009 | | 5 | 2 | 6 | 7 | 1 | 6 | 4 | 9 | 8 | 7 | 3 | |



Graphé 01 : Variation de la précipitation moyenne mensuelle (EL-Fehoul)

D'après le tableau 12 ci-dessus, on remarque que :

Les mois les plus pluvieux sont ceux allant de Novembre à Mars et les mois de Juin, Juillet, Aout sont relativement secs. La moyenne des précipitations annuelles est de 309,9 mm.

Le régime des précipitations dans la région d'EL Fehoul reflète un climat méditerranéen avec un premier maximum de pluies en hiver et un second au printemps.

Tableau 13 : Répartition de la pluviométrie sur les quatre saisons

| Saison | Automne | Hiver | Printemps | Eté |
|--------|---------|--------|-----------|-------|
| P (mm) | 102,56 | 128,93 | 61,47 | 16,94 |

A partir de ce tableau on remarque que c'est l'hiver qui reçoit la majeure partie de la pluviosité annuelle qui est de 128,93 mm et c'est aussi la saison la plus régulièrement pluvieuse. L'automne reçoit 102,56 mm de précipitation, alors que, le printemps n'en reçoit que 61,47 mm, et elle est de 16,94 mm en été.

• la température

C'est un élément vital pour le couvert végétal, elle intervient dans le déroulement de tous les processus : la croissance, la reproduction, et par conséquent, la répartition géographique.

Du point de vue pratique, la température est celle réalisée sur un thermomètre à mercure placé à l'abri du rayonnement du soleil et des vents. Cette mesure journalière peut être faite, soit à un intervalle horaire précis (exemple, toutes les deux heures), soit selon des moments de la journée (exemple, le matin après le lever du soleil, à midi lorsque le soleil est au zénith, le soir avant le coucher du soleil). A la fin de la journée, on fait une moyenne des températures relevées.

A partir de ces mesures journalières on détermine :

-la moyenne des «minima» du mois le plus froid (m) ; c'est la température la plus basse mesurée, appelée aussi variance thermique.

-la moyenne des «maxima» du mois le plus chaude (M) ; c'est la température la plus élevée mesurée, appelée aussi sous variance thermique (OZOUF M, PINCHEMEL Ph., 1961).

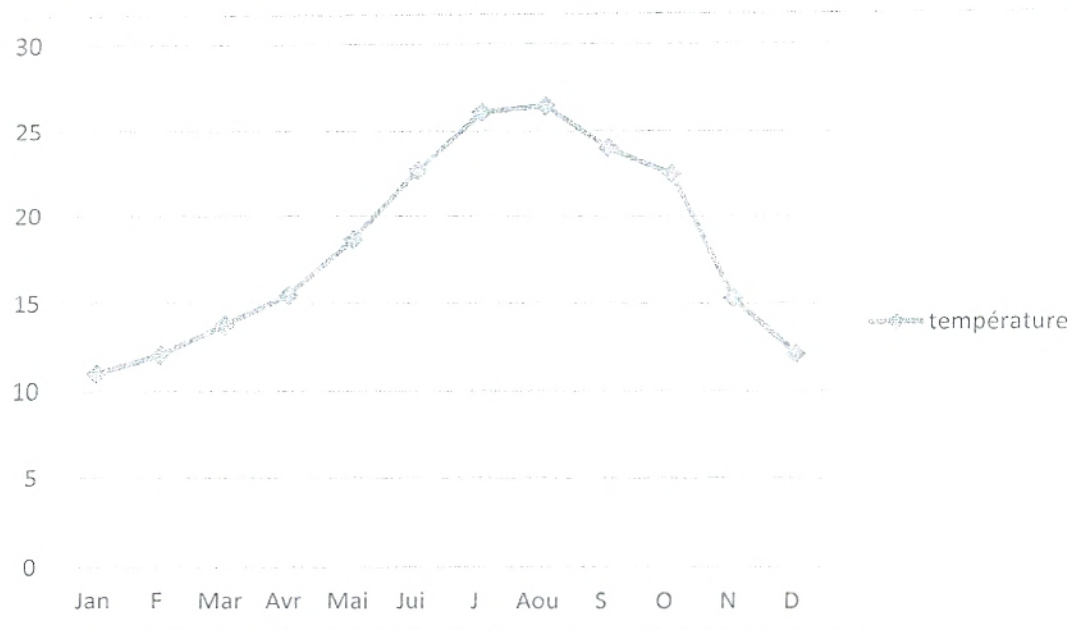
Tableau 14 : températures minimales et maximale mensuelles pour la période 1982-2009

| Mois | J | F | M | A | M | J | Jt | A | S | O | N | D |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| M (C°) | 16,52 | 17,65 | 19,98 | 21,86 | 24,81 | 29,07 | 32,86 | 32,77 | 30,00 | 25,24 | 20,76 | 17,51 |
| m (C°) | 5,47 | 6,48 | 7,62 | 9,14 | 12,59 | 16,38 | 19,41 | 20,19 | 18,02 | 19,25 | 9,91 | 6,75 |

Source : station météorologique de Zenata

Tableau 15: température moyennes mensuelles

| Mois | J | F | M | A | M | J | Jt | A | S | O | N | D |
|----------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| (M+m) / 2 (C°) | 10,99 | 12,06 | 13,8 | 15,50 | 18,70 | 22,72 | 26,13 | 26,48 | 24,04 | 22,54 | 15,33 | 12,13 |



Graphique 02 : température moyennes mensuelle

(M+m) □ 2 représente la température moyenne mensuelle exprimée en (C°).

A partir des tableaux 14 et 15, on remarque que la période froide s'étale du mois de Novembre au mois de Mars, alors que la période la plus chaude s'étale entre le mois de juin et le mois de septembre. Le mois le plus chaud de l'année est celui du mois d'Aout et le mois le plus froid est celui du mois de janvier.

La température moyenne mensuelle maximale atteint 32,86 C°, alors que la température moyenne mensuelle minimale descend jusqu'à 5,47 C°.

De ces résultats de températures, on constate qu'elles sont aussi bien élevées que basses, et que même les périodes chaudes et froides sont longues. Cela est du probablement à l'altitude de la région.

- **La synthèse bioclimatique :**

Cette synthèse se base sur l'importance des facteurs climatiques (températures, précipitation), et son influence sur le milieu donne lieu à de très nombreuses applications pratiques.

Elle permet de :

- ✓ Bien distinguer le microclimat de la zone ;
- ✓ Bien comprendre la distribution naturelle des végétaux, l'existence de telles espèces dans tel lieu et donc de tirer des exigences climatiques,
- ✓ Déterminer les espèces qui peuvent être cultivées ou introduit dans la zone d'étude.
- ✓ Prévoir et planifier le travail du sol,

Elle permet de mieux distinguer la relation entre le type agricole et le type climatique.

Cette synthèse peut se faire par diverses méthodes :

1. La division du climat en étages bioclimatiques en fonction des précipitations moyennes annuelles (en mm) ;
2. La subdivision des étages climatiques en sous étages en fonction des moyennes des minima du mois le plus froid (mC°).
3. La subdivision des sous étages bioclimatiques en sous variances thermiques en fonction des moyennes des maxima du mois le plus chaud (MC°) (HOUEROU HN et al, 1977).

Elle peut se faire à partir :

Du diagramme ombrothermique BAGNOULS et GAUSSEN (1953), qui nous permet de déterminer la période sèche, et quotient pluviothermique et climagramme d'EMBERGER (1952), qui nous permet de situer la zone d'étude au niveau de l'étage bioclimatique approprié.

Ces deux derniers indices sont les plus adaptés et demeurent exceptionnels au climat méditerranéen.

En fonction du diagramme ombrothermique BAGNOULS et GAUSSEN (1953)

Le diagramme ombrothermique nous permet de déterminer la période sèche, par une présentation graphique, qui porte en abscisse les mois de l'année et en ordonnées ; à droite les précipitations P des mois exprimée en mm, et à gauche les températures T exprimées en $^{\circ}C$ (graphe 01).

Selon (BAGNOULS et GAUSSEN, 1953) : un mois est dit biologiquement sec, si le total mensuel des précipitations exprimées en mm est égal ou inférieur au double de la température moyenne, exprimée en $^{\circ}C$, soit $P \leq 2T$.

T : moyenne thermique de la journée, ($T = M + m \div 2$).

Tableau 16 : les températures et précipitations moyennes mensuelles pour la période 1982-2005

| Mois | J | F | M | A | M | J | Jt | A | S | O | N | D |
|----------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T ($^{\circ}C$) | 10,99 | 12,06 | 13,8 | 15,5 | 18,7 | 22,72 | 26,13 | 26,48 | 24,04 | 22,54 | 15,33 | 12,13 |
| P (mm) | 40,95 | 45,52 | 42,46 | 29,7 | 28,21 | 3,56 | 1,24 | 3,90 | 11,80 | 20,47 | 47,23 | 34,86 |

Source : station météorologique de zenata

D'après le graphe 01 et le tableau 05. La saison sèche s'étale du début Avril jusqu'au mois d'octobre et par conséquent, la saison humide démarre du début du mois de Novembre jusqu'au mois de Mai, donc six mois humides et six mois secs.

On remarque deux pics pour les précipitations ; le premier en Février donc pendant l'hiver et, le second en novembre. Pour la température, il ya un seul pic. Pendant l'été au mois de juillet.

Ce graphe montre bien l'irrégularité des précipitations dans cette région et donc, du climat.



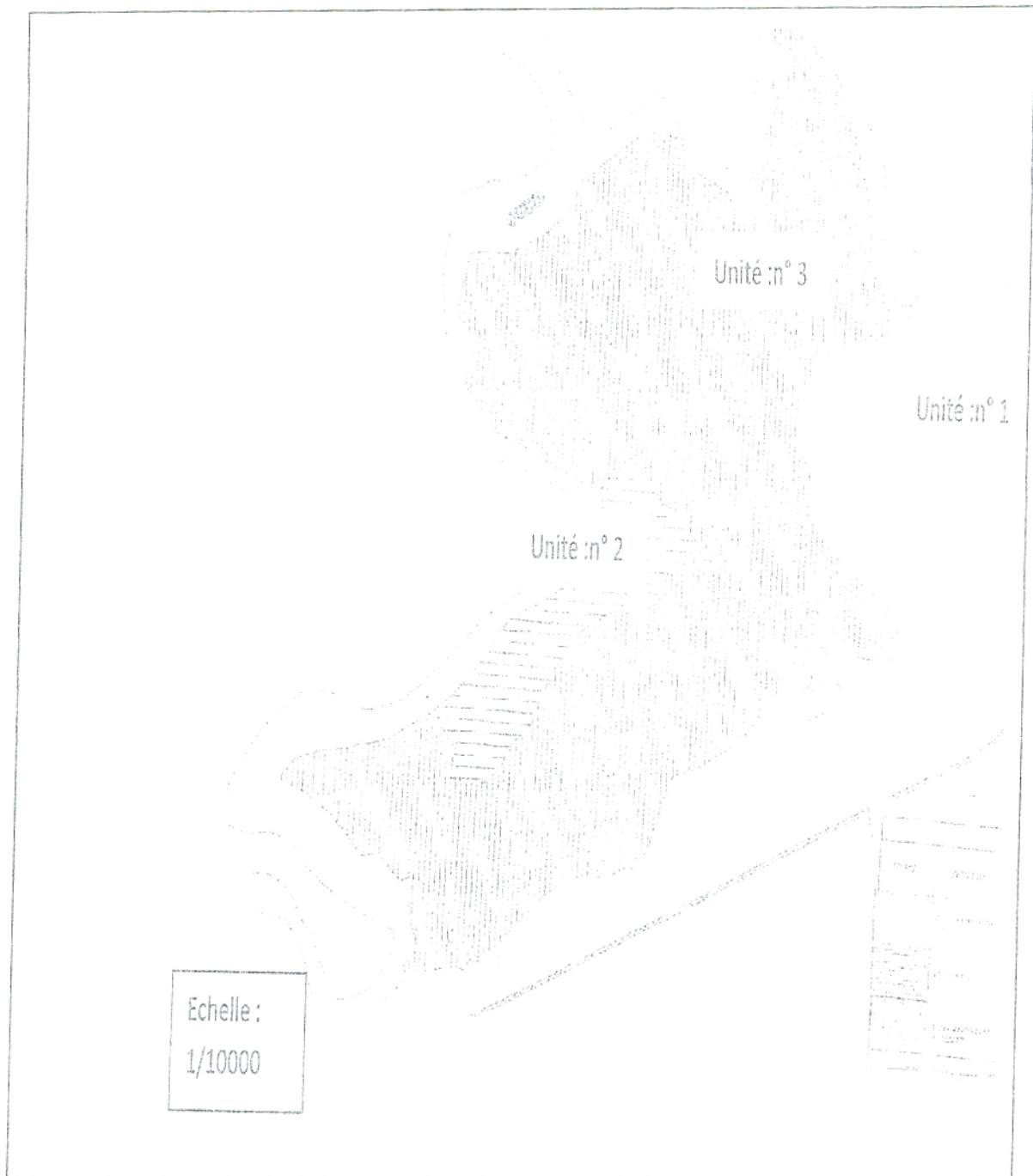
Graph 03 : diagramme ombrothermique de la région d'ELFHOUL de 1982-2009

III. caractéristique pédologiques de la ferme :

La couverture pédologique de la ferme BELAIDOUNE est formée principalement de sols d'apport alluvial.

