

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ 08 Mai 1945 de GUELMA  
FACULTÉ DES SCIENCES ET DE L'INGÉNIERIE  
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE



## **MEMOIRE**

Pour l'obtention du Diplôme de Magister en  
Biologie - Ecologie  
Option : Hydro-écologie  
Santé, eau et environnement

## **THÈME**

**Contribution à l'étude de la pollution des eaux du bassin de la Seybouse : Cas des rejets industriels de l'Unité du marbre et des Carrelages. (Suivi de la qualité physicochimique et bactériologique).**

Présenté par : El AFRI Ali

Membres de jury :

Président :	BENOURETH D.E. (Pr.)	Université de Guelma
Promoteur :	HOUHAMDI M. (M.C.)	Université de Guelma
Examineur :	Benjedou. D (M.C.)	Université de Guelma

2008 - 2009



## REMERCIEMENTS

■ Au tout puissant **ALLAH**.

C'est Lui le Vivant ;  
Point de divinité à part Lui ;  
Louange à **Allah**, Seigneur de l'univers!

■ Au prophète **MOHAMED** que la bénédiction  
et salut de Dieu soient sur lui.

■ Je témoigne, en premier lieu, mon énorme gratitude à **Mr Houhamdi Moussa** maître de conférence à l'université de Guelma pour avoir dirigé ce travail, pour sa patience et surtout pour tout ce qu'il a apporté directement et indirectement à ma formation; qu'il trouve ici ma considération et ma reconnaissance. **Profondément sincère Merci cher monsieur.**

■ Je suis très sensible à l'honneur que m'ont fait Monsieur **Benouareth D.E.** Professeur à l'université de Guelma de m'avoir honoré de leur présence et avoir accepté de présider ce jury et **Madame Benjedou D.** maître de conférence à l'université de Guelma d'être l'examinatrice de ce travail.

■ Je tien à exprimé ma gratitude très distingué à **Monsieur Hasan et Mademoiselle Nadia** Groupe du laboratoire d'analyse d'eau de la Direction de Santé, Guelma. De m'avoir aidé à réaliser mes analyses bactériologiques.

■ Enfin les mots me manquent pour vous qualifier. **Mes parents** tout ce que j'aurais à dire ne saurait, exprimer à fond tout le sacrifice et l'endurance que vous avez du subir pour nous élever. Je vous demande pardon et vos bénédictions nuits et jours. Je ne saurais jamais vous remercier assez. Seul Dieu peut vous gratifier de tout ce que vous avez fait pour nous. Que Dieu le tout puissant vous accorde longue vie, bonne santé et bonheur à nos cotes. **“AMINE “**

## MERCI A TOUS

<b>Introduction</b> .....	1
<b>Première partie : Synthèse bibliographique</b>	
<b>Chapitre I : L'eau et le milieu naturel</b>	
1- La roue hydraulique.....	3
2- Répartition des ressources hydriques .....	4
2-1- Dans le monde.....	5
2-2- En Algérie.....	7
2-2-1 Les ressource souterrains.....	7
2-2-2- Les ressources superficielles.....	8
3- Les écosystèmes aquatiques.....	9
3-1- Les eaux courantes.....	10
3-1-1-Présentation générale.....	10
3-1-1-1-Les biocénoses .....	10
3-1-1-2-Le biotope.....	11
3-1-1-3-L'habitat.....	11
3-1-2- Importance des eaux courantes .....	11
<b>Chapitre II : La pollution des eaux</b>	
1- La pollution des eaux .....	12
2- Les différentes origines de pollutions.....	12
2-1 - La pollution urbaine.....	13
2-2 - La pollution agricole.....	13
2-3 -La pollution industrielle.....	14
3- Les différentes formes de polluants.....	14
3-1- la pollution chimique.....	14
3-1-1- les polluants organiques.....	14
3-1-2- les fertilisants.....	16
3-1-2-1- Pollution azotée.....	16
3-1-2-2- Pollution phosphatée.....	16
3-1-3- Les pesticides.....	16
3-1-4- la pollution minérale.....	17
3-1-5- La pollution métallique.....	17
3-2- la pollution physique.....	18
3-3- La pollution biologique.....	18
3-4- Les autres formes de pollution .....	19

4- Devenir des polluants dans les milieux aquatiques.....	19
5- La pollution en Algérie.....	22

### **Chapitre III : Qualité de l'eau et santé publique**

1- Contrôle et qualité des eaux.....	25
1-1-Contrôle physico-chimique .....	25
1-1-1-Température.....	25
1-1-2-Conductivité.....	27
1-1-3-pH.....	27
1-1-4- Turbidité.....	28
1-1-5- les MES.....	29
1-1-6- Oxygène, DBO, DCO.....	30
1-1-6-1- Oxygène dissous.....	30
1-1-6-2- DBO.....	30
1-1-6-3- DCO.....	31
1-1-7-Substances chimiques.....	32
1-2- Contrôle microbiologique.....	32
1-2-1- La flore totale mésophile.....	33
1-2-2- Les coliformes totaux.....	34
1-2-3- Les coliformes fécaux.....	35
1-2-4- Les streptocoques.....	35
1-3- Contrôle biologique.....	36
2- Grilles et normes de qualité.....	38
3- Les conséquences de la pollution des eaux.....	38
3-1- Sur l'homme.....	38
3-2- Sur l'environnement.....	39

### **Deuxième partie : Pratique**

#### **Chapitre IV : Matériel et méthodes**

1- Le bassin versant Seybouse.....	42
1-1- Dangers menaçant le cours de la Seybouse.....	42
1-2- Les agglomérations .....	42
1-3- Les périmètres d'irrigation .....	42
1-4- Les industries dans le bassin .....	42
2- Aperçu sur la région de Guelma (Région d'étude).....	45
2-1- Situation.....	45

---

2-2- Orographie.....	45
2-3-Hydrographie.....	45
2-4-Climat.....	47
2-4-1-pluviométrie.....	47
2-4-2-Température.....	48
2-4-3- Humidité .....	48
2-4-4- Vents .....	49
2-5- Végétation.....	50
3-Méthodologie de travail.....	51
3-1-Localisation des sites d'étude.....	51
3-2-Procédure expérimentale.....	52
3-2-1- Les analyse physicochimique.....	52
3-2-1-1-Echantillonnage.....	52
3-2-1-2- Mesure <i>in situ</i> .....	52
3-2-1-3-Mesure <i>in vitro</i> .....	53
3-2-1-3-1-Les MES .....	53
3-2-1-3-2- Matière azoté.....	54
§ <i>Les nitrates</i> .....	54
§ <i>Les Nitrites</i> .....	56
3-2-1-3-3- Matière phosphorées.....	58
§ <i>Le phosphore total</i> .....	58
§ <i>Les ortho phosphates</i> .....	59
3-2-2- Les analyses bactériologiques.....	60
3-2-2-1- L'échantillonnage.....	60
3-2-2-2- <i>In vitro</i> .....	60
3-2-2-2-1- Les germes totaux (la flore totale mésophile).....	60
3-2-2-2-2-Recherche et dénombrement des coliformes totaux, coliformes fécaux (thermo-tolérants et <i>E.coli</i> ).....	63
3-2-2-2-3-Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.....	66
3-2-2-2-4-Autres micro-organismes .....	67
3-2-2-2-4-1-Recherche des champignons.....	67
3-2-2-2-4-2-La flore totale bactérienne.....	67
3-2-2-2-4-3-Recherche des bactéries anaérobies.....	69
3-2-2-2-4-4 Recherche des bactéries pathogènes ( <i>Salmonella</i> et <i>Shigella</i> ).....	69

3-2-2-2-4-5-Coloration de gram.....	70
3-2-2-2-4-6-Identification par l'API 20 E.....	71
3-2-2-2-4-7-L'antibiogramme.....	74
3-2-3-Inventaire sur la couverture végétale.....	75

## **Chapitre V : Résultats et discussion**

1- Les paramètres physicochimiques.....	76
1-1- La température.....	76
1-2- Le pH.....	77
1-3- Conductivité et salinité.....	78
1-3-1-Conductivité.....	78
1-3-2-Salinité.....	79
1-4- L'oxygène dissous.....	80
1-5- Les matières en suspensions.....	81
1-6- Les matières azoté.....	83
1-6-1-Nitrates .....	83
1-6-2-Nitrites .....	83
1-7- Les matières phosphorés.....	85
1-7-1-Ortho phosphates.....	85
1-7-2-Phosphore total.....	85
2- Les paramètres bactériologiques.....	87
2-1- Les coliformes totaux.....	87
2-2- Les coliformes fécaux.....	88
2-3-Les Streptocoques fécaux.....	89
2-4- Recherche microbienne.....	90
2-4-1-Identification biochimique.....	92
2-5- L'antibiogramme.....	95
3- Cadre biotique.....	98
3-1- la couverture végétale .....	98
3-2- La faune .....	98
4- Evaluation de la qualité générale.....	99
<b>Conclusion.....</b>	<b>101</b>
<b>Références Bibliographiques.....</b>	<b>103</b>

## **Résumé**

## **Annexes**

Numéro de figures	Titre	Page
Fig. 1	Cycle de l'eau dans la nature	04
Fig. 2	Répartition des ressources en eau entre 2000 et 2025 dans le monde	06
Fig. 3	Les différents types d'écosystèmes aquatiques	09
Fig. 4	Chronologie des principales sources de pollution des eaux continentales dans les pays industrialisés	13
Fig. 5	Les réservoirs terrestres (Atmosphère, biosphère, pédosphère, hydrosphère) et cheminement des polluants	20
Fig. 6	Exemple de transfert et de bioaccumulation de la dioxine dans une chaîne alimentaire.	21
Fig. 7	Echelle de pH	28
Fig. 8	Les bactéries indicatrices de pollution	34
Fig. 9	Macro invertébrés indicateurs de pollution	37
Fig. 10	Carte de situation géographique du bassin de Seybouse	44
Fig. 11	Situation géographique et limite du bassin de Guelma	46
Fig. 12	Variation temporelle des précipitations moyennes entre 1994 au 2008	47
Fig. 13	Variation temporelle des températures moyennes entre 1994 au 2008	48
Fig. 14	Variation temporelle de l'humidité moyenne entre 1994 au 2008	49
Fig. 15	Variation temporelle de la vitesse moyenne des vents entre 1994 au 2008	49
Fig. 16	Laurier rose ( <i>Nerium oleander</i> )	50
Fig. 17	Le lentisque ( <i>Pistacia lentiscus</i> )	50
Fig. 18	Localisation des points de prélèvement	51
Fig. 19	Courbe d'étalonnage pour le dosage des nitrates	56
Fig. 20	Courbe d'étalonnage pour le dosage des nitrites	57
Fig. 21	Courbe d'étalonnage pour le dosage des ortho phosphates	59
Fig. 22	Dénombrement des germes totaux	62
Fig. 23	Préparation des échantillons pour le test de NPP (étape présumptive)	64
Fig. 24	Recherche et dénombrement des coliformes (étape confirmative)	66
Fig. 25	Recherche d'autres microorganismes dans l'eau	68
Fig. 26	Etalement d'un échantillon d'eau sur milieu VF	69
Fig. 27	Etalement d'un échantillon d'eau sur milieu SS	70

Fig. 28	Les étapes de la coloration de Gram	71
Fig. 29	Présentation d'une galerie API 20 E	71
Fig. 30	Inoculation de la galerie API 20 E	73
Fig. 31	Présentation générale d'un exemple d'antibiogramme	75
Fig. 32	Evolution mensuelle de la température	76
Fig. 33	Evolution mensuelle du pH	77
Fig. 34	Evolution mensuelle de la conductivité électrique	78
Fig. 35	Evolution mensuelle de la salinité	79
Fig. 36	Evolution mensuelle de l'oxygène dissous	81
Fig. 37	Evolution mensuelle des MES	82
Fig. 38	Evolution mensuelle des nitrates	83
Fig. 39	Evolution mensuelle des nitrites	84
Fig. 40	Evolution d'ortho phosphate	85
Fig.41	Evolution mensuelle du phosphore total	85
Fig.42	Evolution mensuelle des coliformes totaux	87
Fig.43	Evolution mensuelle des coliformes Fécaux	88
Fig.44	Evolution mensuelle des streptocoques fécaux	89
Fig.45	Culture sur GN : Site 2	94
Fig.46	Souche d' <i>Escherichia coli</i>	94
Fig.47	Culture sur gélose Chapman (Site 1)	94
Fig.48	Culture de champignons sur gélose Saboraud (Site 4)	94
Fig.49	Galerie biochimique API 20 E d' <i>E. coli</i>	94

Numéro de tableau	Titre	Page
Tab. 1	Répartition de l'eau douce et salée sur la planète.	05
Tab.2	Répartition spatiale des eaux souterraines du nord du pays	08
Tab.3	Répartition spatiale des eaux de surface.	08
Tab.4	Principaux types de pollution des eaux continentales, nature de produits polluants et leurs origines	15
Tab.5	Localisation des stations d'épuration dans les principaux bassins telliens	22
Tab.6	Qualité de l'eau de quelques rivières sélectionnées	23
Tab.7	Les barrages affectés par la pollution	24
Tab.8	Matériel et méthodes d'analyse physico-chimique de l'eau.	26
Tab.9	Rapport entre la conductivité et la minéralisation	27
Tab.10	Classification des eaux d'après leur pH	28
Tab.11	Classes de turbidité usuelles (NTU, nephelometric turbidity unit).	29
Tab.12	Echelle de valeurs de DBO <sub>5</sub>	31
Tab.13	Classe de qualité des eaux de surface	38
Tab.14	Effets liés aux produits chimiques	39
Tab.15	Effets liés aux micro-organismes	40
Tab.16	Les installations classées de Guelma et les milieux récepteurs de leurs rejets	43
Tab.17	Coordonnées de la station météorologique de Guelma	47
Tab.18	Principe et mode opératoire des appareils utilisés.	52
Tab.19	Isolement des souches bactériennes	90
Tab.20	Identification des souches bactériennes	93
Tab.21	Etude de la sensibilité aux antibiotiques des espèces isolés	96
Tab.22	Variation spatiale des paramètres physicochimique	99
Tab.23	Variation spatiale des paramètres bactériologiques	99

<b>Acronyme</b>	<b>Indication</b>
<b>AEP</b>	Alimentation en eau potable
<b>AFNOR</b>	Association Française de Normalisation
<b>ANPEP</b>	Association Nationale pour la Protection de l'Environnement et la lutte contre la Pollution
<b>ANRH</b>	Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.
<b>APHA</b>	American Public Health Association
<b>ART</b>	Assises Régionales du tourisme
<b>ASTM</b>	American Society for the Testing of Materials
<b>CATE</b>	Commission de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement
<b>CEAEQ</b>	Centre d'Expertise en Analyse Environnementale Du Québec
<b>CF</b>	Coliformes fécaux
<b>CHE</b>	Charte européenne de l'eau
<b>Ci eau</b>	Centre d'information sur l'eau.
<b>CIFS</b>	Centre d'Information Foret de Soignes
<b>CNES</b>	Conseil National Economique et Social.
<b>CNF</b>	Coliformes non fécaux
<b>CNRS</b>	Centre National des Recherche Scientifique.
<b>CT</b>	Coliformes totaux
<b>CTT</b>	Coliformes thermotolérants
<b>DBO</b>	Demande Biochimique (biologique) en Oxygène
<b>DCE</b>	Directive Cadre Européen
<b>DCO</b>	Demande chimique en Oxygène
<b>DDASS</b>	Direction départementale des Affaires Sanitaire et Social
<b>DDS</b>	Direction de la Santé
<b>DGAIH</b>	Direction des Grands Aménagements Hydrauliques
<b>DHW</b>	Direction d'hydraulique de la Wilaya de Guelma
<b>EC</b>	Environnement Canada
<b>IBD</b>	Indice Biologique Diatomique
<b>IBGN</b>	Indice Biologique Global Normalisé
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>MES</b>	Matière en suspension

<b>NPP</b>	Nombre le Plus Probable
<b>NTU</b>	Nephelometric Turbidity Unit
<b>OMS</b>	Organisation Mondial de la Santé
<b>ONS</b>	Office National des Statistique.
<b>OTG</b>	Office de Tourisme Guelma
<b>PCB</b>	Polychlorobiphényles
<b>pH</b>	Potentiel hydrométrique
<b>RFEA</b>	Réseau Francophone sur l'Eau et l'Assainissement
<b>SAUR</b>	Société d' Aménagement Urbain et Rural
<b>ST</b>	Streptocoques Fécaux

Aucune vie n'est possible sans cette commodité première qu'est l'eau. Aucune communauté humaine ne peut se développer sans un approvisionnement en eau douce suffisant au plan quantitatif et qualitatif.