En se basant sur des critères agronomiques, la couverture pédologique de cette ferme, est formée de trois grandes unités homogènes.

- Unité n°1 :
Les sols de cette unité montrent une texture dans son ensemble argilo-limoneuse, une compacité et une cohésion élevée. Ces sols présentent des caractères vertisoliques avec des propriétés favorables qui s'expriment par une fertilité chimique moyenne, des teneurs en matières organiques bien incorporées, pH légèrement alcalin et des bases échangeables dominées par le calcium.
- Unité n°2 :
Sur le plan physique, les sols de cette unité présentent une texture équilibrée, des teneurs en calcaires qu'il faut prendre en considération dans le calcul de la fumure et le choix de porte-greffe. Ces sols se caractérisent par la prédominance de l'ion calcique par rapport aux autres bases échangeables, et la fertilité chimique est faible.
- Unité n°3 :
Ces sols formés sur des matériaux sablonneux, se caractérisent par une répartition presque homogène de carbonate de calcium (ANONYME., 2004).



- Unité n°1 : texture argilo-limoneuse
- Unité n°2 : Texture équilibré
- Unité n°3 : Texture sablo-limoneuse à sableuse

Source : Anonyme, 2004

Carte 05: Pédologie de la ferme

IV. Description de la zone d'étude :

1. Vocation de la ferme :

La ferme s'étend sur une superficie totale de 211 ha dont la superficie agricole utile est de 203 ha.

La surface irriguée est de 185 ha réservée en grande partie à la viticulture avec une superficie de 116 ha dont seulement 1 ha de vigne de table et 115 ha de vigne de cuve, ce qui représente un taux d'occupation de 57,14% de la superficie totale (photo n°1).

En deuxième position on trouve l'agrumiculture avec une superficie de 50 ha soit 24.63% de la surface globale (photo n°2).

L'olivier troisième culture (photo n°3) de point de vue important d'occupation, est reparti comme suit :

10.30 ha en masse

10.37 Pieds en isolé



Verger de vigne



Verger d'agrumes



Verger d'olivier

Le verger de pistachier (photo n°04) en quatrième position avec une superficie réduit de 0.5 h

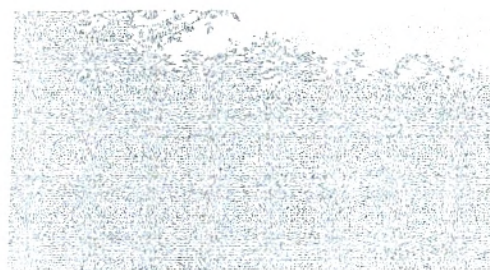


Photo n°04 : Verger de pistachier

La culture maraichère pour l'année 2001 occupe 13 ha, avec 13 ha réservé au pois chiche (photo n°05), 04 ha à la fève et 02 ha au petit pois.



Photon° 05 : pois chiche

La surface restante estimée a 13.20 est a sec, et réservée à la céréaliculture, le Blé dur (photo n°06) pour l'année 2011 avec une superficie de 10 ha ; 3.20 en jachère.



Photo n°06 : Blé dur

Le deuxième volet de production est penché vers le petit élevage présenté par l'apiculture (photo n°07) envisagée pour la production de miel et effectuent la plus grande part de la pollinisation des cultures entrainant une amélioration quantitatives et qualitatives de la production.



Photo n°07 : des ruches

11, rue Fernand BELAUDONNI Méd
93400 LA COURTOUXE
TÉLÉPHONE : 01 48 38 11 00



Source : Anonyme, 2004

Carte 06 : vocation de la ferme

2. Méthodes de travaux du sol :

Les différents vergers existants dans la ferme pilote sont conduites selon un système de sol nu travaillé mécaniquement. il s'agit essentiellement d'économiser l'eau, en détruisant systématiquement les plantes concurrentes et en limitant l'évaporation au niveau de la surface du sol, c'est la méthode traditionnelle du pourtour méditerranéen.

Le travail du sol se limite par un disquage et recroisages avec le matériel : covercrop, griffe, cultivateur.

Tableau 17: Travaux du sol dans la région d'étude.

| Indicateurs | Pression | Etat | Réponse |
|--------------|----------------------------------|---|--|
| Pédologiques | -sol nu travaillé mécaniquement. | -effets néfastes sur l'aération du sol et donc sur les possibilités de vie des racines. | -éviter le compactage lié à l'utilisation des tracteurs. -l'enherbement constitue une bonne solution. |

Les sols de la ferme sont pauvres en matière organique donc, on propose un petit élevage (vache laitier chèvre laitier etc...) pour les causes suivantes :

- fourniture en matière organique ;
- possibilités fourragés ;
- le lait de chèvre est très demandé ;
- la ferme à production et rendement intégré.

3-Irrigation :

Au niveau de la ferme pilote, on note la présence de deux bassins destinés à l'irrigation des parcelles avec des capacités respectives de 9000 et 5000 m³.

Leur alimentation est assuré par une source d'un débit 1L /s et d'un forage d'un débit de 3L /s.

Par définition l'irrigation c'est l'apport supplémentaire de l'eau à l'arbre. En principe cet apport doit être calculé en fonction de plusieurs paramètres exemple : la nature du sol, les besoins des espèces, l'évapotranspiration et la profondeur des racines.

Le but est donc de fournir à la plante l'eau nécessaire pour son développement et pour la fructification.

La ferme applique deux méthodes d'irrigation :

→Irrigation par rigole (segua) : c'est une méthode à utilisation facile et qui est peu exigeante en mains d'œuvres, mais, néanmoins, elle nécessite un nivellement dans les deux sens et la conduite de l'eau est délicate pour assurer un mouillage régulier.

→Irrigation par goutte à goutte ; communément appelé : le système d'irrigation localisé.

Tableau 18 : Irrigation dans la région d'étude.

| Indicateur | Pression | Etat | Réponse |
|------------------------------------|-----------------------|---|--|
| Hydrauliques ; gestion de l'eau | Irrigation par rigole | La conduite de l'eau est délicate pour assurer un mouillage régulier. | -utilisation de la goutte à goutte. -économiser de l'eau, humidification du sol permanente. -la fert-irrigation. |

Le meilleur système d'apport d'eau est le goutte à goutte car il est moins coûteux, très économique et permet une humidification du sol permanente.

Le principe de l'irrigation au goutte à goutte consiste à éliminer les pertes d'eau par percolation (MESSAHIEL., 1983)

L'apport des engrais dans l'eau d'irrigation, appelé (fertigation) ou (ferti-irrigation ou irrigation fertilisante) est devenu, depuis longtemps, une pratique commune en maraichage et en arboricultures fruitière algérienne, permettent d'atteindre un équilibre ionique optimale au niveau de la rhizosphère.

Les principaux avantages de la ferti-irrigation sont :

→Une économie de main d'œuvre pour l'application des engrais.

→une grande efficacité de l'utilisation de l'eau et des engrais (diminution du lessivage)

Matérielles et méthodes

I. Analyse de l'eau :

Les analyses physicochimiques de notre eau étudiée destinée à l'irrigation ont été réalisées au sein du laboratoire N°25 de chimie à l'université de Tlemcen.

Les analyses bactériologiques ont été faites au niveau du laboratoire de l'ADE d'Abou Techfine

L'étude de qualité de l'eau comporte trois étapes :

- ✓ Prélèvement échantillonnage
- ✓ Analyse
- ✓ Interprétation

Les techniques d'analyses utilisées sont celles décrites par RODIER, 2009 et les normes concernées pour l'eau.

I-Modes de prélèvement :

➤ Analyses physicochimiques :

Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière. L'emploi de flacons neufs. De préférence fermés au moyen de bouchons en polyéthylène.

L'usage des flacons jetables en verre ou en matière plastique s'est largement répandu. En raison des facilités qu'ils présentent pour le transport et de la possibilité de leur usage unique.

-Prélèvement à partir d'un robinet :

Si le but est le contrôle de l'eau distribuée, il est indispensable d'attendre que l'eau en stagnation dans les canalisations soit éliminée. En pratique, il convient d'ouvrir le robinet à débit maximum pendant 5 à 10 secondes puis de le ramener à un débit moyen pendant 2 minutes pour ensuite remplir la bouteille sans la refermer.

➤ Analyse bactériologique :

Un examen bactériologique ne peut être valablement interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile selon un mode opératoire précis évitant toute contamination accidentelle, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes.

Le récipient utilisé doit assurer, une fois bouché, une protection totale contre toute contamination. On peut utiliser des flacons en verre de 250ml hermétiquement fermés. Avant tout usage, ces flacons doivent être soigneusement lavés, séchés, puis stérilisés à l'autoclave pendant 30 minutes à 120°C et ensuite fermés au moyen de bouchons stérilisés.

-Prélèvement à partir d'un robinet :

Avant de procéder au prélèvement proprement dit, on doit se laver très soigneusement les mains et avant bras, les rincer à l'alcool, laisser sécher, puis faire flamber le robinet et laisser couler 3 à 5 minutes avant de faire le prélèvement. Ensuite faire flamber rapidement le bord du goulot du flacon, une fois rempli, le flacon doit être de nouveau flambé au niveau du goulot pour le refermer.

N.B :

Les échantillons prélevés doivent être clairement identifiés. Chaque bouteille porte une

Etiquette indiquant :

L'origine de l'eau,

La date et l'heure du prélèvement,

La température de l'air et de l'eau,

Le nom du point d'eau et la localisation précise.

2. Transport et conservation de l'échantillon :

Depuis le prélèvement jusqu'à l'analyse et contrôle, il faut prendre toutes les précautions pour stabiliser quantitativement et qualitativement la flore présente, au moment du prélèvement pour cela il faut :

-que le délai entre le prélèvement et l'analyse soit le plus court possible.

-une conservation à basse température pendant toute la durée du transport et du stockage.

-la conservation à basse température stabilise la microflore présente.

3. Méthode d'analyses organoleptiques :

3.1. Test de l'odeur :

L'odeur a été évaluée par simple sensation olfactive.

3.2. Teste de la saveur :

La saveur a été évaluée par dégustation de l'eau après avoir remplis une bouteille et refroidissement de l'eau.

3.3. Test de la couleur :

La couleur a été évaluée par simple observation oculaire de plusieurs bouteilles remplies d'eau prélevée.

4. Méthodes d'analyses physico-chimiques :

4.1. Mesure du pH :

La mesure de pH est effectuée par un pH mètre électronique relié à une électrode en verre.

L'électrode est introduite dans l'eau à analyser et la lecture se fait directement sur l'enregistreur électronique quand l'affichage est stabilisé.

4.2. Mesure de la conductivité :

Elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre à l'électrode constituée de deux lames carrées de 1cm de coté en platine, on émerge complètement l'électrode dans l'eau à analyser (Annexe III.1)

4.3. Mesure de la température :

Elle est mesurer à l'aide d'un thermomètre précis, gradué au 1/10 degrés, la lecture est faite après une immersion de 10mm.

4.4. Dosage de la dureté calcique :

➤ Principe :

Pour déterminer la dureté calcique on utilise l'EDTA comme complexant, auparavant on précipite le magnésium sous forme de $Mg(OH)_2$ ver un pH =12, par addition de la soude NaOH (Annexe III.3).

L'indicateur utilisé est sensible aux seuls ions de calcium, c'est le Murixide qui répond à cette condition.

4.5. Dosage de la dureté total (Titre Hydrométrique TH) :

➤ Principe :

Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe de type chélate par le sel Disodique de l'Acide Ethylène Diaminteracétique (EDTA).

La dureté totale détermine la concentration en calcium et du magnésium dissous (Annexe III.2).

4.6. Dosage des ions magnésium :

➤ Principe :

Connaissant la dureté totale d'une part et la dureté calcique d'autre part, il est facile de calculer la dureté magnésienne.



TH: Dureté totale,

TCa^{2+} : Dureté calcique,

TMg^{2+} : Dureté magnésienne.

4.7. Dosage des chlorures : Méthode de Mohr

➤ Principe :

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium, la fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent. (Annexe III.4).

4.8. Dosage des sulfates :

➤ Principe :

Les ions de sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum en présence de BaCl_2 . (Annexe III.7)



4.9. Dosage des bicarbonates (hydrogénocarbonates) :

L'ion bicarbonate est un anion ampholyte : il est la base dans le couple $\text{CO}_2/\text{HCO}_3^-$ et l'acide dans le couple

$\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$. Le dosage de cet ion se fera avec une solution d'acides chlorhydrique de concentration 0,1mol/L. (Annexe III.5)

4.10. Dosage du CO_2 dissout :

- Réactifs utilisés, mode opératoire : (Annexe III.8).
- Expression des résultats :

$$\text{CO}_2 = V_o \times 40$$

4.11. Dosage de l'ammoniaque :

L'ammoniaque est une solution aqueuse du gaz ammoniaque c'est un liquide incolore à odeur pénétrante et alcaline. (Annexe III.6)

4.12. Pourcentage en sodium :

L'usage agricole d'une eau exige un pourcentage en sodium inférieur à 60%, seuil maximal admissible. Ce pourcentage en Na^+ est donné par la relation suivante :

$$\text{Na \%} = [(\text{Na}^+ + \text{K}^+) 100] / [(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + (\text{Na}^{2+} + \text{K}^+))] \text{ en meq/L}$$

4.13. Le S.A.R :

Le risque est déterminé à partir de la valeur du sodium absorbable, « Sodium Absorption Ratio» (S.A.R).

Le S.A.R est donné par la formule ci-dessous, il est utilisé en combinaison avec la conductivité électrique de l'eau.

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}}$$

Tous les éléments sont exprimés en meq/ L.

S.A.R < 10 : eau excellente

10 < S.A.R < : bonne eau

18 < S.A.R < eau convenable

5. Méthode d'analyse bactériologique :

Les analyses microbiologiques sont basées sur la recherche et le dénombrement des germes suivants :

- Les germes totaux
- Coliformes
- *Streptocoque fécaux*
- *Clostridium sulfito* réducteurs

5.1. Recherche et dénombrement des Germes totaux :

Le dénombrement des germes totaux, consiste à une estimation du nombre total des germes totaux dans l'eau.

➤ Milieu de culture :

Gélose TGEA : gélose triptoné à l'extrait de levure.

➤ Mode opératoire :

- On prend 2 boîte pétrie stériles et note sur chaque boîte le nom de milieu de culture, la température d'incubation et le germe recherché ;
- Prés d'un bec benzène, on prélève 1 ml d'eau à analyser et on ensemence dans chaque boîte ;
- On ajoute la gélose TGEA préalablement fondue et refroidie à 45°C ;
- On agite doucement par un mouvement circulaire pour assurer un mélange homogène ;
- On incube une boîte à 37°C pendant 48h et l'autre boîte 22°C pendant 72°C.

➤ Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés en nombre des UFC par 1 ml.

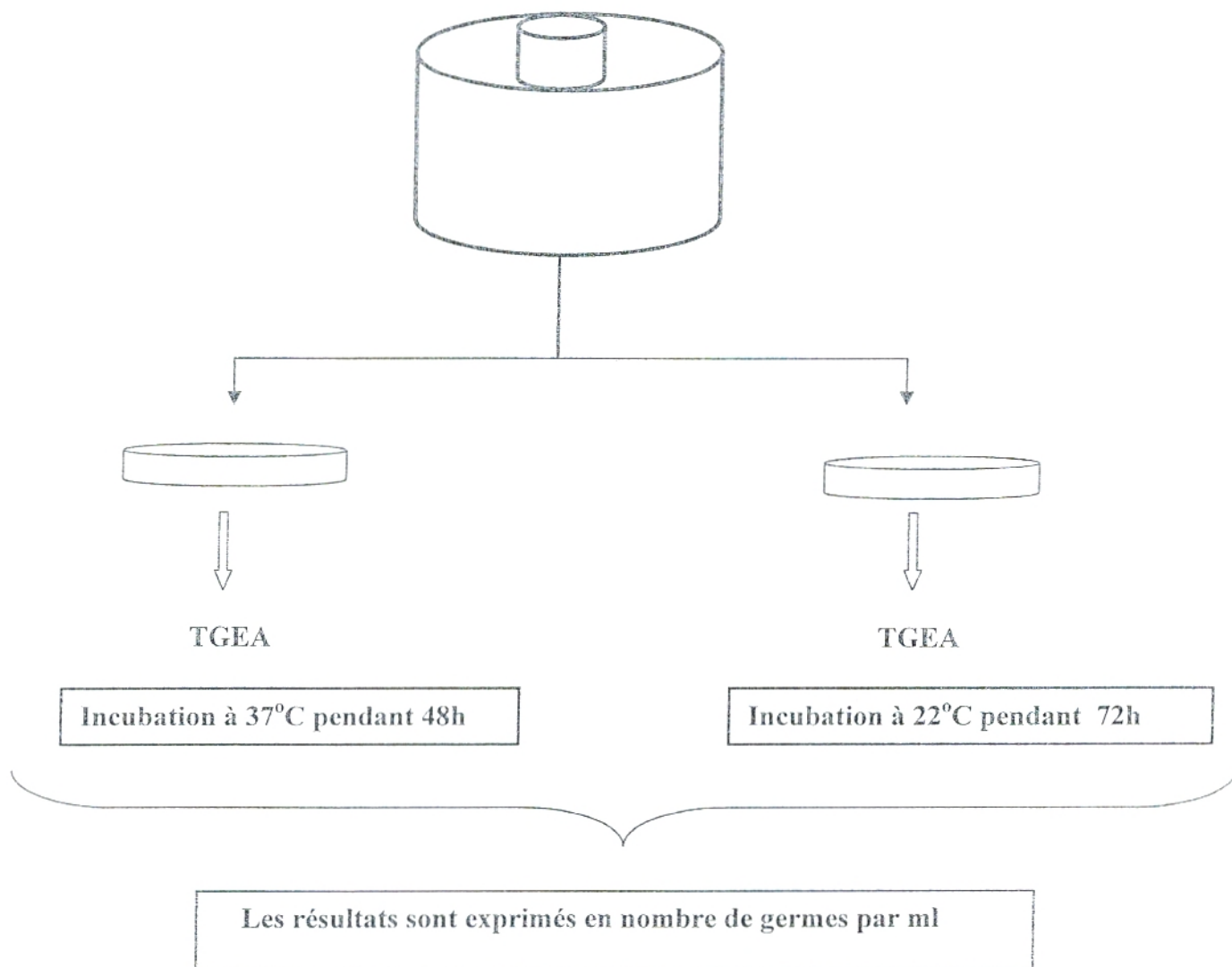


Figure 08 : Recherche et dénombrement des Germes totaux.

5.2. Recherche et dénombrement des coliformes et d'*Escherichia coli* :

➤ Milieu de culture et réactifs utilisés :

Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol (BCPL) à double concentration (D/C) et simple concentration (S/C).

Milieu de confirmation : milieu de Schubert.

Réactif de Kovacs pour la recherche de l'indole.

➤ Mode opératoire :

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

On ensemence :

- 3 tubes de BCPL à double concentration munis d'une cloche de Durham avec 10 ml d'eau à analyser ;
- 3 tubes de BCPL à simple concentration munis d'une cloche de Durham avec 1 ml d'eau à analyser ;
- 3 tubes de BCPL à simple concentration munis d'une cloche de Durham avec 0,1 ml d'eau à analyser ;
- On agite pour homogénéiser sans faire pénétrer l'air dans la cloche et placer les tubes dans une étuve à 37°C pendant 48h.
- Après l'incubation, les tubes considérés comme positifs présentent un trouble dans la masse liquide, avec virage du violet au jaune et un dégagement de gaz dans la cloche.

➤ Expression des résultats :

Le nombre des coliformes totaux par 100 ml 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).

2^{ème} étape : Test confirmatif de la présence ou l'absence d'*E. Coli*.

- On repique chaque tube de BPCL positif 2 à 3 gouttes par une anse bouclée ou une pipette pasteur dans un tube de bouillon Schubert muni d'une cloche de Durham ;
- On incube à 44°C pendant 24h. (Nous considérons comme positif les tubes où se manifestent une croissance bactérienne et un dégagement de gaz) ;
- Après incubation, on ajoute 2 gouttes de réactif de Kovacs au tube contenant le bouillon Schubert avec la cloche de Durham positif ;
- On considère comme positif les tubes où il ya un anneau rouge à la surface qui indique la production d'indole confirmant la présence d'*E.coli*.

➤ Expression des résultats

Le dénombrement d'*E. Coli* s'effectue de la même façon que celui des coliformes totaux.