- L'eau parce qu'elle est source de vie, est fragile ;
  - Parce qu'elle est source de prospérité, est convoitée ;
    - Parce qu'elle semble inépuisable, l'eau est gaspillée ;
      - Parce qu'elle semble inaltérable l'eau est polluée.

(Grégoir, 2002)

Aujourd'hui notre environnement se trouve menacé par une pollution induite principalement par le développement économique et industriel qu'a réalisé l'homme jusqu'à présent et qui ne cesse de croître de mieux en mieux afin de répondre à ses exigences. Néanmoins, ce développement spectaculaire s'est fait au détriment principalement de l'eau, et par conséquent de l'homme dont la santé se trouve sérieusement affectée par ce fléau (Djilani, 2006).

La plupart des rejets issus des différentes activités humaines sont évacués généralement dans les proches cours d'eaux. L'évacuation non contrôlée de ces rejets par manque de stations d'épuration ou par des stations non opérationnelles, aboutit à la pollution des eaux de surface et des eaux souterraines, véritable danger pour la faune et la flore. Les rejets des eaux usées constituent donc un élément fondamental en matière de pollution car elles sont le lieu de nombreuses réactions chimiques et de reproduction de nombreux vecteurs de maladie (Djermakoye, 2005).

L'organisation mondiale de la santé (OMS) considère que 80 % des maladies qui affectent la population mondiale sont directement véhiculées par l'eau : 400 millions de personnes sont atteintes en permanence de gastro-entérites, 160 millions de paludisme et 30 millions d'onchocercose (Desjardins, 1997).

L'Algérie se trouve dans une des régions du monde les plus défavorisées en matière de disponibilités hydriques. Or, non seulement l'explosion démographique et la croissance économique entraînent une demande en eau qui dépasse de très loin les ressources disponibles, mais, en plus, rien n'indique que la sécheresse qui a sévi ces deux dernières décennies laissera place à une pluviosité abondante (Loucif-seiad, 2002).

A l'égard de tout ce qui précède et pour assurer une alimentation permanente en eau qui convient à toute utilisation, il est indispensable d'accorder au domaine d'eau toute l'intension qu'il mérite. Les grandes questions stratégiques pour cela se rapportent entre autre à

la mobilisation de l'eau, à son traitement, à son assainissement, à sa gestion et surtout à la qualité de sa ressources (superficielle ou souterraines).

Dans le cadre de ce travail, nous avons essayé d'étudier l'effet de la pollution sur la qualité des eaux de surface du bassin versant de Guelma.

Globalement, l'objectif de cette étude est l'évaluation de la qualité des eaux superficielles du bassin de Guelma.

Nos objectifs sont :

- ⇒ Suivre l'évolution spatio-temporelle des paramètres descriptifs de la qualité de l'eau; (paramètres physicochimiques, bactériologiques et écologiques)
- ⇒ Se familiariser avec les méthodes et les techniques utilisés pour cette évaluation surtout pour les paramètres physico-chimique et bactériologique ;
- ⇒ Déterminer les relations entre les différents paramètres de pollution ;
- ⇒ Préciser l'impact des sources de pollution (industrielles et agricoles) ;
- ⇒ Identifier les risques associés à cette pollution.

Ce mémoire s'articule sur deux parties :

La première est une synthèse bibliographique rassemblant des données sur la problématique de la répartition des ressources en eau dans le monde et en particulier en Algérie, l'importance des écosystèmes aquatiques ( les eaux courantes), la pollution des eaux et ces différents types et origines et enfin, la notion de la qualité des eaux et les paramètres qu'on doit prendre en considération pour le suivi spatio-temporelle de cette qualité.

La seconde partie purement pratique décrit dans un premier temps le champ d'étude et la situation des différentes stations de prélèvement (Oued Seybouse). Dans un second temps une description méthodologique appliquée pour le suivi de l'évolution des paramètres indicateurs de la pollution des eaux :

- ⇒ Physicochimie (pH ; température ; oxygène dissous ; conductivité ; matière azoté ; matière phosphorée ;... etc.)
- ⇒ Bactériologique (flore totale ; coliforme totaux ; coliformes fécaux, streptocoques fécaux ; salmonelles ;...etc.)
- ⇒ Ecologique (couverture végétale)

*PREMIERE PARTIE*

# *SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE*

**Chapitre I: L'eau et le milieu naturel**

**Chapitre II : La pollution des eaux**

**Chapitre III : Qualité de l'eau et santé publique**

*Chapitre I: L'eau et  
le milieu naturel*

L'eau, source et milieu de vie, solvant de lavage et de transport de minéraux, régulateur thermique, l'eau possède des propriétés remarquables et essentielles à tous les êtres vivants et au maintien des propriétés environnementales de la planète terre (Ngo, 2004).

### **1- La roue hydraulique**

Évaporation, précipitation, ruissellement caractérisent le cycle hydrobiologique de l'eau dans la nature. Il peut être schématisé comme suit (Fig.1) : grâce au rayonnement solaire, l'évaporation de l'eau des mers et celle des eaux douces (lacs, rivières, fleuves...) entraîne la formation de nuages. À cet apport principal, on peut ajouter l'eau résultant de la respiration des animaux et de la transpiration des végétaux. Les nuages en particulier à l'approche des reliefs, peuvent produire des précipitations : Pluies, éventuellement chutes de neige...etc. Ces eaux météoriques vont (Claude, 1996):

- § En partie, s'infiltrer dans le sol pour alimenter les nappes phréatiques, voire les nappes profondes;
- § En partie, ruisseler vers les eaux courantes : Torrents, rivières, fleuves qui finissent par se jeter dans les mers.

À cause de la déforestation, les eaux de pluies ruissellent et s'évaporent au lieu de se fixer, si bien que les nappes phréatiques et les cours d'eau ne sont plus suffisamment approvisionnés. Il en résulte des possibilités d'inondations induites, dues aussi à l'augmentation des surfaces macadamisées (Claude, 1996).

Ce cycle recommence avec parfois des à-coups : Périodes de sécheresse ou d'inondation. En résumé, on peut considérer comme suit la répartition des eaux d'écoulement (Claude, 1996):

- § 55 % retournent à l'atmosphère par évaporation ;
- § 25 % grossissent les eaux superficielles après ruissellement ;
- § 20 % s'infiltrent dans le sol, plus ou moins aisément en raison de la nature des sols.

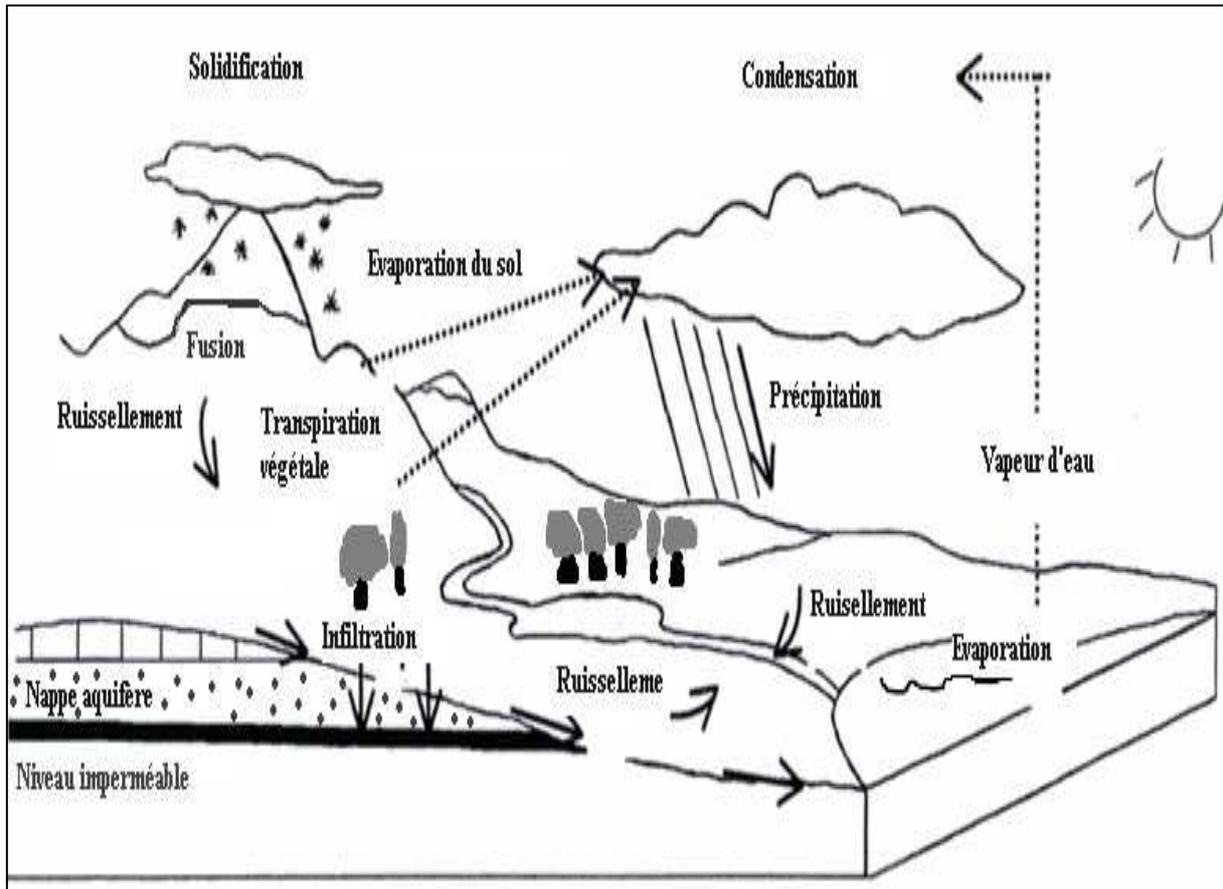


Fig.1. Cycle de l'eau dans la nature (Coulibaly, 2005).

## 2- Répartition des ressources hydriques

L'eau est très présente sur notre planète. Ainsi vue de l'espace, la Terre apparaît bleue, les océans recouvrant près des trois quarts de la surface terrestre (environ 400 fois le volume de la Méditerranée) (Fortin, 2008 ; Cieau, 2009). La totalité de l'eau sur terre représente un volume de 1,4 milliard de km<sup>3</sup>, sous forme liquide, solide ou gazeuse. Cependant, la majeure partie de l'eau (97,5 %) contenue dans les océans, est salée, ce qui la rend inutilisable pour l'homme. L'eau douce n'en représente que 2,5 %, et concerne (Fortin, 2008) :

- § Pour la majeure partie, les glaciers de montagne, et les inlandsis du Groenland et de l'Antarctique (près de 2 %) ;
- § Les eaux douces souterraines (moins de 1 %, toutes les eaux souterraines ne sont pas douces, la majorité est salées) ;
- § Les eaux de surface (cours d'eau, sols gelés, marécages et lacs d'eau douce : 0,03 %) ;
- § L'atmosphère (0,001%) ;
- § Les êtres vivants (0,0001%).

Le tableau ci-dessous montre la répartition approximative de l'eau douce et salée sur la planète.

**Tab. 1.** Répartition de l'eau douce et salée sur la planète (Diops et Rekecewicz, 2003).

<i>Répartition de l'eau douce et salée sur la planète</i>	<i>Km<sup>3</sup></i>	<i>%</i>
<b>Eau douce</b>	<b>35000000</b>	<b>2,5</b>
⇒ Glaciers et couverture neigeuse permanente	24000000	68,9
⇒ Eaux souterraines	8000000	30,8
⇒ Lacs et réservoirs	105000	0,3
<b>Eaux salées</b>	<b>1365000000</b>	<b>97,5</b>
Volume total d'eau	1400000000	100

### 2-1- Dans le monde

L'eau douce est très inégalement distribuée. Certaines régions bénéficient d'excédents considérables, c'est le cas par exemple du Canada, du Chili, de la Nouvelle-Zélande ou de la Norvège où les disponibilités en eau dépassent les 50 000 m<sup>3</sup> par personne et par an. D'autres, au contraire, souffrent chaque année de pénuries graves, c'est le cas des pays du Maghreb, du Golfe ou de l'Asie où les disponibilités en eau sont inférieures à 1000 m<sup>3</sup> par personne et par an. Ces régions vulnérables, souvent situées dans les pays en voie de développement, sont d'autant plus exposées que la croissance rapide de la population crée, sur les ressources en eau une pression supplémentaire (Guichard, 2009).

La figure. 2 montres les prévisions de la disponibilité en eau en 2025, où l'Afrique occidentale et le moyen orient présenteront des besoins intenses.

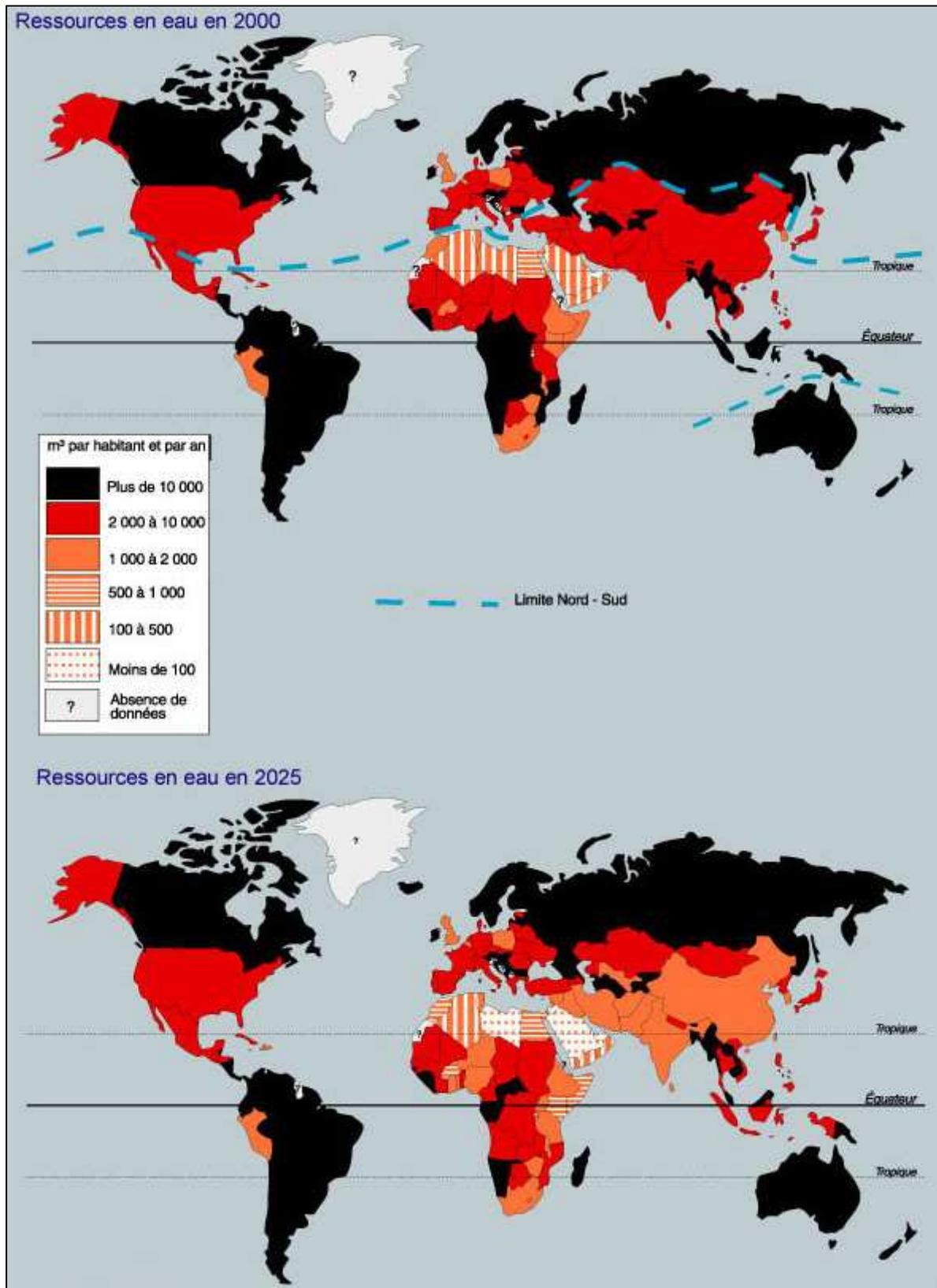


Fig. 2. Répartition des ressources en eau entre 2000 et 2025 dans le monde (Mutin, 2000).