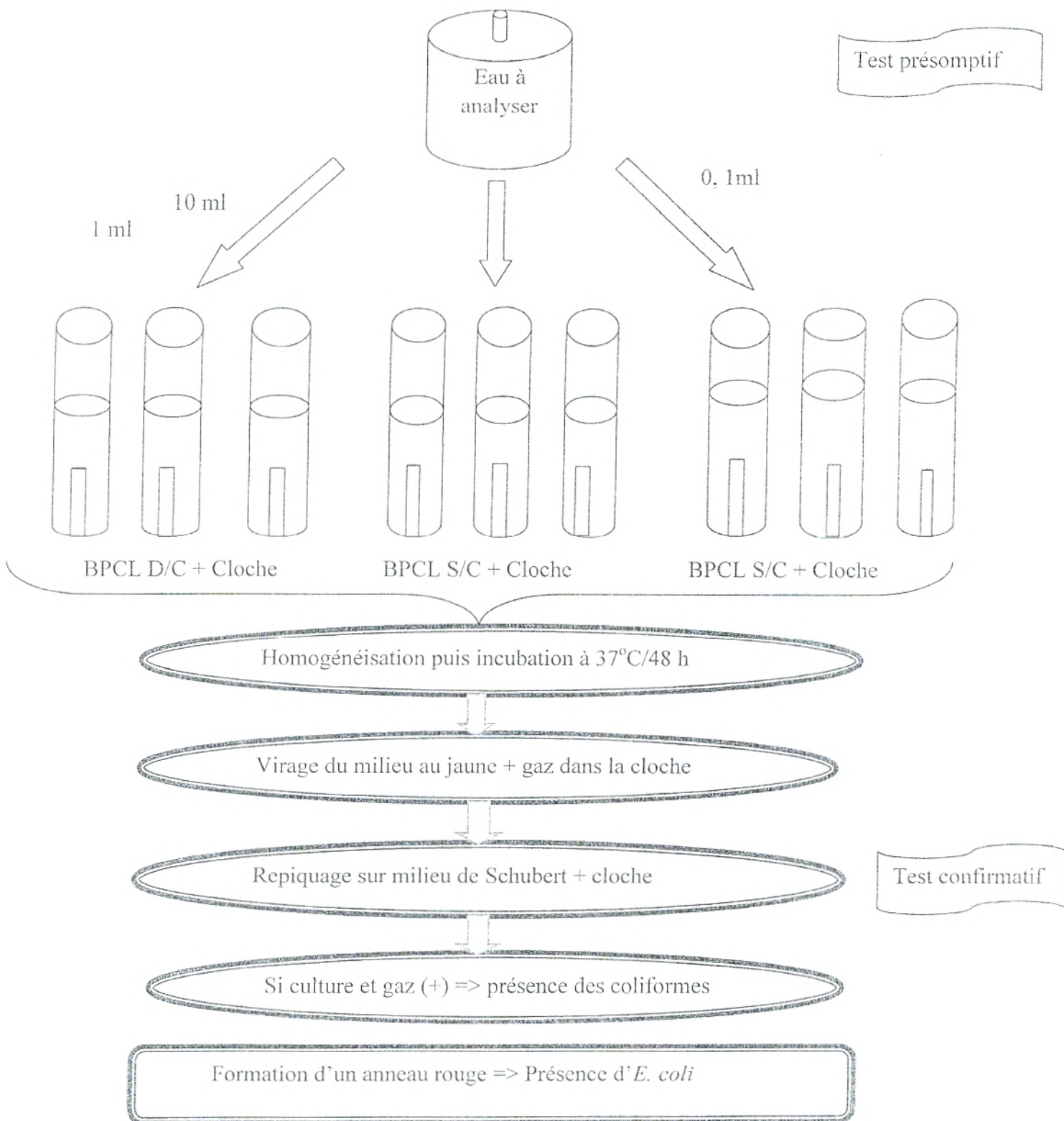


Figure 09 : Recherche et dénombrement des coliformes et d'*E. coli*

5.3 .Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux :

➤ Milieu de culture

Milieu de Roth à D/C ;

Milieu de Roth S/C ;

Milieu de Litsky.

Mode opératoire :

1^{ère} étape : Test présomptif

On ensemence

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

On incube à 37°C à 48 h.

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

2^{ème} étape : Test confirmatif

- On agite les tubes puis on prélève de chacun d'eux successivement quelques gouttes avec une pipette pasteur pour les reporter dans des tubes de milieu Litsky à l'éthyle violet d'acide de sodium ;
- On incube à 37°C pendant 24 h ;
- 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 forment une pastille violette de signification identique à celle du trouble.

➤ Expression des résultats

Les résultats de dénombrement sont exprimés comme ceux d'*E. Coli* en nombre de germes pour 100 ml d'échantillon.

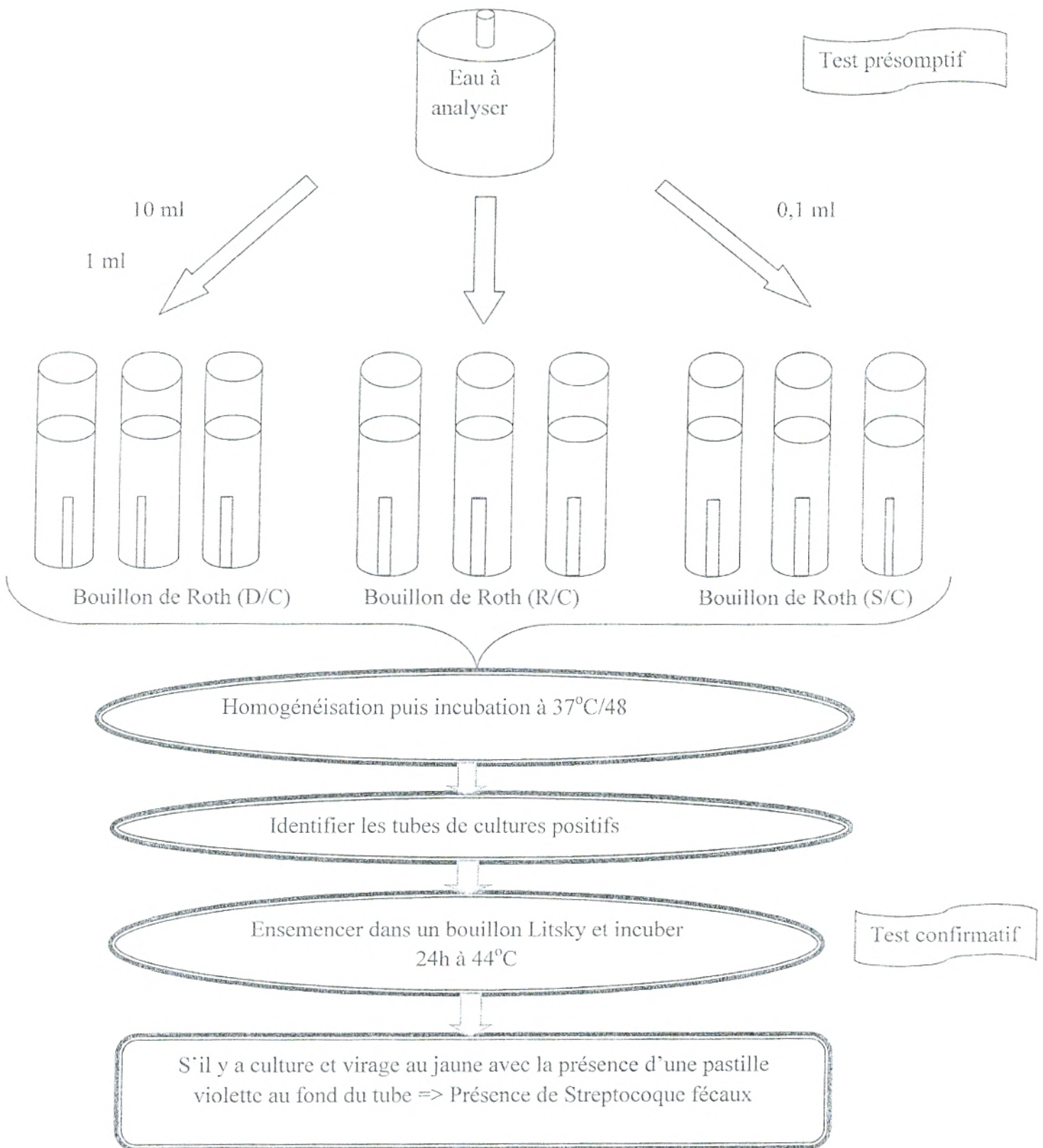


Figure 10 : Recherche et dénombrement des *Streptocoque fécaux*.

5.4. Recherche et dénombrement des *Clostridium sulfito-réducteurs*

➤ **Milieu de culture**

Gélose de foie (VF) ;
Solution de sulfite de sodium ;
Solution d'alune fer.

➤ **Mode opératoire**

• **Forme sporulée :**

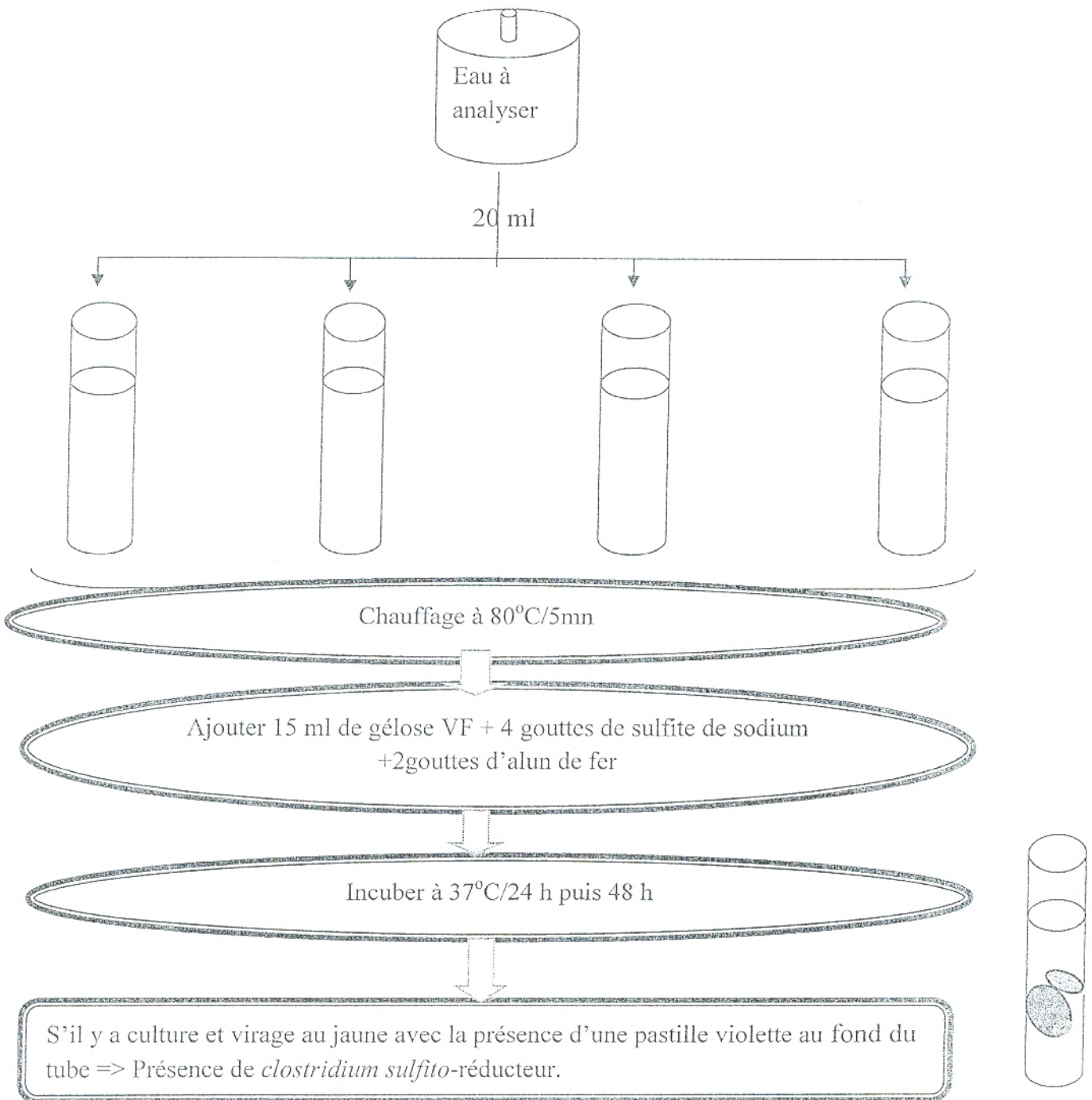
On introduit dans quatre tubes à essai 5 ml de l'eau à analyser ;
Placer les tubes au bain marie à 80°C pendant 5 minutes ;
Après chauffage, on ajoute les additifs : deux gouttes d'alun de fer et quatre gouttes de sulfite de sodium puis on remplit les quatre tubes par la gélose viande de foie ;
Mélanger doucement sans incorporation de l'air ;
Incuber à 44°C et faire une première lecture après 24 h et une deuxième après 48 h.

• **Forme végétative :**

La recherche des bactéries aérobies sulfite réducteurs sous forme végétative se fait la même manière que celle sporulé à l'exception de chauffage.

➤ **Expression des résultats :**

La présence d'un résultat positif d'une spore de bactérie anaérobie sulfite réductrice est exprimée par l'apparition des colonies entourées d'un halo noir ; alors que les résultats des formes végétatives sont exprimés en nombre de germes par ml.

Figure 11 : Recherche et dénombrement des *Clostridium sulfito-réducteurs*.

II. Analyse du sol :

1 .Mode de prélèvement

Les prélèvements ont été réalisés selon les cultures existantes au niveau de station. Les échantillons de sol mis dans des sachets en plastique avec des étiquettes inscrivant le numéro de station, le nom des cultures et la date de prélèvement.

2. Préparation des échantillons :

Les échantillons ramenés ont été étalés sur les journaux, séchant à l'air libre et la matière organique non décomposée a été enlevée. Après séchages les échantillons ont été pesés. La séparation des particules grossiers et de la terre fine a été effectuée à l'aide du tamis à trous de 2 mm de diamètre. Les éléments grossiers (diamètre inférieur à deux mm) ont été lavés, séchés à l'étuve et pesés pour déterminer le pourcentage des éléments grossiers. Quelques analyses pédologiques ont été réalisées au laboratoire à savoir l'analyse granulométrique, teneur du pH, température, conductivité, la détermination du l'humidité, la matière organique, dosage de sulfate, le dosage du chlorure et dosage du calcaire totale.

3. Méthode d'analyse physico-chimique :

3.1 .Analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique a pour but de quantifier pondéralement les particules et de définir la texture du sol. Cette méthode comporte deux opérations (la dispersion et la sédimentation). Pour la réalisation de cette analyse, la méthode suivante a été utilisée, à savoir :

Deux tamis (2mm, 0,2mm)

Une balance, capsule, une plaque chauffante, une étuve, des éprouvettes de sédimentations graduées de 100à 1000ml, des densimètres, un thermomètre, l'héxamétaphosphate de sodium, l'eau distillée.

Les éléments du sol sont classés par catégories de grosseurs selon une échelle internationale :

| | | |
|----------------|--------|--------------------|
| < 0,002 mm | —————▶ | fraction argileuse |
| 0,002-0,02 mm | —————▶ | limons fins |
| 0,02 - 0,02 mm | —————▶ | limons grossiers |
| 0,05 - 0,2 mm | —————▶ | sable fins |
| 0,2 - 2 mm | —————▶ | sable grossiers |

L'ensemble des éléments au diamètre inférieur à 2 mm on appelle terre fine. Au dessus de 2mm (éléments grossiers) on distingue :

| | | | |
|--------|----------|---|-------|
| 20 mm | graviers | → | |
| 200 mm | cailloux | → | |
| | >200 mm | → | blocs |

3.2. Mesure de L'humidité :

L'humidité indique le volume d'eau contenue dans le sol. Les échantillons prélevés sans perturbation dans des cylindres métalliques sont saturés entièrement en eau par imbibition ascendante. Puis ils sont soumis au ressuyage progressif et pesés après le temps connu. A partir des résultats de ces opérations on peut déterminer :

- l'humidité momentanée (Hm) : c'est le volume d'eau dans le sol au moment de prélèvement.
- l'humidité de saturation (HS) : c'est le volume d'eau après la saturation complète.
- l'humidité de 30mn (H30) : c'est le volume d'eau après 30mn de ressuyage.
- l'humidité de rétention(H5) : c'est le volume d'eau après 24heures.

3.3. Matière organique :

La quantité de la matière organique était déterminer après préparation de la terre fine (<0,2 mm). Il s'agit de l'oxydation du carbone organique par l'oxygène en milieu sulfurique avec le dosage de l'excès de bichromate de potassium par la solution du sol de Mohr.

Pour visibilité la fin du titrage on a utilisés la méthode électro métrique () qui est beaucoup plus précise que la détermination colorimétrique pour convertir le pourcentage du carbone organique oxydé en pourcentage d'humus on a utilisés le coefficient de WELTE.

3.4 .Analyse de la Solution du sol :

On pèse 50g de terre fine (tamiser en 0,2 mm) qu'on met dans une ampoule et on ajoute d'eau distillée, puis refroidie. Avant de la passer au mesure en attendant que le filtrat se dépose pendant 24h et on fait les analyses.

➤ Mesure du pH :

Le pH du sol exprime la concentration en H⁺ libres, dissociés dans les solutions du sol,on utilise pour cela un pH-mètre.

La mesure de pH est effectuée par un pH mètre électronique relié à une électrode en verre.

L'électrode est introduite dans le sol à analyser et la lecture se fait directement sur l'enregistreur électronique quand l'affichage est stabilisé.

➤ **Mesure du Conductivité :**

Elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre à l'électrode constituée de deux lames carrées de 1 cm de côté en platine, on émerge complètement l'électrode dans l'eau à analyser.

➤ **Mesure du Température :**

Elle est mesurer à l'aide d'une électrode introduit dans le sol à analyser, la lecture se fait directement sur l'enregistreur.

➤ **Dosage du Cl^- :**

▪ **Les réactifs utilisés :**

Chromate de potassium.

Nitrate d'argent.

▪ **Principe :**

On prend 0.5 g de sol avec 1 goutte de K_2CrO_4 et 5 ml H_2O . Ce mélange doit être agité 2 minutes.

Sur le liquide clair, ajouter 3 à 4 gouttes d' AgNO_3 10% s'il y a du Cl^- apparition d'un trouble rouge.

➤ **Dosage du Sulfates SO_4^{2-} :**

▪ **Réactifs utilisés :**

Acide chlorhydrique HCL.

Chlorure de baryum BaCl_2 .

▪ **Principe :**

On prend 0.5 g de sol avec 5 ml H_2O et 2 gouttes HCL et agiter.

Sur le liquide clair, ajouter 2 gouttes de BaCl_2 à 10% s'il ya de sulfates, précipite blanc.

➤ **Dosage du Calcium Ca^{2+} :**

▪ **Réactifs utilisés :**

Acide acétique CH_3COOH .

Oxalate d'ammoniac $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$.

▪ **Principe**

On prend 0.5 g de sol avec 1 goutte de CH_3COOH et 5 ml H_2O et agite quelques minutes.

Sur le liquide clair, ajouter 3 gouttes d'oxalate d'ammoniac si précipité blanc.

➤ **Dosage des carbonates CO_3^{2-}**

▪ **Réactifs utilisés :**

Acide chlorhydrique dilué HCL.

▪ **Principe :**

On pèse 1g du sol analysé séchée et tamisée est introduit dans une fiole conique reliée à une burette volumétrique. Dans cette même fiole a été disposé un tube contenant de l'acide chlorhydrique dilué.

Ce tube est basculé ; le calcaire est attaqué et le gaz carbonique formé se dégage. Le volume de gaz est mesuré dans la burette, à la pression atmosphérique.

▪ **Résultats :**

La teneur en calcaire cherchée, en pour cent, s'obtient en multipliant la différence

($n_2 - n_1$), en centimètres cubes par 0,4.

$$\text{Ca}\% = 0,4 \times (n_2 - n_1)$$

▪ **Remarque :**

Si la terre est supposée très peu calcaire, il est possible d'en mettre en œuvre 5g. Si elle est très calcaire (plus de 40%) n'en utiliser que 0,5g. Diviser les résultats par 5 (premier cas) ou les multiplier par 2 (second cas).

$$\text{Ca}\% \times 2$$

Résultats et discussion

I-L'eau :**1-Analyses organoleptiques :****➤ Résultats et interprétation :****➤ La couleur :**

L'eau étudiée est toujours claire, incolore et limpide, ceci indique l'absence d'ions métalliques qui changent la couleur de l'eau.

➤ L'odeur et la saveur :

L'eau étudiée ne présente aucune odeur caractéristique, ceci indique l'absence de produits chimiques et de matières organiques en décomposition.

2-Analyses physicochimiques :

Les analyses ont pour but d'évaluer la qualité physico-chimique de l'eau de forage de l'unité l'Exquise pour l'irrigation de la région d'El fhouf ferme BELAIDOUNI.

Les résultats des analyses pour deux prélèvements sont donnés au tableau suivant :

Tableau 19 : Résultats des analyses physicochimiques de l'eau brute

| Paramètres | prélèvement | Normes NA 63 60-1992 | Unités |
|-------------------------------|-------------|-------------------------|--------|
| Conductivité | 1117 | <2800 | μS/cm |
| Minéralisation | 847,29 | / | mg/L |
| Salinité | 0,08 | / | % |
| SAR | 8,83 | / | / |
| TH | 6,7 | 2 à 10 | meq/L |
| Température | 20 | 35 | °C |
| pH | 7,15 | 6,5 à 8,5 | / |
| Ca ²⁺ | 101.6 | <200 | mg/L |
| Mg ²⁺ | 20.41 | <150 | mg/L |
| HCO ₃ ⁻ | 190.32 | 518 | mg/L |
| CO ₃ ²⁻ | 00 | / | mg /L |
| Cl ⁻ | 10.63 | <500 | mg/L |
| SO ₄ ²⁻ | 103 | <400 | mg/L |
| NH ₄ ⁺ | 0.17 | / | mg/L |
| Na ⁺ | 69 | 60 | % |
| K ⁺ | 4 | 20 | mg/L |

a. Interprétation des résultats :

➤ **La température :**

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers, elle joue un rôle très important dans la mobilité des sels et des gazes, donc sur la conductivité électrique.

Les normes Algériennes fixent de valeur pour la température est de 3 C°.

La température de notre eau étudiée est 20 C° pour l'eau brute. Ceci est conforme aux normes.

➤ **Le pH :**

C'est l'un des paramètres parmi les plus importants pour la qualité de l'eau d'irrigation. Il caractérise un grand nombre d'équilibre physicochimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau.

La réglementation algérienne indique que le pH doit être compris entre 6,5 et 8,5.

Le pH obtenu pour notre eau étudiée est de 7,15 pour l'eau brute, ceci est conforme aux normes algériennes.

➤ **La conductivité et minéralisation :**

La conductivité électrique est un moyen important permet d'apprécier la qualité des sels dissous dans l'eau. Sa mesure est précise, rapide et donne une idée approximativement de la minéralisation globale.

Sa variation est liée à la nature des sels dissous et leur concentration.

La réglementation algérienne indique pour la conductivité une valeur maximum de $2880\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C .

L'eau étudiée présente de valeur $1117\mu\text{S}/\text{cm}$, qui restent conformes à la norme algérienne.

Ce qui implique une minéralisation de 847,29 pour l'eau brute, Nos résultats sont supérieur à 1000 donc on a une minéralisation élevée.

➤ **la salinité :**

La conductivité électrique est souvent utilisée pour la mesure de la salinité des eaux.

L'eau étudiée présente une salinité de 0.08

➤ **pourcentage en sodium :**

L'analyse de résultat obtenue montre que l'eau étudiée on un pourcentage 37,43 de Na^+ est inférieur à 60%. Ce qui le rend apte à l'irrigation.

➤ **Le S.A.R :** dans de telles conditions, il peut devenir extrêmement difficile de satisfaire les besoins en eau de la culture.

L'examen de l'échantillon montre que l'eau de forage présente de valeur 8,83. Le S.A.R inférieur à 10, elle est donc d'une excellente qualité pour l'irrigation.

➤ **La dureté totale :**

La réglementation algérienne précise une valeur comprise entre 100 et $500\text{mg}/\text{l}$ (2 à $10\text{meq}/\text{L}$).

La dureté totale de notre eau étudiée est $6,7\text{meq}/\text{L}$ pour l'eau brute ceci répond aux normes indiquées par la réglementation algérienne.

➤ **L'ion calcium :**

Le calcium est un composé majeur de la dureté de l'eau.

La réglementation algérienne fixe une concentration maximale de $200\text{mg}/\text{L}$ et un niveau guide de $75\text{mg}/\text{L}$.

On obtenu après analyse de l'eau brute une valeur de 101.6 mg/L ceci est conforme aux normes,

➤ **L'ion magnésium :**

Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau,

Les normes algériennes prescrivent une concentration maximum de 150mg/L de Mg^{2+} .

Les teneurs en magnésium trouvée pour l'échantillon 20,41mg/L, donc elle est inférieure à la valeur précise par la réglementation de notre pays.

➤ **L'ion sulfate :**

La réglementation algérienne fixe une teneur en sulfate de 250mg /L.

La concentration en ions de notre eau étudiée est de 103 mg/L.

Donc la teneur en sulfate dans notre eau restent inférieures à la concentration maximale admissible décrétée par es normes algériennes.