## **2-2- En Algérie**

Notre pays se situe parmi les pays les plus pauvres en matière de potentialités hydriques, soit en dessous du seuil théorique de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1000 m<sup>3</sup> par habitant et par an (CNES, 2000). Le territoire algérien couvre une superficie de près de 2,4 millions de km<sup>2</sup> dont 90% de cette étendue correspondant à un désert où les précipitations sont quasi-nulles (Loucif-seiad, 2002).

Les ressources en eaux en Algérie dépendent des précipitations donc du climat (Tab. I en annexe). Le climat varie du type désertique au Sud au type méditerranéen au Nord. La pluviométrie moyenne pour l'ensemble du pays est de 68 mm/an, mais elle varie de 00 mm/an au Sud du pays à 1500 mm/an (max) dans la région côtière du Nord-Est du pays. Cependant, elle varie aussi de l'Ouest vers l'Est, elle augmente de 350 mm/an à 1000 mm/an en moyenne.

Le nord du pays dispose de l'apport principal des eaux météoriques, mais celles-ci sont très irrégulières. L'apport total en eau de précipitation a été estimée à environ 65 milliard de m<sup>3</sup> seulement pour le nord du pays, dont 47 milliard de m<sup>3</sup> s'évaporent, 3 milliard de m<sup>3</sup> s'infiltré dans le sol et environ 15 milliard de m<sup>3</sup> ruissellent à la surface des terres (Tabet-Helal, 2004).

Selon l'A.N.R.H, 20004 (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques) les potentialités totales en eau qui peuvent être mobilisé avoisinent les 19 milliard de m<sup>3</sup> /an dont 12 à13 milliard de m<sup>3</sup> /an en eaux de surface et 2,8 milliard de m<sup>3</sup> d'eaux souterraines dont 800 millions de m<sup>3</sup> dans le sud (ressource renouvelables).

### **2-2-1 Les ressource souterrains**

Les eaux souterraines ont été évaluées par les services techniques de l'ANRH et de la Direction des Grands Aménagements Hydrauliques (DGAH) dans le cadre du Plan national de l'eau à environ 2 milliards de m<sup>3</sup> (Tab. 2).

Actuellement, nous estimons à plus de 12000 forages, 9000 sources et 100000 puits qui sollicitent les nappes pour les besoins de l'agriculture et en AEP. (ANRH, 2000)

#### **\* Dans le Sud du pays :**

Quelques nappes phréatique, souvent saumâtres, existent dans les lits d'oueds tels que l'Oueds M'zab (Ghardaïa), Saoura (Bechar)...etc. Selon les dernières études, l'exploitation de ces nappes pourrait être portée à cinq milliards de m<sup>3</sup> par an réparti dans les Wilaya suivantes : Biskra ; El Oued; Ouargla ; Ghardaïa ; Adrar et Tamanrasset (ANRH, 2000).

**\* Dans le nord du pays:**

La répartition par région hydrographique des eaux souterraines du Nord se présente comme suit:

**Tab.2.** Répartition spatiale des eaux souterraines du nord du pays (CNES, 2000)

<b>Bassin hydrographique</b>	<b>Oranie Chott Chergui</b>	<b>Cheliff Zahrez</b>	<b>Algérois Soumam Hodna</b>	<b>Constantinois Seybouse Mellègue</b>	<b>Total</b>
<b>Ressources pot. (Hm<sup>3</sup>/an)</b>	375	231	745	543	1.894
<b>Pourcentage (%)</b>	19,7	12,2	39,2	28,9	100

**2-2-2- Les ressources superficielles**

Les dernières études menées dans le cadre du Plan National de l'eau (ANRH et DGAH, 2000) montre que les ressources en eau de surface sont évaluées à 12,4 milliards de m<sup>3</sup> répartis par bassin en cinq régions hydrographiques (L'Oranie-Chott- Chergui, le Chellif-Zahres, l'Algérois-Hodna- Soumam, le Constantinois-Seybouse-Mellegue et le Sud) (Tab.3 et tab. II en annexe).

**Tab.3.** Répartition spatiale des eaux de surface.

<b>Bassin hydrographique</b>	<b>Oranie Chott Chergui</b>	<b>Cheliff Zahrez</b>	<b>Algérois Soumam Hodna</b>	<b>Constantinois Seybouse Mellègue</b>	<b>Sud</b>	<b>Total</b>
<b>Ressources pot. (Hm<sup>3</sup>/an)</b>	1 025	1 840	4 380	4 500	600	12 345
<b>Pourcentage (%)</b>	8,3	14,9	35,48	36,46	4,86	100

### 3- Les écosystèmes aquatiques

La connaissance des différents types d'environnement aquatique et de leurs fonctionnements est indispensable pour mieux détecter les pollutions et comprendre leurs conséquences écologiques (Bonnard et al, 2003).

Il existe une très grande variété de milieux aquatiques que l'on peut regrouper en deux grands types suivant que leurs eaux sont salées ou douces. Le schéma ci-dessous montre les différents types d'hydro système que nous pouvons distinguer :

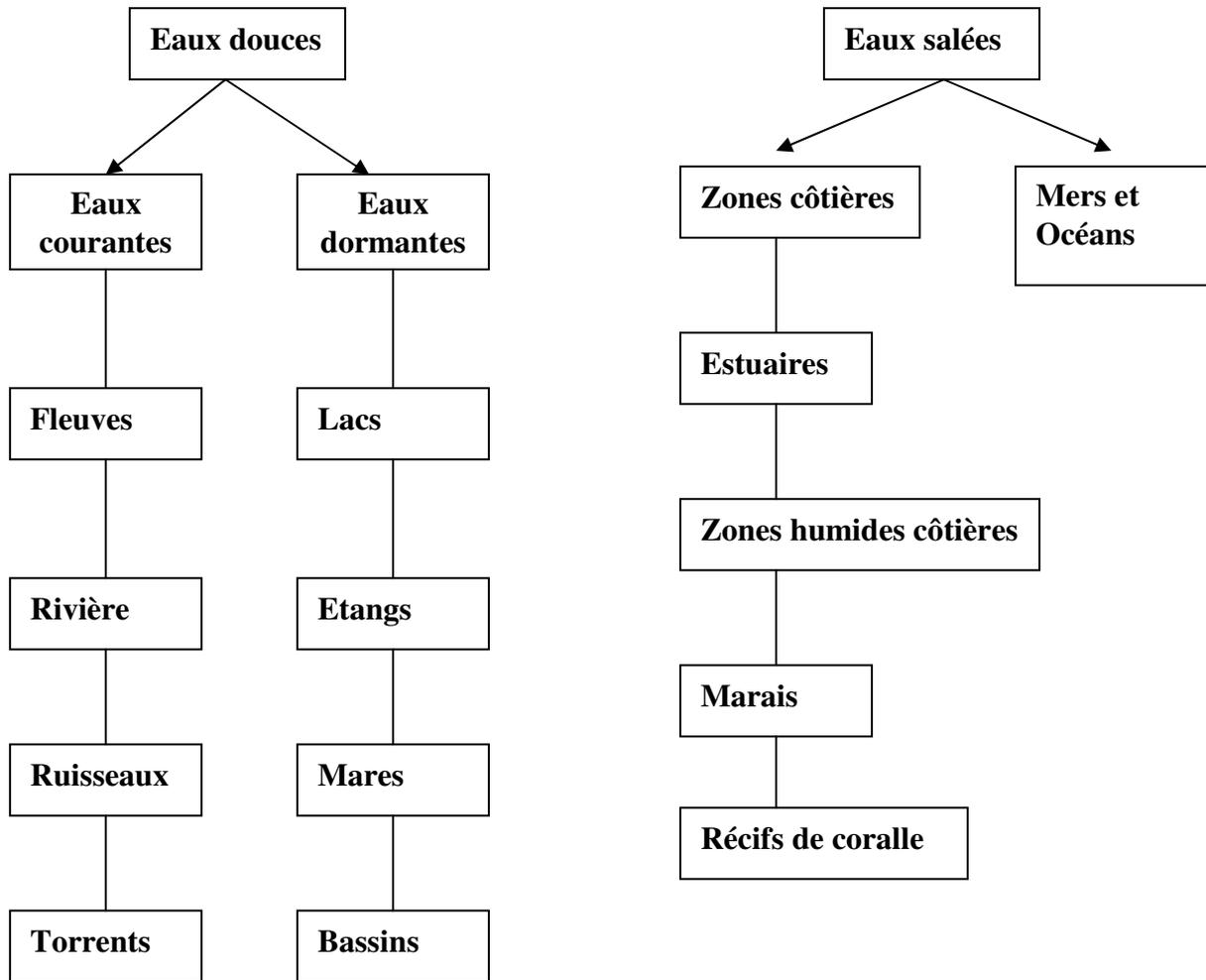


Fig. 3. Les différents types d'écosystèmes aquatiques (Lenntech, 2004 et Grandmottet, 2007)

### **3-1- Les eaux courantes**

#### **3-1-1-Présentation générale:**

Les eaux courantes sont des zones de contacts entre milieu aquatique et milieu terrestre, composées d'un lit irrégulier et de berges boisées, riches en espèces animales et végétales. Grâce aux phénomènes de filtration et d'oxydation, combinés à l'action des organismes (bactéries, insectes, plantes,...etc.) vivant dans les milieux aquatiques et sur les berges, la rivière assure le maintien de la qualité de son eau et préserve l'équilibre de son écosystème (AREHN, 2006).

Elles sont caractérisées par (Grandmottet, 2007) :

- § Présence et permanence d'un lit naturel à l'origine;
- § Permanence d'un débit suffisant;
- § Ecoulement permanente ;
- § L'existence d'un courant permanente unidirectionnel;
- § Continuité longitudinale;
- § Alternance de phénomènes d'érosion et de sédimentation ;
- § Métabolisme Benthique.

#### **3-1-1-1-Les biocénoses**

À quelque rares exceptions, l'ensemble des grands groupes végétaux et animaux est susceptible d'être rencontré dans les eaux courantes (Bonnard et al, 2003):

- § Virus ; les virus de la faune et de la flore sont les seul virus véritablement hydrique c'est à dire capable d'être multiplier dans l'écosystème aquatique. Les autre sont parvenus à l'eau suit d'une pollution (virus humain, bactériophage fécaux) (Schwartzbord et al, 1973).
- § Bactéries ; extrêmement divers et variés les bactéries des eaux sont souvent apparentées à celle du sol (Entérobactéries, *Pseudomonas*, *Nitrobacter*, *Azotobacter*,...etc.) (Champiat et al, 1994).
- § Algues, végétaux supérieurs, protozoaires, invertébrés.

Ces organismes peuvent être regroupés en grand communauté : planctonique, périphytique, benthique, nectonique ou neustonique. Les organismes ont entre eux des relations intra ou interspécifiques, de nature trophique (relation proie/prédateur), parasitaire (relation hôte/parasite)...etc. (Champiat et al, 1994).

### **3-1-1-2-Le biotope**

Le biotope des écosystèmes d'eau courante est constitué par l'eau et le substrat (lit et berges). Il dépend des facteurs climatiques, géologiques et topographiques ayant trait au bassin versant. Il est aussi caractérisé par un certain nombre de composantes qui interagissent de façon très complexe (variation des débits, concentration en éléments chimiques.. .etc.) (Bonnard et *al*, 2003).

### **3-1-1-3-L'habitat**

Les différents facteurs de l'écosystème aquatique peuvent être rassemblés en trois catégories:

- § Les facteurs physico-chimiques (pH, sels dissous, oxygène dissous, MES, ...etc.
- § Les facteurs morpho-dynamiques (Granulométrie, vitesse du courant, la luminosité, hauteur d'eau... etc.) (Bonnard et *al*, 2003) ;
- § Les facteurs biotiques ou ensemble des relations intra et interspécifiques. Dans un seul millilitre d'eau de lac ou de rivière, peuvent se développer de 1 à 10 millions de micro-organismes. Acteurs invisibles mais essentiels du fonctionnement de la biosphère, ces micro-organismes jouent un rôle prépondérant dans les flux de matière et d'énergie au sein des écosystèmes aquatiques (Amblard, 2001).

D'une manière schématique l'interdépendance de tous ces facteurs et leurs variabilités spatiales et temporelles font du fonctionnement des écosystèmes aquatiques un équilibre dynamique en perpétuel ajustement (Bonnard et *al*, 2003).

### **3-1-2- Importance des eaux courantes**

Selon les utilisations les eaux courantes ont une grande importance non seulement pour l'alimentation en eau de boisson mais elles assurent aussi de nombreuses fonctions domestiques ou industrielles (Morin, 1999) :

- § Hydroélectricité;
- § Eau potable;
- § Dilution des eaux usées;
- § Navigation;
- § Reproduction d'espèces d'importance;
- § Commerciale;
- § Tourisme.

*Chapitre II: La pollution  
des eaux*

## **1- La pollution des eaux**

Le problème de la pollution des eaux représente sans aucun doute, un des aspects les plus inquiétants de la dégradation du milieu naturel (Ramade, 1995).

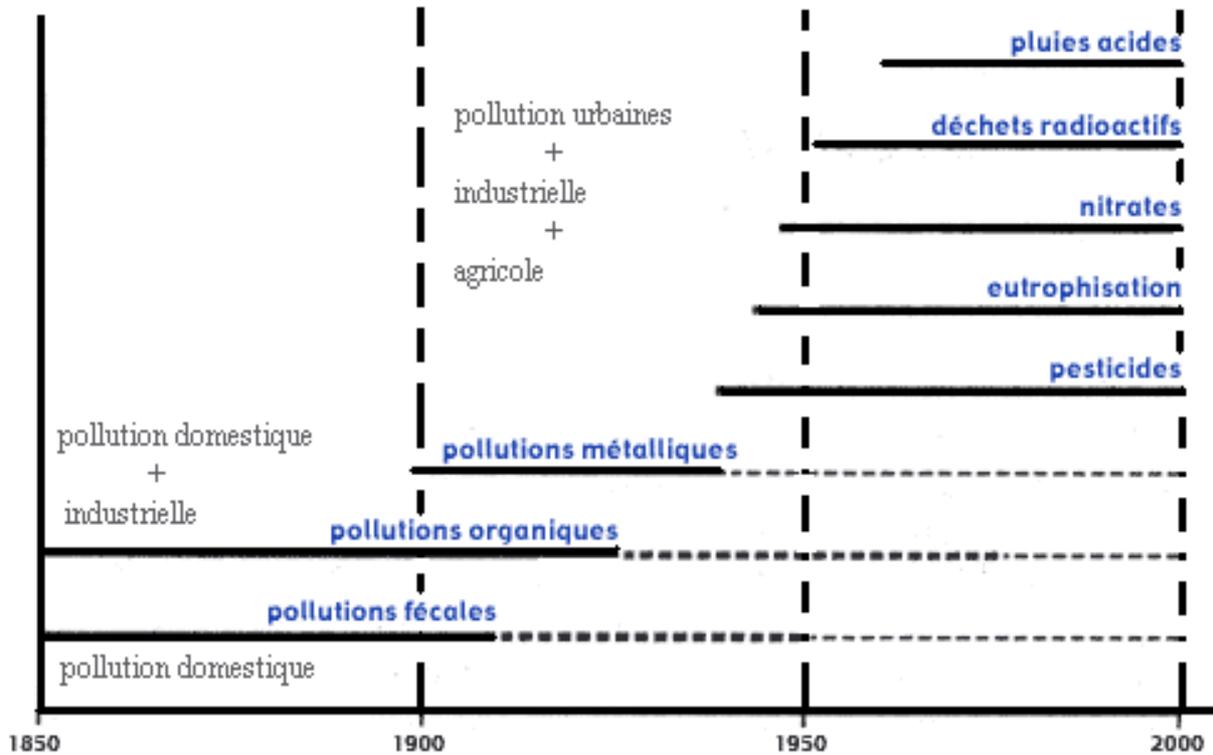
Il est nécessaire de bien préciser la notion de pollution pour mieux comprendre sa conséquence écologique. La pollution peut se définir par rapport à des situations de référence variées :

- § Pour l'écologue, il s'agit de la dégradation du milieu eau par l'introduction d'un agent altéragène par l'homme et ses activités. Cet agent, substance ou facteur (physique, chimique ou biologique), provoque à partir d'une certaine concentration ou intensité, une altération des qualités naturelles et perturbe les conditions de vie de la flore et de la faune aquatiques de ce milieu eau (Zilliox, 2000 ; CNRS, 2009).
- § Pour l'utilisateur, l'eau est polluée quand sa qualité soit impropre ou dangereuse et ne correspond plus aux exigences de certains usages (domestiques, agricoles, industriels, pêche, loisirs...etc.) (CHE, 1993).