➤ **L'ion chlorure :**

La réglementation algérienne indique un niveau guide de 200 mg/L, et une valeur maximale de 500 mg/L.

Alors que la teneur en chlorure de notre eau étudiée est de 10,63 mg/L pour l'eau brut.

Donc cette valeur conforme aux normes algériennes.

➤ **L'ion hydrogénocarbonates (bicarbonates) :**

La teneur des bicarbonates dans l'eau dépend des terrains traversés. (RODIER, 2009)

Les normes algériennes fixent une valeur pour ce paramètre 518mg/L les teneurs en bicarbonate dans les eaux d'irrigation,

La teneur en bicarbonate de notre eau étudié est de 190, 32 mg/L pour l'eau brute.

➤ **L'ammonium :**

Les eaux profondes peuvent se charger en ammonium par réduction des nitrates sous l'action des bactéries.

La teneur trouvée pour l'eau brute est de 0,17mg/L.

3- Analyses bactériologiques :

➤ Résultats :

Les analyses bactériologiques ont été réalisées dans le laboratoire de l'A.D.E, qui consiste à rechercher les Germes totaux, les coliformes totaux, *Escherichia coli*, les Streptocoques fécaux et les spores de *Clostridium sulfito réducteurs*. Les résultats trouvés sont regroupés dans le tableau suivant

Tableau 20 : Résultats des analyses bactériologiques pour l'eau brute.

| Echantillons | prélèvement 12/04/14 à 10h45 | Norme algérienne : NA 63 60-1992 |
|---|---------------------------------|--|
| Germes totaux à 22°C dans 1 ml | 3 | ≤ 100 |
| Germes totaux à 37°C dans 1 ml | 9 | ≤10 |
| Coliformes totaux dans 100 ml | Abs | 00 |
| Coliformes fécaux Dans 100ml | Abs | 00 |
| Streptocoques fécaux dans 100 ml | Abs | 00 |
| <i>Clostridium sulfito</i> <i>réducteur</i> dans 100 ml | Abs | 00 |

➤ Interprétation des résultats :

1. germes totaux:

Le dénombrement des germes totaux est considéré comme un type d'indicateurs beaucoup plus générale, vis-à-vis de toute pollution microbiologique ; celui-ci détermine la totalité de la charge bactérienne. La stabilité des dénombrements bactériens est donc un bon signe de protection, La résultat obtenu est 3 germes/ml à 22°C, et 9 germes/ml à 37°C pour l'eau brute, Ils restent toutes fois conformes aux normes prescrites par la réglementation algérienne. (≤ 10 germes par ml à 37°C et ≤ 100 germes par ml à 22°C).

2. les coliformes totaux et fécaux :

La réglementation de notre pays exclue impérativement la présence de coliformes fécaux et les coliformes totaux dans 100 ml.

C'est le cas de l'eau en objet où on constate l'absence des coliformes totaux témoignée par l'inexistence des tubes positif confirmant l'absence des coliformes fécaux, en particulier d'*Escherichia-Coli*. Ceci montre que cette eau est conforme aux normes concernant les coliformes.

3. Les streptocoques fécaux :

La même exigence pour les coliformes est portée sur les streptocoques fécaux, c'est aussi le cas de l'eau étudiée ; on constate l'absence totale des streptocoques fécaux. Confirmant ainsi les normes de potabilité en relation avec ce paramètre.

4. Clostridium sulfito-réducteurs:

Les spores de Clostridium sulfito-réducteurs sont absentes dans l'eau étudiée, ce qui correspond aux normes algériennes qui excluent sa présence.

II- Le sol :**1. Analyses physico-chimiques****➤ Résultats :**

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'échantillon sont portés sur le tableau suivant :

Tableau 21 : résultats des analyses physico-chimiques

| Paramètres analysés | Echantillon | Unités |
|--------------------------------|-------------|--------|
| pH | 7,08 | / |
| Conductivité | 417 | μS/cm |
| T° du sol | 21,9 | C° |
| Minéralisation | 298,53 | Mg/L |
| Salinité | 0,029 | % |
| Ca ²⁺ | + | / |
| CaCO ₃ ⁻ | 60,4 | % |
| SO ₄ ²⁻ | - | / |
| Cl ⁻ | + | / |

➤ Interprétations des résultats:

- **la température :**

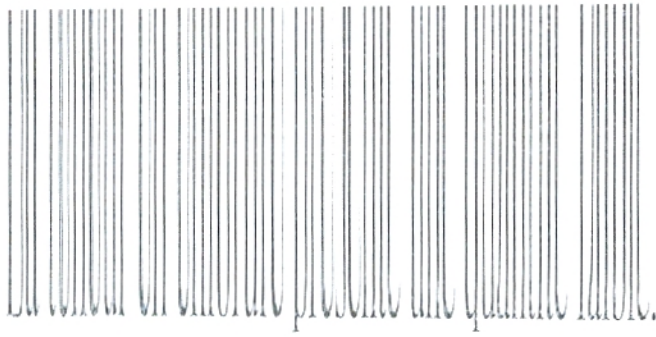
La température est le facteur principal d'action sur la croissance, la floraison ne se fait qu'avec une température moyenne.

La température mesurée pour le sol est égale à 21 °C, donc elle est aux normes.

- **Le potentiel d'hydrogène (pH) :**

Pour avoir de bonnes conditions de production, le pH du sol d'un étang ne doit être ni trop acide ni trop alcalin. Il devrait se situer de préférence entre Ph=6,5 et pH= 8,5.

D'après ces résultats en remarque que le pH est voisin de 7,08 ceci correspond à l'optimum de croissance de la plupart des cultures.



- **Salinité :**

La quantité des sels solubles nous permet de classer ce sol dans le rang des sols non salins.

- **Les Carbonates :**

La charge en carbonate est assez importante, elle est enregistré une valeur de 60,4%, donc ce sont des sols fortement chargés en calcaire.

Généralement due à la roche mère calcaire ou à l'apport des matériaux riches en calcaire.

Conclusion

Au terme de ce travail, nous avons évalué la qualité des eaux utilisées en irrigation dans la ferme BLAIDOUNI région d'EL-Fehoul Remchi, cas de forage « EXQUISE ».

L'évaluation de la qualité de ces eaux par des méthodes classiques a révélé montrent que :

- ✓ De point de vue organoleptique, l'échantillon de l'eau étudié ne présente ni odeur ni saveur désagréable et ni couleur.
- ✓ Du point de vue physicochimique, l'ensemble des résultats obtenus montrent que cette eau :
 - présente une dureté moyenne de 6,7 meq/L.
 - une conductivité importante de 1117 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
 - une minéralisation de 847,29 mg/L.

 - L'examen de l'échantillon montre que l'eau de forage présente de valeur du SAR de 8,83. Le S.A.R est inférieur à 10, elle est donc d'une excellente qualité pour l'irrigation.

 - des ions majeurs avec des concentrations conformes aux normes algériennes comme par exemple : le calcium avec 101,6 mg/l, le magnésium avec 20,41 mg/L, les chlorures 10.63 mg/L.
- ✓ Du point de vue bactériologique les résultats obtenus montrent l'absence de tous les germes indicateurs de pollution fécale telles que les Coliformes totaux et fécaux, les Streptocoques fécaux, les *Clostridium* sulfite-réducteur, avec un faible taux des Germes totaux par rapport aux normes.

Nous avons montré que :

- ✓ Le régime des précipitations dans la région d'EL Fehoul reflète un climat méditerranéen avec un premier maximum de pluies en hiver et un second au printemps.

Avec les résultats des températures, on constate qu'elles sont élevées que basses, et que même les périodes chaudes et froides sont longues. Cela est du probablement à l'altitude de la région.

La couverture pédologique de la ferme BELAIDOUNE est formée de trois grandes unités homogènes :

- Unité n°1 : texture argilo-limoneuse, les sols caractériser par une fertilité chimique moyenne.

- Unité n°2 : Texture équilibré, ces sols sont très riche en calcaire nous donnons 60,4 % de CaCo_3 .

- Unité n°3 : Texture sablo-limoneuse à sableuse.

ALPHA SIDIKI MAIGA, 2005. Qualité organoleptique de l'eau dans la ville de Bamaco : évaluation saisonnière. Thèse de doctorat en pharmacie. Université de Bamaco. Mali.

ANCTILE F. et ROUSELLE J., 2005. Hydrologie (cheminement de l'eau). Edition : école polytechnique de Montréal. P2-3.

ARMAND L., 1996. Mémento technique de l'eau. Édition : DEGEMENT.

ARRUS R., 1985. L'eau en Algérie de l'impérialisme au développement (1830-1962). Edition : office des publications universitaires. Presse universitaires de Grenoble. P13.

BERNE F et CORDONNIER J., 1991. Traitement des eaux. Edition : tec. P6-14.

BERIERE G., 2000. Distribution et collecte des eaux. 2^{ème} édition. Ecole polytechnique de Montréal : p3-19.

BOUKHOBZA K., 2009. Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de source (Foundrou) d'Ainkihal (Ain Témouchent). Mémoire d'ingénieur d'état en biologie. Département de biologie. Université de Tlemcen.

BOURGEOIS C. M., CASTARAS M. V., 1991. Les indices de contamination fécale. Vol 3 : le contrôle microbiologique par bourgeois C. M. et LEVEAU JJ. (cordonateurs) 2^{ème} édition : LAVOISIER- TEC et DOC.

BOURGEOIS C. M., LEVEAU J-J, 1991. Le contrôle microbiologique des matières des produits. Technique d'analyse et de contrôle dans les IAA. Vol. 3, 2^{ème} édition : LAVOISIER-TEC et DOC.

BOURGEOIS C. M., MEXLE J. F et ZUCCA J., 1996. Microbiologie alimentaire-tome 1- aspect microbiologie de la sécurité et de la qualité des aliments. P 3-19. BOUTOUX J., 1993. Introduction à l'étude des eaux douces : 2^{ème} édition : Cebedoc.
LEPELTIER S., 2005. Un bon état écologique des eaux.

CAROL., 1990. Les propriétés physique et chimique de l'eau. Le grand livre de l'eau. Edition : Le villette : p83-194.

CHAUVE., 1993. L'eau une ressource indispensable. 1993. 2^{Bd} SVT. EDITION : NATHAN.
COIN LOUIS, 1981. La pratique de l'eau : usages domestiques, collectifs et industrielles. Edition : moniteur-paris. P 3, 20, 326, 327.

CRUYPER K. et DENNEG K., 1993. La qualité de l'eau à la sortie du robinet : Revue de tribune de l'eau.

DAHMANI M., 1984. Contribution à l'étude des regroupements a chêne vert des monts de Tlemcen. Thèse DOC, ECO. ENV. univ. Tlemcen. 277p.

DEFRANCESCHI M., 1996. L'eau dans tous ses états. Edition: MARKETING S-A.

DEGREMONT SUEZ, 2005. Mémento technique de l'eau. Edition : DEGEMENT

- DENHOVE., 1990. Les eaux minérales, volume 3. Edition: Lamy. Paris. P7
- DGS., 2003. Direction générale de la santé. Réduire le plomb dans l'eau du robinet. Dossier de presse, 19 déc. 2003, P11. Disponible sur : <http://www.sante.gouv.fr/htm/actu/plomb/sommaire.htm>
- DJEBAILI S., 1978. Recherche phyto-sociologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas Saharien Algérien.
- DJEBAILI S., 1984. Steppe Saharienne, phytosociologie et écologie, O.P.U. Alger.
- DUCHAFOUR PH., 1984. Abrégé de pédologie. Masson. Paris. P220.
- DUPONT A., 1974. Hydraulique urbaine (Tome 1). Hydraulique : captage et traitement des eaux. 3^{ème} édition : EYROLLES. P : 53-61- 81.
- DUPONT A., 1986. Hydraulique urbaine, hydrologie, captage et traitement des eaux. 6^{ème} édition. Edition : EYROLLES. Paris. P64-66.
- FRANK J et KEMMER N., 1984. Manuel de l'eau. Editeur Ed : Lavoisier. P3-102-105.
- FRANÇOIS ANCTIL, 2008. L'eau et ses enjeux. P134.
- FLOURET G.H et PONTANRE R., 1982. L'aridité en tunisie présaharienne climat sol, végétation et aménagement. L'harmattan. Paris. 1-114.
- GAMRASNI M., 1986. Le goût de l'eau : office internationale de l'eau. Edition : tec doc. Lavoisier. Paris. P 11.
- GAOUAR A., 1980. Hypothèse et réflexion sur la dégradation des écosystèmes forestiers dans la région de Tlemcen. Forêt méditerranéennes 2.131-146pp
- GAUJOUS D., 1995. La pollution des milieux aquatiques. Aide mémoire. 2^{ème} édition : LAVOISIER.
- GAUSTARDIF. 1984. Bactériologie médicale. 3^{ème} édition : Maloirre S. A. Paris.
- GERARD P., 2004. Analyse physico-chimique. Edition: UCL/AC/ADST/YDDR: P6-7.
- GOURMALA O. Y., BELARBI S. L., 2003. Évaluation de la contamination par les métaux lourds (Pb, Zn, Cu, Cd, Fe) chez deux espèces d'algues et chez l'oursin commun dans la baie de Ghazaouet. Mémoire d'état en écologie et environnement. Université de Tlemcen. P 15.
- GRECO J., 1966. L'EROSION. La défense et la restauration des sols. Le sol reboisement en Algérie, Alger. MARA, 1, 393P.
- GROS A., 1979. Engrais Guide pratique de la fertilisation. Septième édition MAISON RUSTIQUE, Paris. 382p.

- HAMBSCH B., 1998. Chang from chlorine residual distribution to no chlorine residual distribution in grounwater system. Water supply. Vol 6N°3/4. Germany.P 145-152.
- HASLAY C., LECLERC H., 1993. Microbiologie des eaux d'alimentation. Edition: Lavoisier Tec et Doc.
- JEAN JUC CELLERIC., 2002. La dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau. Paris.
- KADIK B., 1987. Contribution à l'étude du Pin d'Alep (*Pinus Halapensis*) en Algérie. Ecologie, dendrométrie, morphologie. O.P.U. Alger.
- KEMMER F., 1984. Le manuel de l'eau. Edition : TEC et DOC, Lavoisier. Paris. P 55.
- LANTEIGNE J., 2003. L'encyclopédie de l'Agorat.
- LECLERE H, GAILLARD J, SIMONET M., 1994. Microbiologie générale, la bactérie et le monde bactérien. Edition : Doina éditeur-Paris. P : 435.
- LEFEVRE S., 1991. Les analyses d'eau avec les tests prêts à l'emploi : la potabilité de l'eau, les eaux piscicoles, l'eau des piscines, laboratoire Merck-Clevenot.
- LEPELTIER S., 2005. Un bon état écologie des eaux.
- MARGAT J., 1992. L'eau dans le bassin méditerranéen. Situation et perspective.
- MARIE, 2005. La rousse médicale. Edition : direction de la publication.
- MATRICON J., 2000. Vive l'eau. Edition Gallimard.
- MEBARKI S., 2010. Qualité physicochimique et microbiologique des eaux destinées à la consommation humaine de la ville Honaine. Mémoire d'ingénieur d'état en biologie. Département de biologie. Université de Tlemcen.
- MENS et DEROUANE., 2000. Etat des nappes de l'eau souterraine de Wallonie
- MERCIER J., 2000. Le grand livre de l'eau. Edition : la reconnaissance du livre. Collecte art de livre. P91.
- MONTIEL A., BAUSSET P., DAGHET J-P., 2001. Test rapide pour connaitre le risque de migration du plomb de canalisation dans l'eau. TSN. P35.
- NOVIKOFF G., 1983. Essai de lutte contre l'érosion éolienne dans les parcours de RHANTERIUM Suaveolem de la jeffara et leur application. Actes du séminaire. IRA □ UNESCO.
- OUALI S., 2008. Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux. 2^{ème} édition : OPU.
- OUAHDI A., 1995. Les maladies à transmission hydrique- Santé plus Alger N°45.

- O.M.S., 1985. Directives de la qualité pour l'eau de boisson, Genève Vol 1.
- OZENDA P., 1964. Bibliographie végétale Doin. Paris.P 374.
- OZENDE P., 1982. La végétation de la biosphère.
- OZOUF M., PINCHEMEL Ph., 1961- Géographie Fernand Nathan. France. 319 p.
- PAQUIN J. L., BLOK J. C., HAUDIDIER K., 1992. Effet du chlore sur la colonisation bactérienne d'un réseau expérimental de distribution d'eau. Ed : revue de science de peau. 5N° 3.
- PATRICK J. L., SIMONET M., 1988. Bactériologies : les bactéries des infections humaines. 1^{er} édition: Flammarion.
- PERMO ,1981.la pratique de l'eau ; Ed. Monteur, coll. Moniteur et technique, Paris. P433.
- PERLEMUTER L., 1981. Dictionnaire pratique de la diététique et de mutation. Edition : Masson.
- POPOFF G., 1991. Journal français d'hydrologie. Tome 22. P6.
- POUGET M., 1980. Les relations sol végétation dans les steppes sud algéroises. Doctorat d'état. Es. Sc, Univ. D' Aix Marseille III. Travaux et documents de l'OROSTOM, N°116.
- REMINI B., 2005. La problématique de l'eau en Algérie. Edition : office des publications universitaires. P 14-17.
- RODIER J., 2009. L'analyse de l'eau. 9^{ème} édition : DUNOD. Paris.
- Santé canada, 1992, le nitrate et le nitrite. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au canada – documentation à l'appui, accessible à : www.hc-sc.gc.ca/ehp/dhm/catalogue/dpc_pubs/rqepdoc_appui/nitrate.pdf, consulté en : Mai 2002.
- UNICEF, 1999. Manuel sur l'eau. N°2. P42-43.
- VARGUES R. et PINON G., 1982. La nouvelle bactériologie médicale des régions développées. EDITION : Ellipses.
- WHO., 1994. Directive de qualité de l'eau de boisson. 2^{ème} édition. VOL 2. Critères d'hygiènes. Genève
- ZELLA L., 2007. L'eau pénurie et incurie. Edition : OPC.

ANONYME, 2001:<http://perso.wanadoo.fr/hydroland/desinfect20.html>

ANONYME, 2004: Identification des ressources hydriques au niveau des fermes pilotes de l'OUEST et les moyens à mettre en oeuvre pour leur mobilisation. EURL « BELAIDOUNNI Mohammed ».34p.

ANONYME, 2005:<http://www.najid.club.fr/pages/haccp.html>

SITE INTERNET 1: thema.univ-fcomte.fr

SITE INTERNET 2: www.idre.ca/fr

SITE INTERNET 3: www.enrs.com

SITE INTERNET 4: www.techno-science.net

SITE INTERNET 5 : www.lenntech.fr/applications/irrigation/qualite/irrigation/qualite-eau-irrigation.htm#ixzz32qs6QqJt

SITE INTERNET 6 : www.iav.ac.ma/agro/htm

Annexes

Annexe I :

Tableau 01 : qualité requise pour les eaux d'irrigation selon les recommandations
FAO 29 avril 1988

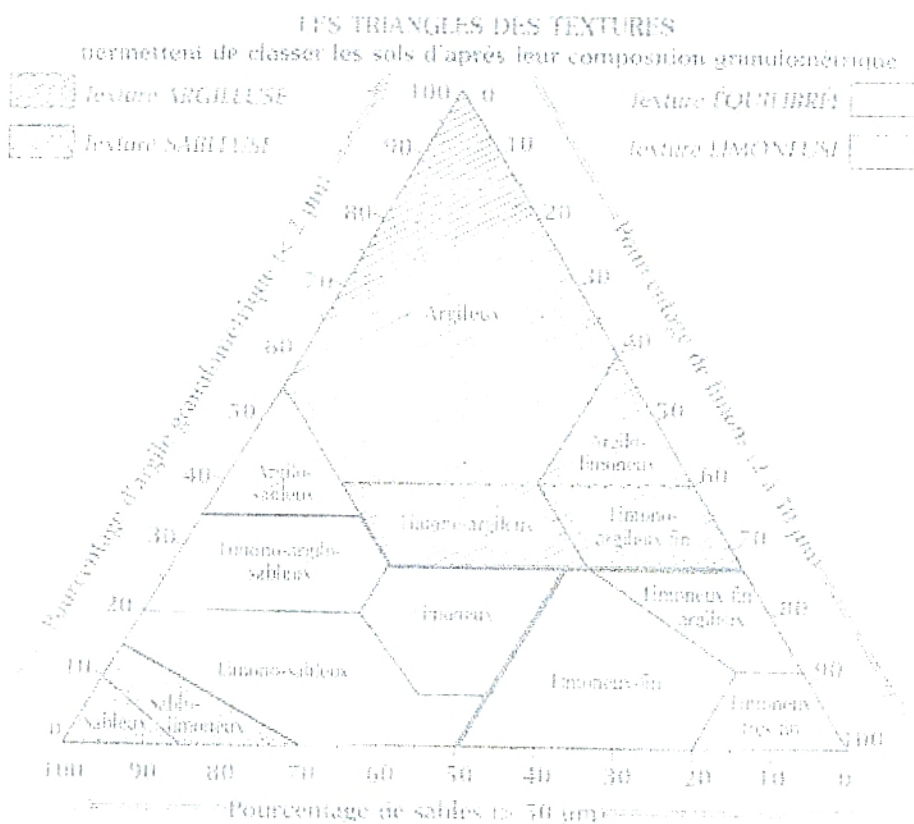
| paramètre | unité | Valeurs limites souhaite |
|--|------------------|--------------------------|
| Teneur en sel | | |
| Conductivité | $\mu\text{S/cm}$ | 3000 |
| Total sel dissous | mg/l | 2000 |
| Cations et anions | | |
| Calcium Ca^{++} | mg/l | 400 |
| Magnésium Mg^{++} | mg/l | 60,75 |
| Sodium Na^+ | mg/l | 920 |
| Carbonates Co_3^- | mg/l | 3 |
| Bicarbonates Hco_3^- | mg/l | 610 |
| Chlorure Cl^- | mg/l | 1025 |
| Sulfate So_3^- | mg/l | 960 |
| Eléments nutritifs : | | |
| Nitrate No_3^- | mg/l | 45 |
| Ammonium NH_3^+ | mg/l | 6,50 |
| Phosphate Po_4^- | mg/l | 6,20 |
| Potassium K^+ | mg/l | 2 |
| Divers : | | |
| Bore B | mg/l | 2 |
| Acidité pH | | 6-8,5 |
| Coefficient d'absorption de Na (S.A.R) | mg/l | 15 |

Tableau 02 : Facteurs bactériologiques

Norme de potabilité des eaux de consommation (critères microbiologiques)

| Paramètre | Unité | Niveau guide | Concentration Maximale Admissible | Observation |
|--------------------------------|------------|--------------|-----------------------------------|---|
| Coliformes | Nbre/100 | - | 0 | Avertir la population de javelliser ou faire bouillir l'eau au cas où l'on n'arrivait pas à respecter les valeurs indicatives. |
| Coliformes fécaux | Nbre/100 | - | 0 | |
| Germes totaux a 37°C/24 | Nbre/1ml | 10 | - | Dans une eau traitée, le dénombrement des germes Totaux effectués à l'extrémité du réseau de distribution ne doit pas excéder 20 fois de taux obtenu en début de réseau, dans 90% des échantillon analysés au cours de l'année. |
| Germes totaux a 22°C 72h | Nbre/1ml | 100 | - | |
| Streptocoques fécaux | Nbre/100ml | - | 0 | / |
| Clostridium sulfito-réducteurs | Nbre/20ml | - | 0 | / |

Annexe II : Triangle de textures



Annexe III: Méthodes d'analyses physico-chimiques.