## **2- Les différentes origines de pollutions**

L'activité humaine, qu'elle soit urbaine (usages domestiques, commerce, entretien des rues), agricole (utilisation d'engrais et de pesticides) ou industrielle (chimie, papeterie, industrie agroalimentaire, etc.), produit de grandes quantités de substances polluantes de toute nature qui sont à l'origine de différents types de pollutions (CNRS, 2009).

Ces pollutions peuvent entraîner divers types de nuisances (Fig.4) : augmenter la mortalité de certaines espèces animales ou végétales jusqu'à parfois les faire disparaître, altérer leurs capacités physiologiques, détériorer la qualité de l'eau au point de la rendre impropre à certains usages, comme l'alimentation humaine (Lévêque, 1996).



**Fig. 4.** Chronologie des principales sources de pollution des eaux continentales dans les pays industrialisés (Lévêque, 1996).

### 2-1- La pollution urbaine

Elle provient des utilisations quotidiennes de l'eau à la maison : Eaux des toilettes, eaux savonneuses rejetées avec les lessives, les bains ou la vaisselle, les produits versés dans les éviers... etc.

La pollution domestique est représentée aussi par les eaux usées rejetées (effluents) par les installations collectives, telles que les hôpitaux, les écoles, les commerces, les hôtels, les restaurants, l'eau de pluie (qui lave les rues)... etc. (Chapgier, 2005).

### 2-2- La pollution agricole

Les sources de pollution agricole sont de deux types : D'une part les engrais et les pesticides mal utilisés qui polluent les eaux souterraines (en s'infiltrant dans le sol avec l'eau de pluie et d'arrosage) et de surface (en ruisselant). L'emploi excessif d'engrais a fait sensiblement augmenter la quantité de nitrate dans les rivières et nappes phréatiques peu profondes. Et d'autre part, les effluents des élevages riches en composés azotés sous forme organique (déjection animale : fumier, lisier) ou minérale (chimique) (Vilaginés, 2003 et Chapgier, 2005).

### **2-3- La pollution industrielle**

L'industrie est grande consommatrice d'eau. Il ne faut pas moins de 300 litres pour fabriquer 1kg de papier, 1250 litres pour 1kg d'aluminium, 40 000 litres/seconde pour refroidir une centrale nucléaire. Ces eaux sales, (chargées en métaux lourds, hydrocarbures, solvants, matières organiques), si elles ne sont pas traitées dans une station d'épuration, entraînent une pollution physique et chimique du milieu naturel (CNRS, 2009).

### **3- Les différentes formes de polluants**

Les polluants des eaux peuvent être classés de manières différentes, par exemple suivant leurs nature chimique (minérale, organiques ou mixtes) leurs état physique (solides, liquides ou gazeuses), les compartiments de l'environnement dans lesquels ils sont déchargés ou trouvés (local, non local ou diffuse) leurs sources, leurs effets, les organismes cibles qui peuvent être atteints,... etc. (CNRS, 2009). Le tableau 4 résume la diversité de ces polluants ainsi que la multiplicité de leurs natures et de leurs sources.

#### **3-1- La pollution chimique**

La pollution chimique de l'eau est peut-être la forme de pollution que nous sommes les plus familiarisés avec. Ce terme est employé pour décrire l'acte d'ajouter les produits chimiques indésirables ou toxiques à l'eau (hydrocarbure, huile, détergents, pesticides, métaux lourds ...etc. (Pullen, 2007).

Il est impossible, ici, de dresser une liste exhaustive des polluants chimiques connus à cause de leurs très grandes diversités, qui provient de l'accroissement accéléré ; industriels, agricole et démographique, dont suit quelque exemples :

##### **3-1-1- les polluants organiques**

Les matières organiques ont longtemps été les principaux polluants des milieux aquatiques. Elles proviennent des déchets domestiques (ordures ménagères, excréments), agricoles (lisiers) ou industriels (papeterie, tanneries, abattoirs, laiteries, huileries, sucreries...), lorsque ceux-ci sont rejetés sans traitement préalable (Lévêque, 1996).

Une ville de 100 000 habitants par exemple déverse environ 18 tonnes de matière organique par jour dans ses égouts (CNRS, 2009).

Certaines substances organiques sont facilement biodégradables (fermentescibles) et peuvent donc être décomposés et éliminées grâce aux capacités naturelles d'auto-épuration des milieux aquatiques (CNRS, 2009).

**Tab. 4.** Principaux types de pollution des eaux continentales, nature de produits polluants et leurs origines (Ramade, 1992).

<b>Types de pollution</b>	<b>Nature</b>	<b>Sources</b>
<b>Physique</b>		
Pollution thermique	rejets d'eau chaude	centrales thermiques
Pollution radioactive	radio-isotopes	installations nucléaires
<b>Chimique</b>		
Matière organique	glucides, lipides, protides, organismes morts, excréments, médicaments	effluents domestiques, collectivité, agricoles, agro-alimentaires, pharmaceutique
	ammoniac, nitrates	élevages et piscicultures
Fertilisants	nitrates, phosphates	agriculture, lessives
Métaux et métalloïdes	mercure, cadmium, plomb, aluminium, arsenic...	industries, agriculture, pluies acides, combustion
Pesticides	insecticides, herbicides, fongicides	agriculture, industries
Organochlorés	PCB, solvants	industries
Composées organiques de synthèse	nombreuses molécules	industries
Détersifs	agents tensio-actifs	effluents domestiques
Hydrocarbures	pétrole et dérivés	industrie pétrolière, transports
<b>Microbiologique</b>		
	bactéries, virus, champignons	effluents urbains et d'élevage

Certains d'autres sont non dégradables par les fermentations (non fermentescibles), autrement dit par l'action de micro-organismes vivants. Ces substances non biodégradables et imputrescibles (plastiques, etc.) s'accumulent et persistent à long terme (Colas, 1976).

### **3-1-2- les fertilisants**

Les fertilisants ou bien les nutriments tels que le phosphore et l'azote sont essentiels à la croissance des organismes (plantes, invertébrés, algues, microorganismes,...etc.). Ils contiennent beaucoup de substances nutritives et quand ceux-ci gagnent les milieux aquatiques entraînant des déséquilibres importants dans la composition de ces milieux. (Pullen, 2007).

#### **3-1-2-1-Pollution azotée**

Elle rassemble l'azote organique, l'azote ammoniacal  $\text{NH}_4^+$ , les nitrates  $\text{NO}_3^-$  et les nitrites  $\text{NO}_2^-$  :

Les nitrates représentent le stade final de l'oxydation de l'azote. Naturellement présents dans le milieu, leur apport dans l'agriculture sous forme d'engrais fait aujourd'hui d'eux l'une de source majeure de pollution à long terme. Extrêmement solubles, ils rejoignent les eaux souterraines via le sol et se déversent dans les cours d'eau par ruissellement de surface ou de sub-surface (Schmitzberger, 2008).

#### **3-1-2-2-Pollution phosphatée**

Ces éléments nutritifs sont présents à l'état naturel dans l'eau, ils proviennent, à part égale, des activités agricoles et industrielle, des déjections humaines et des détergents ou lessives phosphatées (ortho phosphates, poly phosphates et organophosphorées). Les phosphates sont ajoutés dans ces dernières car ils ont la propriété de neutraliser l'action du calcaire.

En surplus dans le milieu naturel, ils sont la cause d'une prolifération anarchique des végétaux d'eau douce, entraînant ainsi une diminution d'oxygène dans l'eau et donc l'asphyxie du milieu (Phénomène d'eutrophisation comparable à celui provoqué par un excès de nitrates) (SAUR, 2007).

#### **3-1-3- Les pesticides**

Les pesticides (insecticides, raticides, fongicides et herbicides) sont des composés chimiques entièrement artificiels, comportant des propriétés toxicologiques.

Utilisés principalement en agriculture (mais aussi dans les jardins des particuliers), ils sont la cause d'une pollution diffuse des eaux de surface et des eaux souterraines (SAUR, 2007).

Leurs caractéristiques comportementales dans l'environnement (SAUR, 2007) :

- aptitude à migrer
- persistance
- solubilité
- affinité pour les supports solides
- peu biodégradables

Parmi les molécules les plus redoutées, on notera en particulier (SAUR, 2007) :

- l'atrazine,
- la simazine,
- le lindane
- le gaucho (destruction des abeilles)

#### **3-1-4- la pollution minérale**

La pollution minérale provient des matières minérales en suspension, qui se déposent par décantation et occupent le lit de la rivière. Elles proviennent de l'extraction des combustibles minéraux, des minerais, des matériaux de construction, des ateliers de lavage, de la transformation et du conditionnement de ces minerais ou matériaux. Mais aussi des substances minérales dissoutes, toxiques ou désagréables (Colas, 1976).

#### **3-1-5- La pollution métallique**

Les métaux lourds qui entrent dans l'environnement aquatique proviennent de sources naturelles et de sources anthropogènes. Leur entrée peut être le résultat soit de déversements effectués directement dans les écosystèmes marins et dans les eaux douces, soit d'un cheminement indirect comme dans le cas des décharges sèches et humides et du ruissellement agricole (Biney, 1996). Parmi les importantes sources on a :

- § Les sources naturelles : l'activité volcanique, l'altération des continents et les incendies de forêts (Biney, 1996).
- § Les sources anthropogènes : Effluents d'extractions minières ; effluents industriels ; effluents domestiques et ruissellements orageux urbains ; lessivage de métaux provenant de décharges d'ordures ménagères et de résidus solides ; apports de métaux provenant de zones rurales, par exemple métaux contenus dans les

pesticides ; sources atmosphériques, par exemple combustion de carburants fossiles, incinération des déchets et émissions industrielles et les activités pétrochimiques (Biney, 1996).

### **3-2- la pollution physique**

On parle de pollution physique lorsque le milieu aquatique est modifié dans sa structure physique par divers facteurs (Godnair, 2006).

Il peut s'agir :

- D'un rejet d'eau réchauffée (pollution thermique) : Dans beaucoup de procédés industriels, de la chaleur doit être rejetée dans l'environnement car c'est de la chaleur perdue. La manière la moins coûteuse de le faire est de pomper de l'eau dans l'étendu d'eau voisine, la faire passer à travers l'usine, et de rejeter cette eau réchauffée dans l'étendu d'eau. La chaleur qui est libérée dans l'eau a des effets négatifs sur toutes les espèces vivantes dans l'étendu d'eau. L'eau "chaude" diminue la solubilité de l'oxygène dans l'eau et elle pousse aussi les organismes vivants dans l'eau à respirer plus rapidement. Beaucoup d'organismes meurent par manque d'oxygène, ou deviennent plus sensibles aux maladies (Godnair, 2006).

-D'un rejet liquide ou solide des sédiments ou matière en suspension ce qui conduit à une altération de la transparence diminution de l'absorption de la lumière par l'eau, modification de la turbidité du milieu (boue, limon, ...)... etc. (Godnair, 2006).

### **3-3- La pollution biologique**

Il peut s'agir de pollution par des micro-organismes : les germes (bactéries, virus, champignons) dont certains sont pathogènes autrement dit susceptibles de provoquer des maladies. Provenant dans la majorité des cas des égouts ils peuvent proliférer à leur arrivée dans le milieu aquatique même s'il est vrai qu'il s'agit d'un milieu qui ne favorise pas la vie de la plupart des agents pathogènes (Guillaume et al, 2003).

Il peut également s'agir de l'introduction par l'homme par exemple de la jacinthe d'eau qui a depuis colonisé une grande partie des cours d'eau, éliminant la majorité des espèces de plantes aquatiques indigènes et affectant profondément les écosystèmes limniques (rivières et lacs) (Guillaume et al, 2003).

### **3-4- Les autres formes de pollution**

D'autres formes de pollution existent, mais elles sont perçues différemment selon les individus et selon les organismes (Hondermark, 2009).

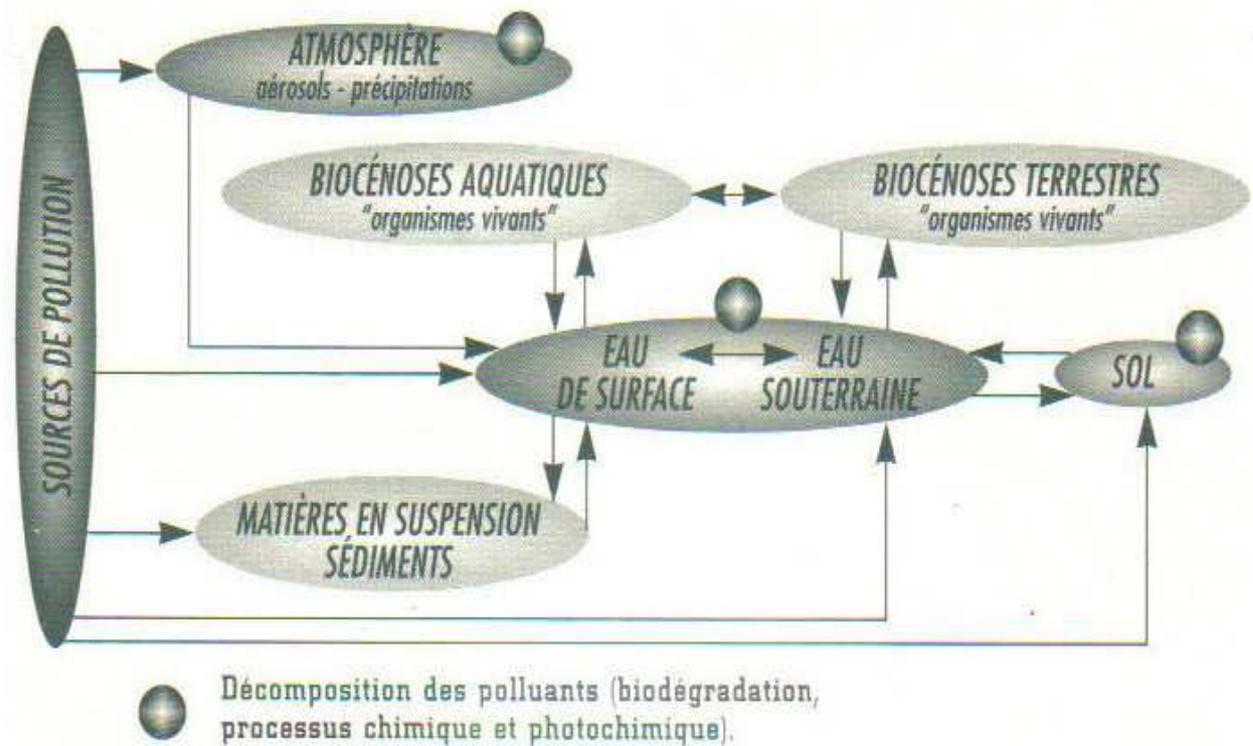
**Les pluies acides :** Une pluie acide (pH voisin de 2) est une pluie rendue acide par son contact avec la pollution atmosphérique (Le dioxyde de soufre et l'oxyde d'azote) causée par les voitures, les usines et les centrales (combustion du pétrole et du charbon). En atteignant le sol et les milieux aquatiques elle cause de nombreux dommages à la faune et à la flore (Cravotta et *al*, 2003).