1) Mesure de la conductivité :

- **Mode opératoire :**

- D'une façon générale, opérer avec la verrerie rigoureusement propre ; et rincer avant usage de l'eau distillée ;
- Ajuster l'appareil à zéro.
- Ajuster la température de l'eau de l'air sur l'appareil ;
- Rincer plusieurs fois l'électrode de platine, d'abord avec de l'eau distillée puis en le plongeant dans un récipient contenant de l'eau à analyser, en prenant soin que l'électrode soit complètement émergé ;
- Rincer abondamment l'électrode avec de l'eau distillée après chaque mesure ;
- Les résultats sont exprimés en micro Siemens par centimètre ($\mu\text{s/cm}$).

2) Dosage de la dureté total (Titre hydrométrique TH) :

- **Réactifs utilisés :**

- solution EDTA 0.02N
- solution tampon NaOH (pH=10)
- NET indicateur coloré

- **Mode opératoire :**

Introduire 100 ml d'eau à analyser dans un erlenmayer de 250 ml, ajouter 2 ml de solution tampon (pH) et 3 gouttes d'indicateur coloré NET, la solution se colore violet. Titrer avec la solution EDTA jusqu'au virage du violet au bleu franc.

On peut utiliser comme indicateur le noir d'ériochrome qui se combine avec l'ion magnésium et donne la coloration, mais il réagit mal avec l'ion calcium.

Pour des duretés élevées, ne prélever que 25 ml ou 50 ml, amener à 100 ml avec de l'eau distillée. Opérer comme indiqué précédemment.

3) Dosage de la dureté calcique :

- **Réactifs utilisés :**

- EDTA à 0.02 N
- solution NaOH à 0.1N
- murixide

- **Mode opératoire**

Prélever 100 ml d'eau à analyser dans une erlenmayer de 250ml, ajouter 2 ml de soude et une pincée de Murixide. Titrer avec la solution EDTA jusqu'au virage du rose au pourpre.

- **Expression des résultats :**

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

$$D_{\text{Ca}^{2+}} = (N_{\text{EDTA}} \times V_{\text{EDTA}}) \times 1000 / V_0 \times 5 \text{ (F}^\circ\text{)}$$

$D_{\text{Ca}^{2+}}$ dureté calcique

N= Normalité de la solution EDTA.

V=Volume de la solution EDTA.

V_0 =Volume d'eau à analyser.

4) Dosage de chlorures :

- **Réactifs utilisés :**
 - Acide nitrique pur
 - Carbonate de calcium pur solution de chromate de potassium à 10%
 - Solution de nitrite d'argent à 0.1 N
- **Mode opératoire :**
Introduire 100 ml d'eau à analyser dans une fiole conique de 250 ml ; puis Ajouter 2à 3 gouttes de chromate de potassium à 10% puis titrer avec Nitrite d'argent (AgNO₃) jusqu'au virage au rouge brique
- **Expression des résultats :**
(Cl⁻)=V×10×3.55 donne la teneur en chlorure, exprimé en mg de Cl⁻ par/L
(Cl⁻)=V×10×5.85 donne la teneur en chlorure, exprimé en mg de Na Cl/L

5) Dosage des hydrogénocarbonates :

- **Réactifs utilisés :**
 - solution de vert de bromocrésol
 - solution d'acide chlorhydrique
- **Mode opératoire :**
Introduire 25 ml d'eau à analyser dans un bécher et ajouter 3 gouttes de bromocrésol et mélanger bien, puis titrer par l'acide chlorhydrique jusqu'au virage de la couleur verte vers la couleur bleu.

6) Dosage de l'ammoniaque :

- **Réactifs utilisés :**
 - Solution de rouge de méthyle
 - Solution de H₂SO₄
- **Mode opératoire :**
On prend 10 ml d'eau à analyser, on ajoute deux gouttes de rouge de méthyle puis on titre avec l'acide sulfurique (0.1N) jusqu'à virage rose clair.
- **Expression :**
$$T_{NH_3} = (N_{H_2SO_4} \times V_{H_2SO_4}) \times 1000 / V_0 \times M_{NH_3}$$

7) Dosage des sulfates :

- **Réactifs utilisés :**
 - Solution de chlorure de baryum
 - Solution stabilisante
- **Mode opératoire :**
Introduire 1ml de la solution stabilisant, ajouter ml de chlorure de baryum après agiter énergiquement pendant 1mn. Ensuite effectuer la lecture à 420.

8) Dosage du CO₂ :

- **Réactifs utilisés**
 - Solution NaOH 0,
 - Indicateur coloré phénolphtaléine 0,1% ;
- **Mode opératoire**
On mit 25 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 100mL, on ajoute 1à 2 gouttes de phénolphtaléine0,1 % si coloration rose pas de CO₂ si non, on titre par la solution NaOH 0,1% jusqu'au virage au rose (la couleur rose doit persister).

Annexe VI : Composition des milieux de culture et des réactifs
1) Milieu liquides :**1-1) lactose au pourpre de bromocrésol (B.C.P.L) :**• **Bouillon Double concentration (D/C)**

| | |
|----------------------------|--------|
| -Extrait de viande de bœuf | 6g |
| -Peptone | 10 |
| -Lactose | 10g |
| -Pourpre de bromocrésol | 0.06g |
| -Eau distillée | 1000ml |

• **Simple concentration (S/C)**

| | |
|----------------------------|--------|
| -Extrait de viande de bœuf | 3g |
| -Peptone | 5g |
| -Lactose | 5g |
| -Pourpre de bromocrésol | 0.03g |
| -Eau distillée | 1000ml |

pH=7 autoclaver pendant 20 mn à 120°C

1.2) Milieux de Rothe :• **Double concentration (D/C) :**

| | |
|------------------------------|--------|
| -Tryptone | 40g |
| -Glucose | 10g |
| -Phosphate bipotassique | 5.4g |
| -Chlorure de sodium | 10g |
| -Phosphate monopotassique | 5.4g |
| -Azide de sodium | 0.4g |
| -Eau concentration distillée | 1000ml |

• **Simple concentration (S/C) :**

| | |
|----------------------------|--------|
| -Tryptone | 20g |
| -Glycose | 5g |
| -Chlorure de sodium | 5g |
| -Phosphate mono potassique | 207g |
| -Azide de sodium | 0.2g |
| -Eau distillée | 1000ml |

pH =6.8-7. Autoclaver pendant 15 mn à 121°C

1-3) bouillons glucosé à l'éthyle violet et Azide de sodium (EVA) :

| | |
|--------------------------|---------|
| -Tryptone | 20g |
| -Glucose | 5g |
| -Chlorure de sodium | 5g |
| -Phosphate bi potassique | 2.7g |
| -Azide de sodium | 0.3g |
| -Ethyle violet | 0.0005g |
| -Eau distillée | 1000ml |

Ph=7, autoclaver 20 min à 115°C

1-4) milieu Schubert :

| | |
|----------------------------|--------|
| -Tryptone | 20g |
| -Glucose | 5g |
| -Chlorure de sodium | 5g |
| -Phosphate mono potassique | 0.3g |
| -Azide de sodium | 0.3g |
| -Solution d'éthyle violet | 5ml |
| -Eau distillée | 1000ml |

Autoclaver 20 min à 120°C

NB :

Les milieux « BPCL et Schubert » reçoivent d'une cloche de Durham.

1-5) milieux litsky :

| | |
|----------------------------|--------|
| -Tryptone | 20mg |
| -Glucose | 5mg |
| -Chlorure de sodium | 2.7mg |
| -Phosphate mono potassique | 2.7mg |
| -Phosphate di potassique | 2.7mg |
| -Azide de sodium | 0.3 mg |
| -Solution d'éthyle violet | 5ml |
| -Eau distillée | 1000ml |

pH=6.7 Autoclaver pendant 20 min à 115 °C

2) milieux solides :**2-1) gélose tryptone glucose Extrait de levure (TGEA)**

| | |
|--------------------|---------|
| -tryptone | 5g |
| -glucose | 1g |
| -extrait de levure | 25g |
| -gélose | 15g |
| -eau distillée | 10000ml |

PH=7. Autoclaver pendant 20 min à 120°C

2-2) gélose viande-foie (VF)

| | |
|--------------------|--------|
| -Base viande-foie | 20g |
| -Glucose | 0.75g |
| -Amidon | 0.75g |
| -Sulfite de sodium | 1.2g |
| -Sodium carbonate | 0.67g |
| -Agar-agar | 11g |
| -Eau distillée | 1000ml |

pH=7.6. Autoclaver pendant 15 min à 120°C

Dissoudre les constituants, répartir en tubes ou flacons.

Annexe V : Table de norme le plus probable et intervalle de confiance (3 3 3)

| Nombre de tubes donnant une réaction positive sur | | | N.P.P dans 100 ml | Limite de confiance à 95% | |
|---|-----------------|-------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|
| 3 tubes de 10 ml | 3 tubes de 1 ml | 3 tubes de 0.1 ml | | Limite inférieure | Limite supérieure |
| 0 | 0 | 1 | 3 | <0,5 | 9 |
| 0 | 1 | 0 | 3 | <0,5 | 13 |
| 1 | 0 | 0 | 4 | <0,5 | 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 | 1 | 89 |
| 2 | 2 | 0 | 21 | 4 | 47 |
| 2 | 2 | 1 | 28 | 1 | 149 |
| 3 | 0 | 0 | 23 | 4 | 120 |
| 3 | 0 | 1 | 39 | 1 | 130 |
| 3 | 0 | 2 | 64 | 15 | 379 |
| 3 | 1 | 0 | 43 | 1 | 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 | 11 | 2400 |
| 3 | 3 | 2 | 1000 | 150 | 4800 |

Résume :

Ce travail consiste à effectuer une étude qualitative et quantitative du point de vue physico-chimique et bactériologique de l'eau destiné à l'irrigation des terres d'EL-Fehoul Daira de Remchi, provenant de forage « Exquise » dans le but de déterminer si ses eaux respectent la réglementation algérienne de l'eau d'irrigation ceci aussi pour évaluer le rendement végétal.

Les résultats de nos mesures et analyses montrent que cette eau présente un pH de 7,15, une conductivité plus ou moins importante de 1117 $\mu\text{S}/\text{cm}$, avec un pourcentage faible de salinité de 0,08 %.

Le suivi de la qualité bactériologique atteste l'absence des indicateurs de contamination fécale avec un taux en germes totaux presque nul.

On conclut que l'eau étudiée est de bonne qualité et apte pour l'irrigation de terres de EL-Fehoul, donc elle respecte la réglementation des eaux d'irrigation.

Absract :

This work is to perform a qualitative and quantitative study from the viewpoint physico-chemical and bacteriological water for the irrigation of lands EL-Fehoul Daira Remchi, from drilling "Exquisite" in order to determine if its waters comply with the Algerian regulation of irrigation water this also to evaluate vegetal yield.

The results of our measurements and analyzes indicate that the water has a pH of 7,15, a greater or lesser conductivity of 1117 S / cm, with a small percentage of salinity of 0.08% .

Monitoring the bacteriological quality evidenced by the absence of indicators of fecal contamination with rates near zero total germs

It is concluded that water is considered of good quality and fit for the irrigation of lands EL-Fehoul, so it complies with the regulations of irrigation water.

ملخص:

هذا العمل هو إجراء دراسة نوعية وكمية من وجهة نظر الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية لمياه الري للأراضي الفحول دائرة الرمشى، من أبار "الكسكيز" من أجل تحديد ما إذا كان الماء يتوافق مع الأنظمة المعمول بها في مياه الري هذا أيضا لتقييم المردود الفلاحي.

نتائج القياسات والتحليل لدينا تشير إلى أن المياه لديها درجة الحموضة من 7,15 الموصلية 1117 ميكروسيمنس /سم، مع نسبة ضئيلة من الملوحة من 0.08%.

رصد نوعية البكتريولوجية يتضح من عدم وجود مؤشرات التلوث البرازي مع معدلات قريبة من الصفر مجموع الجراثيم .

ونستخلص إلى أن المياه تعتبر ذات نوعية جيدة ومناسبة للري الأراضي الفحول لذلك يتوافق مع لوائح مياه الري.