**La pollution sonore :** cause un stress à certaines espèces sensibles. Ce stress va se manifester par des troubles comportementaux, entraînant une baisse de la dynamique de l'espèce. Les animaux vont passer moins de temps à se nourrir, à rechercher un partenaire... (Hondermark, 2009).

**La pollution visuelle :** La plupart de la faune et de la flore n'est pas sensible aux différentes traces de l'homme. Par contre elle est sensible aux dérangements. Les promeneurs, les chasseurs ou les naturalistes qui s'aventurent trop souvent dans certains milieux sensibles causent des dégâts considérables, même s'ils ne tuent pas directement. C'est pour cela qu'il est nécessaire de maintenir des zones interdites au public. Le dérangement des espèces est un gros problème actuel (Hondermark, 2009).

### **4- Devenir des polluants dans les milieux aquatiques**

Pour pouvoir évaluer la progression d'une pollution, il ne suffira pas de connaître seuls les différentes origines ou bien formes de la pollution, mais il faudra prendre en compte les divers devenir des différents polluants (transports et cheminements) (Fig.5) ainsi que l'interaction entre ces polluants et les milieux traversés. Le schéma qui suit représente les réservoirs terrestres et cheminement des polluants.



**Fig. 5.** Les réservoirs terrestres (Atmosphère, biosphère, pédosphère, hydrosphère) et cheminement des polluants (Meyback, 1989).

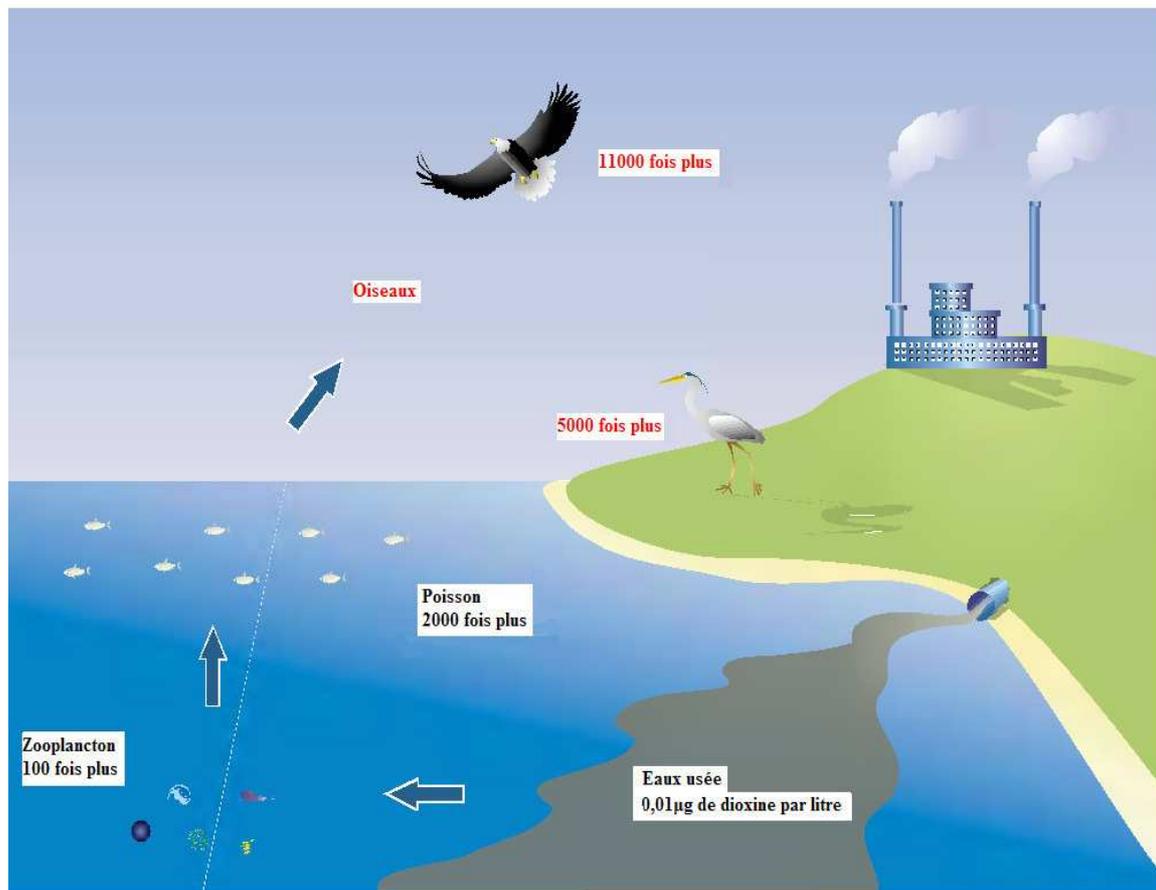
Les activités humaines sont à l'origine de l'émission d'une grande variété de polluants dont la plupart se retrouve finalement dans les milieux aquatiques.

Selon leur nature et leur origine, les polluants peuvent concerner des zones géographiques réduites (pollution locale) ou être transportés dans l'eau ou l'atmosphère et contaminer l'ensemble de la planète (pollution globale). La très grande majorité des polluants est entraînée par ruissellement et drainage dans les cours d'eau et par infiltration dans les nappes souterraines. Lorsqu'ils sont disséminés par le vent, les polluants retombent inévitablement avec les eaux de pluies, parfois à de grandes distances de leur point d'émission.

Dans les milieux aquatiques, les polluants peuvent suivre différents trajets, plus ou moins longs. Certains polluants sont dégradés très rapidement par des réactions chimiques, sous l'effet de la lumière, ou encore grâce à l'intervention de microorganismes (biodégradation). (Valerie et al, 2004).

D'autres polluants, dits persistants, contaminent durablement les milieux aquatiques, soit en restant dans l'eau et surtout dans les sédiments, soit en passant dans les organismes vivants et, dans certains cas s'accumulent dans les chaînes alimentaires "bioaccumulation" (Fig.6) (Valerie et al, 2004).

La capacité d'auto-épuration d'un écosystème aquatique dépend de sa structure physique, de sa composition biologique (nombre d'espèces présentes) et de son fonctionnement.



**Fig. 6** Exemple de transfert et de bioaccumulation de la dioxine dans une chaîne alimentaire (Niemann, 2008).

\*La concentration en polluant augmente à chaque maillon de la chaîne alimentaire.

## 5- La pollution en Algérie

Les ressources hydriques en Algérie sont en danger et les données sont particulièrement inquiétantes du fait que la pollution avance à grand pas : plus de 600 millions de mètres cubes d'eau usée ne sont pas traités, et sont déversés à l'état "sauvage" dans les cours d'eau (CNES, 2008).

Par ailleurs, le taux de dépollution des eaux usées est officiellement de 22% mais, si l'on tient compte des pannes fréquentes qui frappent les unités, ce taux tombe à quatre pour cent. Jusqu'à présent il n'existe encore que 77 stations d'épuration d'eau au niveau national, 68 sont en cours de réalisation et 20 autres sont programmées pour l'année 2009. (Goumezaine, 2000). On peut relever dans le tableau ci-dessous que même en tenant compte des programmes en cours de réalisation, les bassins de Chélif et de la Seybouse se trouvent totalement dépourvus de systèmes d'épuration (CATE, 2005).

Il faut rappeler que le code des eaux amendé stipule que " Toute les agglomération de plus de 100 000 habitants doivent disposer impérativement de procédés et d systèmes d'épuration des eaux usées" (CNES, 2008).

**Tab.5.** Localisation des stations d'épuration dans les principaux bassins telliens (CATE, 2005)

Bassin	Station d'épuration (équivalent habitant)					
	Existant		En réalisation		Total	
	Nbre	Capacité	Nbre	Capacité	Nbre	Capacité
Tafna	-	-	2	300000	<b>2</b>	<b>300000</b>
Macta	6	361000	2	130000	<b>8</b>	<b>491000</b>
Chélif	1	60000	-	-	<b>1</b>	<b>60000</b>
Mazafran	1	300000	-	-	<b>1</b>	<b>300000</b>
Isser	1	45000	-	-	<b>1</b>	<b>45000</b>
Sébaou	5	94000	1	60000	<b>6</b>	<b>154000</b>
Soummam	2	346000	1	150000	<b>3</b>	<b>496000</b>
Kébir Rhumel	1	45000	1	400000	<b>2</b>	<b>44500</b>
Seybouse	-	-	-	-	-	-
Medjerdah Mellègue	-	-	1	150000	<b>1</b>	<b>150000</b>
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>981000</b>	<b>8</b>	<b>1190000</b>	<b>25</b>	<b>2171000</b>

⇒ **Au plan de la qualité**

Sur la globalité des eaux inventoriées par les études, 44 % serait de bonne qualité, 44% de qualité satisfaisante et 12% de qualité médiocre. Le tableau ci-dessous montre la qualité de quelques rivières Algériens (ONS, 2006).

**Tab. 6.** Qualité de l'eau de quelques rivières sélectionnées (ONS, 2006)

	Unité	Chelif	Tafna	Seybouse
Station de mesure		Sidi Belatar	Pierre du Chat	El Hadjar
Année		1998	1997	1998
Débit	M <sup>3</sup> /s	35,5	7,5	11,5
Température	C°	20,12	15,88	21,41
Acidité	pH	7,99	8,24	8,21
Saturation en oxygène	%	90,27		36,61
DBO	Mg/l	28,44	33,28	18,33
DCO	Mg/l	93,2	90	124,3
Nitrates (NO <sub>3</sub> )	Mg/l	15,3	23	5 ,58
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	Mg/l	0,129	0,456	2,29
Ammonium	Mg/l	0,435	0,378	9,18

⇒ **Une dégradation continue des ressources**

La dégradation des ressources en eau commence à atteindre des proportions inquiétantes, notamment dans la région tellienne où se trouve la grande partie des potentialités en eau de surface. La pollution de certains barrages (Tab.7), tant par les eaux usées domestiques que par les rejets industriels, a déjà été soulignée (CATE, 2005).

**Tab.7.** Les barrages affectés par la pollution. (CATE, 2005)

Barrage	Wilaya	Source de pollution
Cheffia	El-taref	Rejets urbains et industriels
Zerdaza	Skikda	Rejets urbains
Hammam-Grouz	Mila	ENAD* Chelghoum-Laid
Lakhal	bouira	ENAD Sour-El-Ghozlane
Béni Amrane	Boumerdas	ENAD Lakhdaria/Hydrocarbures
Keddara	Boumerdase	Hydrocarbures
Hamiz	Alger	Hydrocarbures
Harbil	Médéa	Complexe antibiotique SAIDAL**
Fergoug	Mascara	Rejets urbains et industriels
Béni Bahdel	Telemcen	Rejets urbains et industriels
Sidi Abdelli	Telemcen	Rejets industriels
Merdja Sidi Abed	Relizane	Rejets urbains et industriels
(*) Entreprise national des détergents et produits d'entretiens.		
(**) Entreprise National de production pharmaceutique		

*Chapitre II: Qualité de  
l'eau et santé publique*

## **1- Contrôle et qualité des eaux**

Comment détermine-t-on la qualité des eaux ? Sujet inépuisable, pour le quel chaque journée apporte de nouveaux éléments à ajouter.

La tâche est complexe tant les paramètres à prendre en compte sont nombreux pour arriver à bien déterminer cette qualité et décrire la réalité des scénarios de pollution (Pery, 2003) :

- § La grande diversité des polluants (qui contamine l'eau)
- § Le domaine pour le quel cette eau est destinée (AEP ; agriculture ; industrie ; loisirs...etc.)
- § L'origine de ces eaux :
  - ⇒ Eau naturelle (superficielle ou souterraine) ;
  - ⇒ Eau usée (effluents domestiques ou industriels)

La seule façon de connaître la salubrité (qualité) d'une eau est de la faire analyser. Des normes nationales et internationales fixent des indicateurs de pollution physico-chimique et biologique. Dans ce travail nous sommes intéressés par les eaux naturelles superficielles et généralement l'analyse de la qualité de ces eaux comporte (Ibrahim, 2006) :

- ⇒ Contrôle physico-chimique ;
- ⇒ Contrôle bactériologique ;
- ⇒ Contrôle biologique.

### **1-1-Contrôle physico-chimique**

Il existe une grande variété de paramètres physico-chimiques indicateurs de pollution de l'eau, les matériels et méthodes généralement utilisables pour le contrôle de ces paramètres sont présentés dans le tableau.8. En fonction de l'objectif de notre étude on peut citer les analyses suivantes :

#### **1-1-1-Température**

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). De plus, en mettant en évidence des contrastes de température de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau (RFEA, 2009).

La température doit être mesurée in situ. Les appareils de mesure de la conductivité ou du pH possèdent généralement un thermomètre intégré.

**Tab. 8.** Matériel et méthodes d'analyse physico-chimique de l'eau  
(Drouart et al, 1999).

Paramètre	Mesure par sonde portative électrochimique	Photométrie (spectrométrie)	Titration ou colorimétrie
pH	X		X
Conductivité	X		
Température	X		
Chlorures	X	X	X
Alcalinité			X
Phosphates	X	X	X
Sulfates		X	X
Nitrates / Nitrites	X	X	X
Ammoniac	X	X	X
Calcium	X	X	X
Magnésium	X	X	X
Sodium	X		
Potassium	X	X	X
Dureté		X	X
Fer		X	X
Manganèse		X	X
Fluorures	X	X	
Silice		X	X
Aluminium			X
Chlore			X
Hydrogène sulfuré		X	X
Oxygène	X		
Oxydabilité			X

### 1-1-2-Conductivité

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. Il est logique d'admettre que la conductivité d'une eau sera d'autant plus importante que sa minéralisation sera élevée. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous (degré de minéralisation) dans l'eau (RFEA, 2009). Le tableau. 9 établit une relation entre le degré de la minéralisation et la conductivité selon la réglementation française.

**Tab.9.** Rapport entre la conductivité et la minéralisation (Diallo, 1996).

<b>Conductivité</b>	<b>Minéralisation</b>
0 – 100 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation très faible
100 – 200 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation faible
200 – 333 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation moyenne accentuée
333 – 666 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation accentuée
666 – 1 000 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation importante
> 1 000 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation élevée

La conductivité est également fonction de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température augmente. Les résultats de mesure doivent donc être présentés en termes de conductivité équivalente à 20 ou 25°C. Les eaux pures ont une conductivité d'environ 0.05  $\mu\text{S/cm}$  (à 25 °C), les eaux naturelles environ 100 à 1000  $\mu\text{S/cm}$ . Comme la température, des contrastes de conductivité permettent de mettre en évidence des pollutions, des zones de mélanges ou d'infiltration (RFEA, 2009).

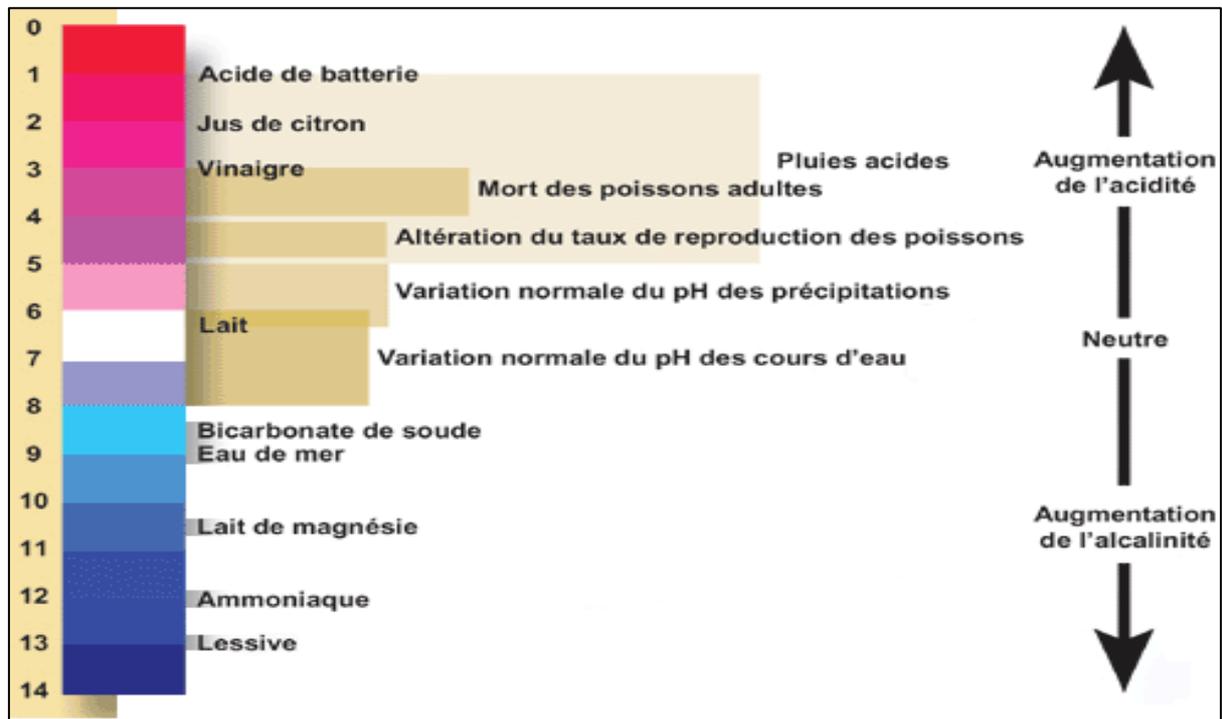
### 1-1-3-pH

Le pH (potentiel hydrogène) est un des caractéristiques fondamentales de l'eau. Le pH donne une indication de l'acidité d'une substance. Il est déterminé à partir de la quantité d'ions d'hydrogène hydronium ( $\text{H}^+$ ) ou d'ions hydroxide ( $\text{OH}^-$ ) contenus dans la substance. (Tandia, 2007). Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité (Tab.10 et Fig.7). Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau (OIEau, 2009).

Le pH doit être impérativement mesuré sur le terrain à l'aide d'un pH-mètre ou par colorimétrie.

**Tab. 10.** Classification des eaux d'après leur pH (Souchon, 2009).

pH < 5	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée => majorité des eaux de surface
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense



**Figure.7.** Echelle de pH (EC, 2008).

**1-1-4- Turbidité**

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...). Cependant une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur des particules en suspension. La turbidité se mesure sur le terrain à l'aide d'un turbidimètre (RFEA, 2009).

**Tab.11.** Classes de turbidité usuelles (NTU) (RFEA, 2009).

NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble
NTU	La plupart des eaux de surface en Afrique atteignent ce niveau de turbidité

### **1-1-5- les MES**

Désigne l'ensemble des matières solides (petites particules fines minérales et/ou organiques en suspension qui résistent à la séparation par des méthodes conventionnelles) contenues dans une eau et pouvant être retenues par filtration ou centrifugation. Ces particules sont soit d'origine naturelle (êtres vivants planctoniques notamment les algues, particules de sable, de terre et de sédiment arrachées par l'érosion...), soit produites par les rejets urbains et industriels (Melquiot, 2003).

Cependant des teneurs élevées en MES peuvent affecter les propriétés habituel d'une eau (Hébert et Légaré, 2000) :

- ⇒ Changement de coloration et augmentation de la turbidité
- ⇒ Empêcher la pénétration de la lumière, (diminution de la transparence des eaux)
- ⇒ Elévation de la température (les MES absorbe l'énergie solaire)
- ⇒ Diminuer l'oxygène dissous et limiter alors le développement de la vie aquatique et créer des déséquilibres entre diverses espèces.

Elles peuvent être responsables de l'asphyxie des poissons par colmatage des branchies. Elles peuvent aussi interférer sur la qualité d'une eau par des phénomènes d'adsorption notamment de certains éléments toxiques, et de ce fait être une voie de pénétration de toxiques plus ou moins concentrés dans l'organisme.

Ainsi on comprend mieux pourquoi les MES rentrent systématiquement en compte dans un bilan de pollution. Ces analyses permettent donc de connaître la quantité de matière non dissoutes, quelles soient organiques ou minérales, présentes dans un échantillon (moll, 2009).

### **1-1-6- Oxygène, DBO, DCO**

L'ensemble de ces paramètres permet d'estimer la quantité de matière organique présente dans l'eau.

#### **1-1-6-1- Oxygène dissous**

L'eau absorbe autant d'oxygène que nécessaire pour que les pressions partielles d'oxygène dans le liquide et dans l'air soient en équilibre. La solubilité de l'oxygène dans l'eau est fonction de la pression atmosphérique (donc de l'altitude), de la température et de la minéralisation de l'eau : plus les eaux sont chaudes et profonde moins elles sont oxygénées (Hakmi, 1994 ; Hade, 2002 et Rejsek, 2002).

La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie, et donc dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse (Hakmi, 1994).

C'est un paramètre utilisé essentiellement pour les eaux de surface. Une eau très aérée est généralement sursaturée en oxygène (torrent), alors qu'une eau chargée en matières organiques dégradables par des micro-organismes est sous-saturée. En effet, la forte présence de matière organique, dans un plan d'eau par exemple, permet aux micro-organismes de se développer tout en consommant de l'oxygène

L'oxygène dissous est donc un paramètre utile dans le diagnostic biologique du milieu eau (Hakmi, 1994).

#### **1-1-6-2- DBO**

La DBO (demande biochimique en oxygène) exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique (d'hydrates de carbone, de matières protéiques, d'acides aminés, de lipides et autres substances de réserves) biodégradable d'une eau par le développement de micro-organismes, dans des conditions données (Lesavre, 2001 ; Djermakoye, 2005) :

- ⇒ Communément 5 j d'incubation, (parfois 3j, 7j, 21,...)
- ⇒ Température ; 20°C, (température favorable à l'activité des micro-organismes consommateurs d'O<sub>2</sub>)
- ⇒ A l'abri de la lumière et de l'air (afin d'éviter toute photosynthèse parasite).

Plusieurs facteurs influent sur la valeur de la DBO :

- ⇒ Un pH hors de l'intervalle [6,5 - 8,5] ; la DBO mesurée ne correspond alors qu'à une fraction de la DBO réelle.

- ⇒ La variation de température affecte tous les processus biologiques.
- ⇒ Les micro-organismes doivent être en nombre assez suffisant.
- ⇒ Un milieu pauvre en sels nutritifs (dérivés azotés et phosphatés) entraîne une baisse de la DBO
- ⇒ Les substances inhibitrices ont un effet toxique sur l'activité des microorganismes. (la présence de métaux lourds comme le cuivre, le chrome, le cadmium même en quantité faible peut inhiber l'action des bactéries).

Cette mesure est très utilisée car elle donne une approximation de la charge en matières organiques biodégradables. Elle est exprimée en mg/l d'O<sub>2</sub> consommé.

### **1-1-6-3- DCO**

La DCO (demande chimique en oxygène) exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique (biodégradable ou non) d'une eau à l'aide d'un oxydant, le bichromate de potassium (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>). Ce paramètre offre une représentation plus ou moins complète des matières oxydables présentes dans l'échantillon (certains hydrocarbures ne sont, par exemple, pas oxydés dans ces conditions). L'objectif de la DCO est donc différent de celui de la DBO (Labanowski, 2004).

La DCO peut être réalisée plus rapidement que la DBO (oxydation " forcée ") et donne une image de la matière organique présente, même quand le développement de micro-organismes est impossible (présence d'un toxique par exemple). Le résultat s'exprime en mg/l d'O<sub>2</sub> (Labanowski, 2004).

**Tab. 12.** Echelle de valeurs de DBO<sub>5</sub> (RFEA, 2009)

<b>Situation</b>	<b>DBO<sub>5</sub> (mg/l d'O<sub>2</sub>)</b>
Eau naturelle pure et vive	< 1
Rivière légèrement polluée	1 < c < 3
Egout	100 < c < 400
Rejet station d'épuration efficace	20 < c < 40

### **1-1-7- Substances chimiques**

La qualité d'une eau est également évaluée à partir des teneurs d'un certain nombre de substances chimiques. C'est la concentration en ces différents éléments et leur effet sur les écosystèmes aquatiques et la santé humaine qui détermine cette qualité et permet de savoir si celle-ci convient à un usage particulier (DCE, 2007).

Ils devront donc s'intéresser particulièrement aux paramètres suivants (DCE, 2007):

- ⇒ Composés azotés et phosphorés, (voir chapitre 2)
- ⇒ Composés organiques de synthèse (plus au moins) toxique: produits organo-chlorés, benzène-toluène-xylène et leurs dérivés, hydrocarbures aromatiques polycycliques, pesticides..., etc. (DCE, 2007).
- ⇒ Composés métalliques à l'état de traces : Mercure, cadmium, plomb, cuivre arsenic, sélénium, zinc, chrome, ... etc. (DCE, 2007).
- ⇒ Composés minéraux : La minéralisation de la plupart des eaux est dominée par huit ions appelés couramment les ions majeurs. On distingue les cations : calcium, magnésium, sodium et potassium, et les anions : chlorure, sulfate, nitrate et bicarbonate (RFEA, 2009).
- ⇒ Autres éléments dissous : Tel que le fer, le fluor l'aluminium...etc. (RFEA, 2009).

### **1-2-Contrôle microbiologique**

L'eau peut être contaminée par différents microorganismes tels que des bactéries, des virus ou des parasites. Ils proviennent des eaux usées ou des déjections animales qui renferment des quantités très importantes d'organismes pathogènes ou non (DDASS, 2006).

Cet examen de la qualité microbiologique est effectué au moyen de microorganismes indicateurs. Puisque il n'est pas concevable de rechercher tous les germes pathogènes qui pourraient être présents dans l'eau, à la fois en raison de contraintes techniques et financières (CEAEQ, 2005):

- Ils sont très nombreux et très varies ;
- De plus leurs identifications sont très difficile voire impossible dans le cas des virus ;
- Enfin leurs durées de vie peuvent être très courtes.

Pour ces différentes raisons et selon le Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec, 2006 le contrôle de la qualité bactériologique de l'eau consiste en la recherche de germes dits "témoins de contamination fécale" qui possèdent plusieurs caractéristiques :

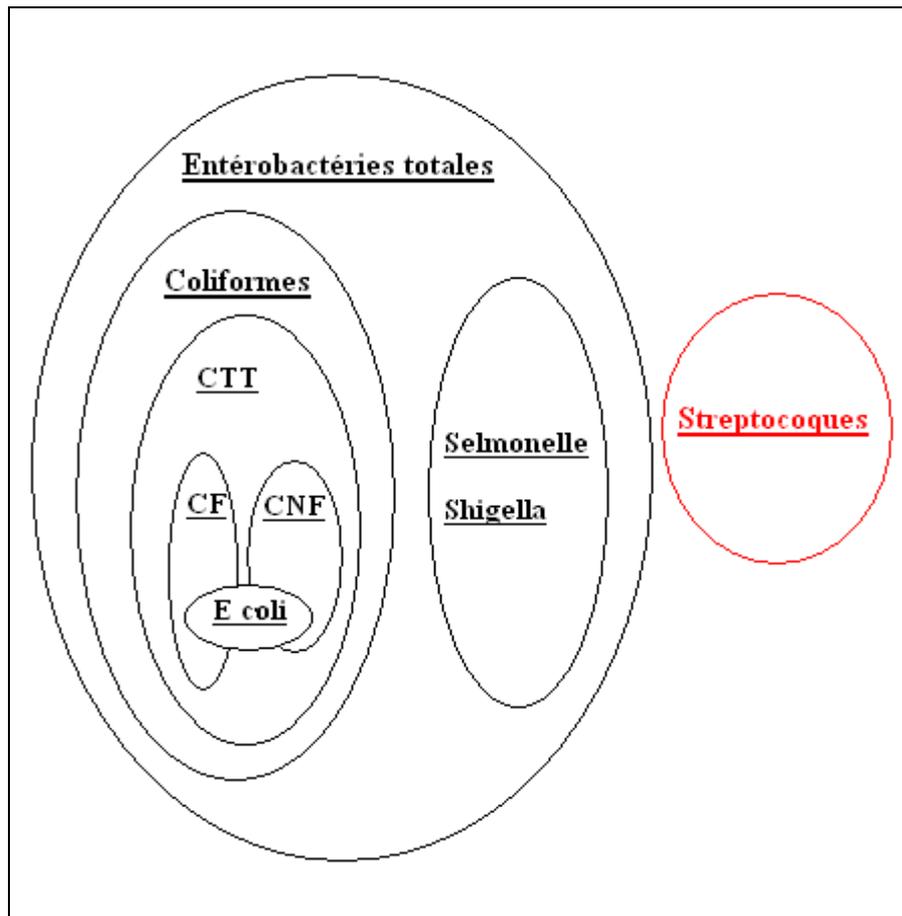
- § La densité des microorganismes indicateurs est généralement proportionnelle au degré de pollution de l'eau par les matières fécales;
- § Lorsque des microorganismes pathogènes d'origine intestinale sont présents dans l'échantillon, les microorganismes indicateurs sont aussi présents, et généralement en plus grand nombre que les microorganismes pathogènes;
- § Les microorganismes indicateurs sont toujours présents dans l'intestin des humains et des animaux à sang chaud et ils sont éliminés en grande quantité dans les matières fécales;
- § La survie des microorganismes indicateurs dans l'environnement est généralement équivalente à celle des microorganismes pathogènes;
- § Une relation existe entre la présence des microorganismes indicateurs et l'apparition de maladies d'origine hydrique;
- § Les microorganismes indicateurs sont sans danger pour les humains et ils peuvent être dénombrés par des techniques de laboratoire relativement simples.

Selon l'OMS l'indicateur le plus précis pour estimer la pollution fécale est en fait *Escherichia coli*, membre du groupe des coliformes thermotolérant. (DDASS, 2006).

Les indicateurs de pollution fécale pris en compte dans ce travail sont : La flore totale mésophile, les entérobactéries totaux, les streptocoques fécaux (Fig. 8) et autres germes.

### **1-2-1- la flore totale mésophile**

Il s'agit des bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies (BHAA) facultatives. C'est une mesure quantitative des bactéries viables sur un milieu de culture déterminé. Les bactéries dénombrées requièrent de la matière organique comme source de carbone (hétérotrophes) et sont cultivées à des températures optimales situées entre 20 °C et 45 °C (mésophiles) avec ou sans présence d'oxygène (aérobies et anaérobies facultatives). Cette méthode permet d'isoler et de dénombrer un groupe relativement varié d'espèces de bactéries sans égard à leur étiologie (pathogénicité). Cette méthode permet d'obtenir une appréciation globale de la contamination et une évaluation de la salubrité générale d'un milieu donné sans toutefois préciser les sources de contamination (CEAEQ, 2005).



**Fig. 8.** Les bactéries indicatrices de pollution (DDS, 2007)

### 1-2-2- les coliformes totaux

Dans la 16<sup>e</sup> édition de l'APHA, 1989 le groupe des coliformes est défini comme des bactéries en forme de bâtonnet, sporulée et gram négative aérobie ou anaérobie facultative, qui possédant l'enzyme  $\beta$ -galactosidase permettant l'hydrolyse du lactose avec production de gaz en moins de 48 heures à 35°C.

Les principaux genres inclus dans le groupe sont : *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella* et *Serratia*. La presque totalité des espèces sont non pathogène et ne représente pas de risque direct pour la santé, à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli* (*E.coli*) ainsi que de rares bactéries pathogène opportunistes (Delarras, 2000 ; Edberg et al, 2000).

### **1-2-3- Les coliformes fécaux**

Les coliformes fécaux se définissent comme des bactéries aérobies et anaérobies facultatives, à Gram négatif, sporulées, en forme de bâtonnet et produisant une coloration bleue en moins de 24 heures à 44,5 °C sur un milieu approprié contenant du lactose. En raison de leur capacité de croître à la température élevée de 44,5 °C et non seulement à 35 °C comme les coliformes totaux, les coliformes fécaux sont de plus en plus souvent désignés par l'appellation "coliformes thermotolérants" dans la littérature scientifique. Appartienne dans la majorité des cas l'espèce bactérienne *Escherichia coli*, et dans une moindre mesure des souches occasionnelles d'*Enterobacter*, de *Citrobacter* et de *Klebsiella* (CEAEQ, 2005).

#### **→ *Escherichia coli***

Est une bactérie en forme de bâtonnet Gram négatif appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae*. *E. coli* est abondant dans les selles humaines et animales où il peut atteindre des concentrations de  $10^9$  bactéries par gramme de matières fécales fraîches. Les isolats d'*E.coli* peuvent être caractérisés sérologiquement en se basant sur les antigènes O somatiques et les antigènes H flagellaires. Les souches d'*E. coli* sont extrêmement variables dans leurs propriétés biochimiques, mais les propriétés les plus communes sont l'indole, et la croissance à 44,5°C (Manier, 2009 et Majdoub, 2005).

Les coliformes fécaux de même que *E. coli* sont des indicateurs d'une contamination récente ou constante, d'origine fécale humaine ou animale. *E. coli* est un indicateur plus spécifique d'une contamination fécale que le groupe des coliformes fécaux (CEAEQ, 2005).

### **1-2-4- Les streptocoques**

Ces bactéries appartiennent à la famille de *Streptococcaceae*, au genre *Streptococcus* et au groupe sérologique D de LanceField (Sharpe, 1979). Ils sont définis comme étant des cocci sphériques légèrement ovales, gram positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent le mieux à 37°C et ils possèdent le caractère homoférmementaire avec production de l'acide lactique sans gaz (Manuel de Bergey, 1984).

Il y a 5 espèces reconnues parmi les streptocoques fécaux : *S. bovis*, *S. equinus*, *S. avium*, *S. faecalis* et *S. faecium*.

Les streptocoques sont originaires des intestins de l'homme et des animaux à sang chaud et indiquent une pollution par des matières fécales. Ce groupe bactérien est souvent utilisé comme témoin supplémentaire de contamination fécale du milieu aquatique. Les

streptocoques ne sont pas pathogènes pour l'homme mais leur présence en grand nombre pourrait indiquer la présence de bactéries pathogènes (Galaf et *al*, 2003).

D'autres indicateurs sont généralement inclus pour des contrôles bactériologiques spécifiques et qui apportent des informations supplémentaires sur la pollution (DDS, 2007 ; CEAEQ, 2005):

- ⇒ La recherche de salmonelle et *shigella* ;
- ⇒ Recherche et dénombrement des spores anaérobies sulfito-réductrices ;
- ⇒ Recherche des vibrions cholériques ;
- ⇒ Recherche des virus et des bactériophages ;
- ⇒ Autre : *Clostridium*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Staphylocoque*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Legionella*, *Mycobacterium*, *Proteus*, moisissures et champignons, parasites...etc.

### **1-3-Contrôle biologique**

Tous les êtres vivants et toutes les biocénoses que l'on rencontre sur la terre fournissent des données au sujet du milieu dans lequel ils se développent. Ils sont le reflet de leur environnement (CIFS, 1998). Il est donc très important de connaître le fonctionnement "normal" de ces biocénoses si l'on veut évaluer l'importance de ses dysfonctionnements dus à des pollutions provenant par définition des activités humaines (Lefeuvre, 2008).

L'utilisation des bio-indicateurs ou bien la bio-surveillance végétale et animale permet de définir la nature ou la répartition spatiotemporelle des polluants présents dans le milieu naturel et leur danger pour les êtres vivants. Ces méthodes constituent un outil simple, rapide et économique aux méthodes physico-chimiques classiques nécessitant des manipulations de produits acquis d'un coût onéreux (Tandjir et Djébar, 2004).

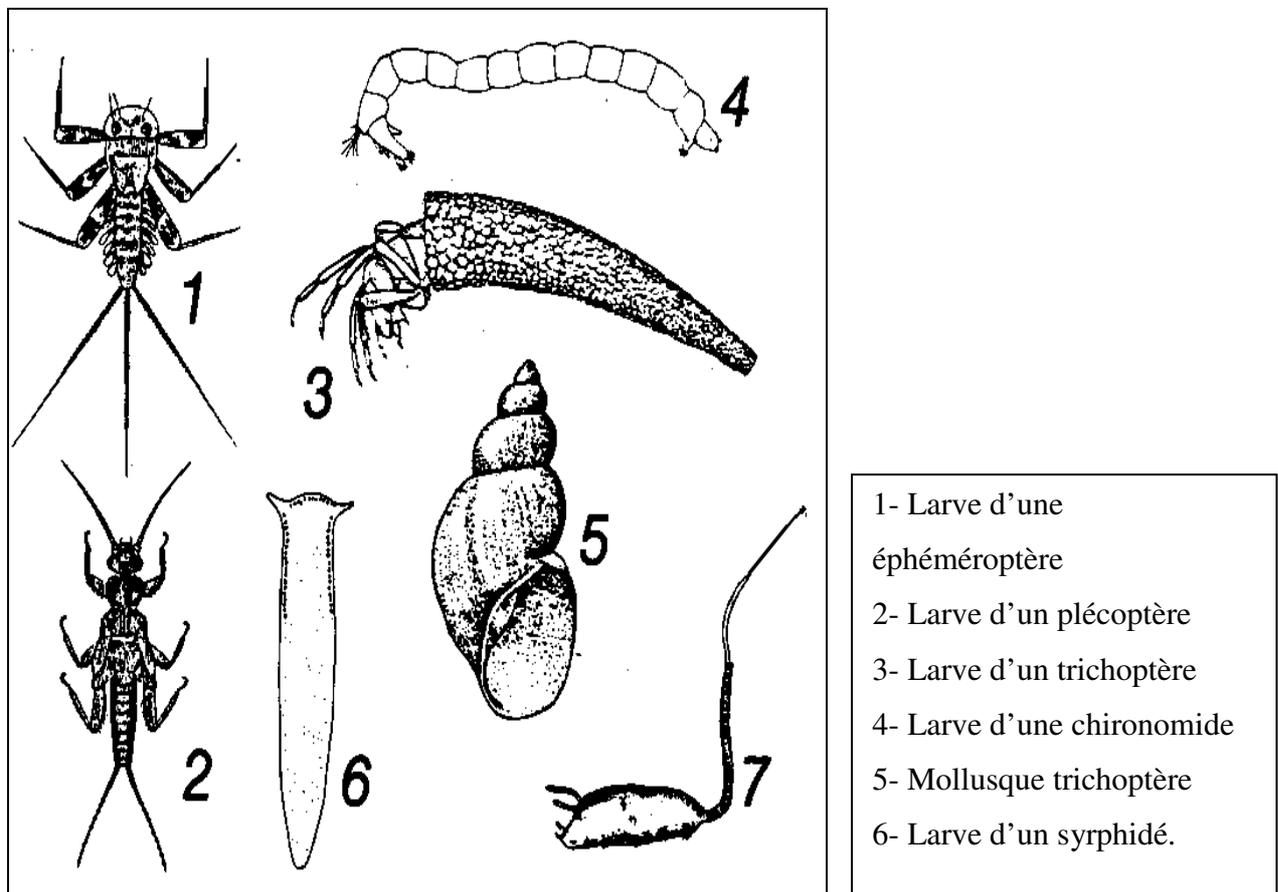
Les organismes sont exposés durant toute leur vie à un grand nombre de facteurs de l'environnement. Ils reflètent les conditions moyennes, étalées sur une période plus longue, tandis que les mesures physiques et chimiques nous informent seulement sur la situation au moment de l'échantillonnage (CIFS, 1998).

⇒ *La qualité de l'eau*

Il existe beaucoup de systèmes d'évaluation de la qualité de l'eau par des méthodes biologiques (IBGN et IBD par exemple). Pratiquement tous ces systèmes sont basés sur l'observation qu'une espèce d'organismes se rencontre toujours dans des conditions bien spécifiques. (CIFS, 1998)

Plusieurs espèces ont été utilisées (Fig. 9) :

- § Des micro-organismes, comme les bactéries, les flagellés, les infusoires, les algues, les lichens, les diatomées...etc. (CIFS, 1998).
- § Des macro-invertébrés : les vers, les mollusques, les larves d'insectes, les sangsues, les plathelminthes,... etc. (CIFS, 1998).
- § Autres : Les plantes les poissons et les oiseaux. (Lemoalle et *al*, 2001)



**Fig. 9.** Macro invertébrés indicateurs de pollution (CIFS, 1998).

## 2- Grilles et normes de qualité

Les grilles et les normes de qualité sont des outils établis par des autorités ou bien des organismes professionnels (ISO, AFNOR, ASTM,...etc.) par le biais des paramètres définies précédemment afin de normaliser, de simplifier et d'unifier l'appréciation de la qualité des eaux (des rivières, des lacs et des retenues de barrages) (Tab. 13 et Tab. IV en annexe)

**Tab. 13.** Classe de qualité des eaux de surface (ANRH, 2004)

Classe de qualité					
paramètres	Unité	Bonne	Moyenne	polluée	Très polluée
DBO <sub>5</sub>	Mg O <sub>2</sub> / L	< 5	5 à 10	10 à 15	>15
DCO	Mg O <sub>2</sub> / L	< 20	20 à 40	40 à 50	>50
MO	Mg O <sub>2</sub> / L	< 5	5 à 10	10 à 15	>15
O <sub>2</sub> dissout	%	90 à 100	50 à 90	30 à 50	<30
NH <sub>4</sub>	Mg / L	0 à 0.01	0.01 à 0.1	0.1 à 3	>3
PO <sub>4</sub>	Mg / L	0 à 0.01	0.01 à 0.1	0.1 à 3	>3
NO <sub>2</sub>	Mg / L	0 à 0.01	0.01 à 0.1	0.1 à 3	>3
NO <sub>3</sub>	Mg / L	< 10	10 à 20	20 à 40	>40

## 3- Les conséquences de la pollution des eaux

L'eau tout en jouant un rôle important pour la vie, la santé, l'accès à l'hygiène et au confort, constitue d'un autre côté un large éventail d'impacts sur l'homme et son environnement (Ouahdi, 1995), généralement on distingue :

### 3-1- Sur l'homme (Tab. 14 et 15)

- ⇒ Effets liés aux micro-organismes (les maladies hydriques)
- ⇒ Effets liés aux produits chimiques

### 3-2- Sur l'environnement

→ L'eutrophisation : (du grec : eu=bien; trophis=nourri), ou plutôt la dystrophisation (du grec : dys=mal; trophis=nourri) des eaux, se traduit par une prolifération rapide des microalgues ("bloom" algaux) et des plantes aquatiques car le milieu reçoit beaucoup plus de nutriments (surtout N et P) qu'en situation naturelle ainsi que des matières organiques. La mort de ces masses végétales proliférantes et leur accumulation sur le fond se traduit par une DBO accrue qui ne peut plus être couverte en cas d'excès de matière organique. Ce qui conduit à la production de gaz et de composés caractéristiques des conditions anaérobiques et des phénomènes de réduction qui caractérisent alors le fond du lac. C'est dans ces conditions que sont produits des gaz comme le méthane (CH<sub>4</sub>, gaz des marais), l'hydrogène sulfureux (H<sub>2</sub>S), l'ammoniac (NH<sub>4</sub>), etc. (Lefeuvre, 2008).

**Tab.14.** Effets liés aux produits chimiques (El gamal, 1990 ; Lenntech ; 2009)

<b>Produit chimique</b>	<b>Effets</b>
<i>Les métaux :</i> (Arsenic, cadmium, cuivre, chrome, plomb, mercure, selenium, zinc.)	Toxicoses et génotoxicité (Irritation de l'estomac et des intestins, une diminution de la production des globules blancs et rouges, un problème de peau, et une irritation des poumons, cancer de la peau...etc.)
<i>Les produits chimiques organiques :</i> (pesticides, trihalométhanes.)	Toxicoses, <i>Neurotoxicité</i> , cancers, mutations génétiques
<i>Les produits chimiques inorganiques</i> (Nitrates, nitrites, Phosphore...etc.)	Méthémoglobinémie, risques de cancer non avérés, Troubles digestifs, gastro-entérites

**Tab.15.** Effets liés aux micro-organismes (El gamal, 1990 ; Creteur, 1998 et OMS, 2004)

<b>Agent causal</b>	<b>Maladie</b>	<b>Effets et mode de transmission</b>
<b><u>Infections bactériennes</u></b>		
<i>Salmonella typhi</i>	Fièvre typhoïde	* Diarrhée, vomissement grave, agrandissement de la rate, intestins enflammés; souvent mortel si non traité. * Voie orale (ingestion d'eau contaminée)
<i>Vibrio cholerae</i>	Choléra	* Diarrhée, vomissement grave, déshydratation; souvent mortel si non traité. * Voie orale (ingestion d'eau contaminée)
<i>Clostridium botulinum</i>	Botulisme	* Sécheresse de la bouche, floue et / ou une vision double, difficulté à avaler, la faiblesse musculaire et difficulté à respirer. * Voie orale (Ingestion d'eau contaminée).
<i>Shigella ; Salmonella</i> (les plus fréquents sont <i>Shigella dysenteriae</i> )	Dysenterie	* Passage fréquent de selles avec du sang et / ou de mucus et, dans certains cas, des vomissements de sang. * Voie orale (ingestion d'eau contaminée)
<b><u>Infections virales</u></b>		
Virus de l'hépatite A (VHA)	Hépatite Infectieuse	* Fièvre, maux de tête importants, perte d'appétit, douleur abdominale, jaunisse, inflammation du foie. * Voie orale (ingestion d'eau contaminée)
Adénovirus	Adenovirus infection	* des symptômes du rhume, une pneumonie, croupe, et la bronchite, oculopathie) * Voie orale (ingestion d'eau contaminée)
Arbovirus	La fièvre jaune	* Peut provoquer des hémorragies, un ictère et des néphrites * Transmis par un moustique ( <i>Aedes egypti</i> ),
<b><u>Infection protozoaires</u></b>		
<i>Entamoeba histolytica</i>	Amibiase	* Gêne abdominale, fatigue, perte de poids, diarrhée, ballonnements, la fièvre, des douleurs abdominales * Voie orale (ingestion d'eau contaminée)

<i>Giardia lamblia</i> (les plus communes de parasites intestinaux)	Giardiase	* Douleurs abdominales, des ballonnements et des flatulences * Voie orale (ingestion d'eau contaminée)
<i>Plasmodium</i>	Paludisme	* Fièvre, des tremblements intermittents, des douleurs articulaires, des nausées et vomissements, de l'anémie...fini par la mort si non traité. * Transmis par les moustiques anophèles
<b><u>Infections parasitaires</u></b>		
Les membres du genre <i>Schistosoma</i>	Schistosomiasis (bilharziose)	* Fièvre, frissons, toux et douleurs musculaires, hypersensibilité, l'hépatomégalie, hémorragies mortelles. * voie transcutanée (pénétration de la forme infestante)
<i>Dracunculus medinensis</i>	La dracunculose (maladie du ver de Guinée)	* Réaction allergique, l'urticaire éruption cutanée, des nausées, des vomissements, de diarrhée, d'asthme attaque. * Voie orale (ingestion d'eau contaminée)
<i>Wucheraria</i> (Nématodes filaires)	La filariose	* L'hypertrophie des jambes, des organes génitaux externes et des seins (d'où son nom d'éléphantiasis). * Transmise par un moustique, ( <i>Culex pipiens fatigans</i> )
<i>Onchocerca volvulus</i>	L'onchocercose (cécité des rivières)	* Des lésions oculaires pouvant conduire à la cécité * Transmis par la mouche <i>Simulium</i>

*DEUXIÈME PARTIE*  
*PRATIQUE*

**Chapitre IV: Matériel et méthodes**

**Chapitre V : Résultats et discussion**

# Chapitre IV : Matériel et méthodes

## **1- Le bassin versant Seybouse**

Le bassin de la Seybouse est situé dans la région Nord Est de l'Algérie, prenant naissance à 20 Km de la ville de Guelma par la jonction de Oued Cherf et Bouhemdane et s'étend sur une superficie de 6471 km<sup>2</sup> avec une longueur de 240 km, il couvre 68 communes dans sept Wilayas : Annaba, Tarf, Skikda, Constantine, Oum El Bouaghi, Guelma et Souk Ahras. Ses eaux représentent une source fondamentale de vie dans la région. Les eaux de la Seybouse sont utilisées à des fins domestiques, industrielles et agricoles (Fig.9).

### **1-1- Dangers menaçant le cours de la Seybouse**

Le bassin de la Seybouse est confronté à la pollution urbaine industrielle et agricole. Cette pollution émane des différentes villes (rejets domestiques), usines (rejets industriels) et les zones agricoles ainsi que les décharges publiques implanté sur ce bassin (Oued Seybouse seulement recueille les eaux usées de près de 86 unités industrielles, dont la plupart d'entre elles ne disposent pas de stations de traitement et de recyclage de ces eaux) (Kherraz, 2008).

La pollution atteint un degré élevé ; Selon des statistiques, rendues publiques lors d'une récente rencontre consacrée à la gestion durable des ressources hydriques et à la protection du périmètre agricole de la Seybouse, il a été révélé que près de 4,5 millions de m<sup>3</sup> d'eaux usées se déversent annuellement dans les Oueds de ce bassin. Le plus grave est que près de 3 millions de m<sup>3</sup> de ce volume est des huiles usagées provenant des unités industrielles, potentiellement polluantes (Tewfiq, 2008). Et c'est pour ça son eau est devenu tellement pollué (voir la couleur et l'odeur) qu'il n'est pas besoin de procéder à des analyses scientifiques pour le prouver (ANPEP, 2006).

### **1-2- Les agglomérations (Kherraz, 2008)**

**Annaba** : 280.000 hab ; **Guelma** 140.000 hab ; **Sidi Amar**: 50.000 hab et **El Bouni**: 40.000 hab.

### **1-3- Les périmètres d'irrigation (Kherraz, 2008)**

Deux grands périmètres d'irrigation : Guelma Bouchegouf (12900Ha) et Bounamoussa (4500 Ha)

### **1-4- Les industries dans le bassin (Kherraz, 2008)**

86 unités industrielles importantes dont huit seulement ont leur propre station d'épuration : **Annaba** (SNS : El Hadjar); Engrais phosphatés ; Onalait (Oued Meboudja en confluence avec la Seybouse). **Guelma** (Tab.16)

**Tab. 16.** Les installations classées de Guelma et les milieux récepteurs de leurs rejets (DHW, 2005).

<b>Nature de l'activité</b>	<b>Nombre</b>	<b>Milieu récepteur</b>	<b>Caractéristiques du rejet</b>
Raffinerie de sucre	1	Oued Maiz	Forte concentration en matière organique dissoute et en suspension
Levurerie Bouchegouf	1	Oued Mellah	Rejets d'eau noire
Fabrication de la céramique vaisselle	1	Oued Maiz	Teneur élevée en MES, Kaolin. Cd, Pb, Cr.
Fabrication de marbre et / ou de carrelage	5	Oued Maiz Oued Seybouse Chaabet Maamora Oued Boussora	Teneur élevée en MES, ciments blancs, chaux et rejets d'eaux minéralisées.
Fabrication de faïence	1	Oued Maiz	Teneur élevée en MES, Pb, Cd
Abattoir	1	Oued Skhoun	Forte concentration en matière organique dissoute et en suspension
Station de lavage et graissage	11	Oued Maiz Oued Skhoun	Graisse, Pb
Imprimerie		Oued Skhoun Oued Maiz	Résidus d'encre, huiles usagées, solvants
Fabrication de vélo et motocyclette	1	Oued Maiz	Ni, Cr, Fe
Boissons gazeuses	17	Oued Maiz Oued Skhoun	Alcalinité élevée, teneur en MES, détergents, DBO
ORAVIE	1	Chaabet Maamora	Forte concentration en matière organique, germes pathogènes
Laiterie "La Guelmoise "	1	Oued Seybouse	Fort concentration en matière organique dissoute
Moulin	3	Oued Seybouse Oued Zimba	Teneur élevée en MES
Conserverie de tomate	1		Teneur élevée en MES, matières organiques dissoutes. pH parfois alcalin
Fabrication de l'eau de javel	2	Oued Skhoun Oued Maiz	Chlorure

1- Chelif	9- Isser
2- Côtiers Algérois	10- KebirRhumel
3- Côtiers Constantinois	11- Macta
4- Côtiers Oranais	12- Medjerdah
5- Chott Hodna	13- Sahara
6- Chott Melrhir	<u>14- Seybouse</u>
7- Hauts Plateaux Constantinois	15- Soummam
8- Hauts Plateaux Oranais	16- Tafna
	17- Zahrez

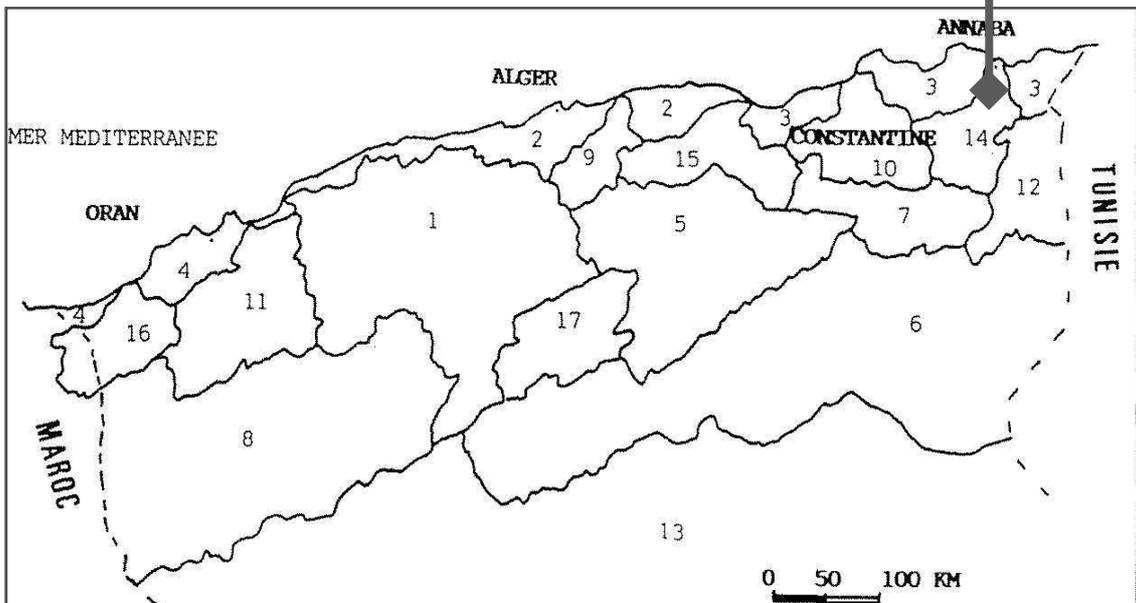


Fig. 10. Carte de situation géographique du bassin de Seybouse (Kadi, 1997 ; Kherraz, 2008).

## **2- Aperçu sur la région de Guelma (Région d'étude)**

### **2-1- Situation:**

La région de Guelma est située dans le Nord Est de l'Algérie. Elle s'étend, sensiblement, du 39 au 40 degré de latitude Nord et du 5 au 6 degré de longitude Est. La commune de Guelma est le chef lieu d'arrondissement de Guelma (Fig.11) (ART, 2007).

### **2-2- Orographie:**

Cette contrée correspond à peu près au réseau hydrographique d'Oued Seybouse. Elle est bordée au Nord par cet oued important, à l'ouest par le massif des Beni Haddi, au Sud Est par l'Oued Maïz qui la sépare de l'important massif de la Mahouna.

La plus grande partie de la commune est ainsi constituée par une profonde dépression traversée d'Ouest en Est par la Seybouse, pour former un vaste bassin versant fermé, dans un pays riche et admirablement cultivé, l'altitude moyenne de la commune est de 250 à 300 mètres. Au Sud, au nord à l'est et à l'ouest on se trouve en présence d'une chaîne très importante, au relief accentué, le djebel Mahouna, Houara, Bni Salah et Dbegh (OTG.2009).

### **2-3- Hydrographie :**

La principale particularité des cours d'eau de cette région consiste dans l'irrégularité de leur débit, caractère commun de la plupart des Oueds algériens. Le seul cours d'eau important, est l'oued Seybouse. Durant ce parcours, le lit de la Seybouse forme de nombreux méandres, et cette rivière se trouve alimentée par un important réseau hydrographique compris entre la chaîne atlasique du Tell au Sud et le prolongement de la chaîne numidique du Taya-Debbagh au Nord, 1100 mètres d'altitude. Sur la rive droite, la Seybouse reçoit l'oued Skhoun, qui passe au pied de la ville de Guelma, l'oued Maïz qui forme limite entre cette commune et celles de Belkhir, puis en aval l'oued Zimba et l'oued Bou Sorra descendant du versant oriental du massif de la Mahouna. Nous citerons sur la rive gauche, à titre d'indication seulement, puisque la Seybouse forme la limite Nord de la commune de Guelma. L'oued Bou Far, l'oued Touta venus du djebel Debbagh, et l'oued Bredâa recueillant les eaux du Fedjoudj et arrosant les villages de Guelaat bou Sba et d'Héliopolis.

Il est bon de signaler enfin que la nappe de calcaires travertinaux sur laquelle est construite la ville de Guelma renferme quelques sources qui alimentent partiellement la ville, mais ces dernières n'ont généralement qu'un débit assez faible (DHW, 2005).

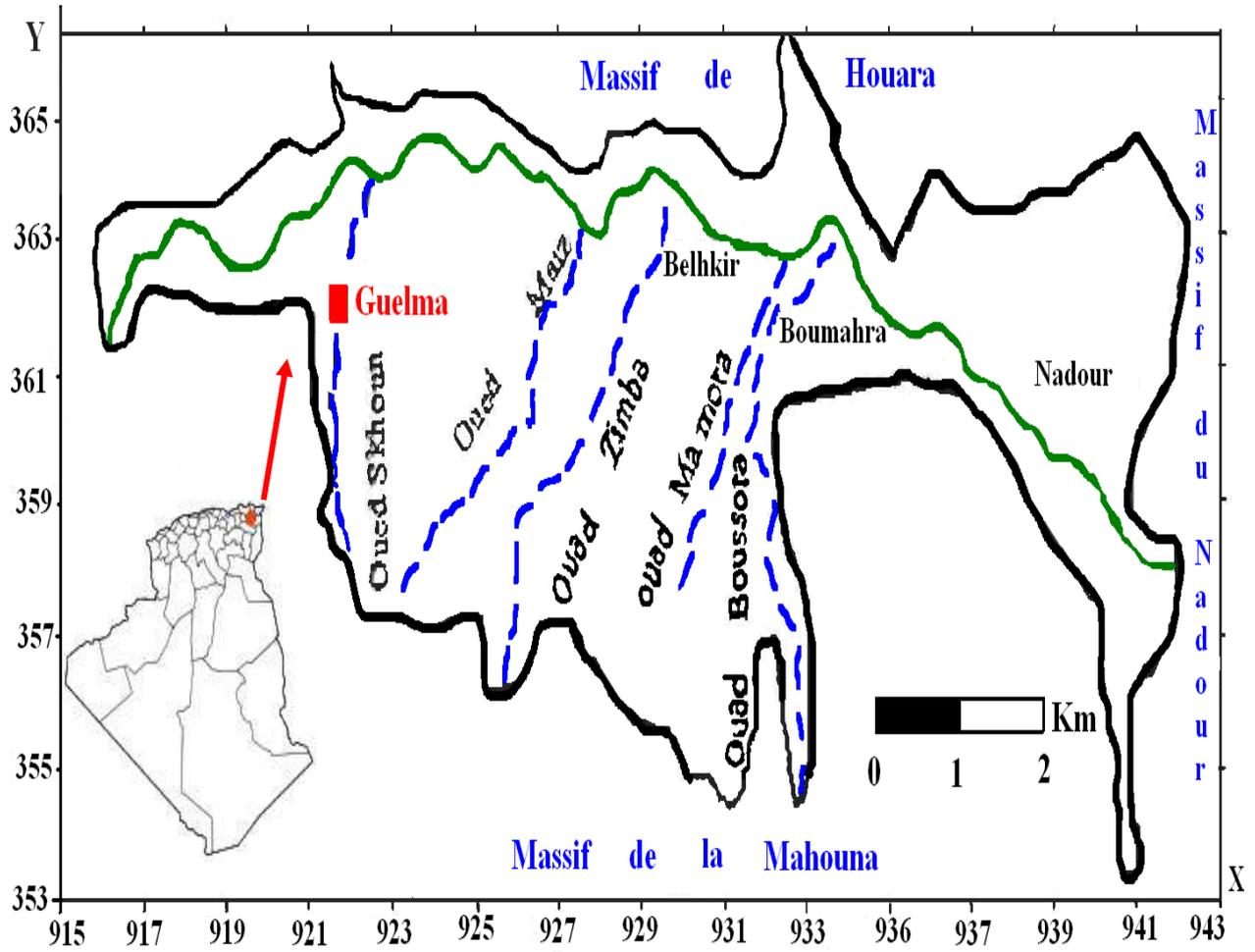


Fig. 11. Situation géographique et limite du bassin de Guelma (Nouar et al, 2005)

## 2-4- Climat

Le climat est continental, humide et sub-humide les hivers froids et pluvieux et les étés sont très chauds et secs.

Les données météorologiques récoltés de la station de Guelma, sur 15 ans (1994-2008) dont les coordonnées sont résumées dans le Tab.17, nous permettent de caractériser le climat de la région.

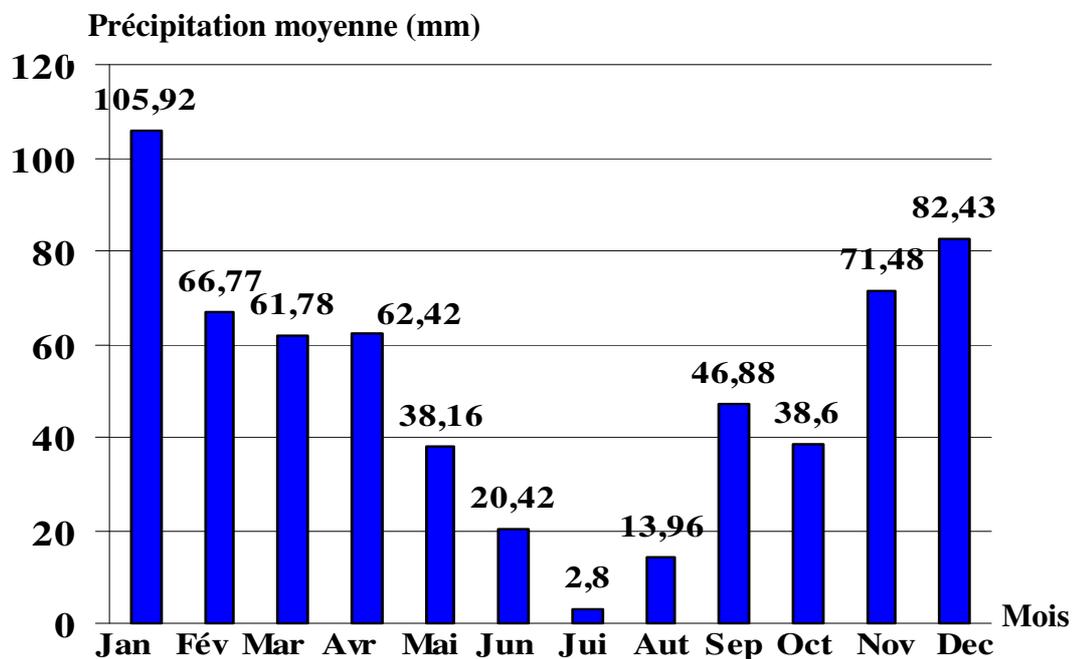
**Tab. 17.** Coordonnées de la station météorologique de Guelma

Latitude	Altitude (m)	Longitude	Période d'observation
36° 28'	227	07° 28' E	1985-2006

### 2-4-1-pluviométrie

La pluie est un facteur climatique très important conditionnant l'écoulement saisonnier et par conséquent le régime des cours d'eau ainsi que celui des nappes aquifères.

Il pleut généralement 60 à 115 jours en moyenne par an. Les moyennes enregistrées pour chaque mois dans la période de 1994 à 2008 peuvent être de 80 et 120 mm en hiver, 45 et 60 au printemps, 2 et 17 mm en été et 45 et 80 mm en automne (Fig.12).

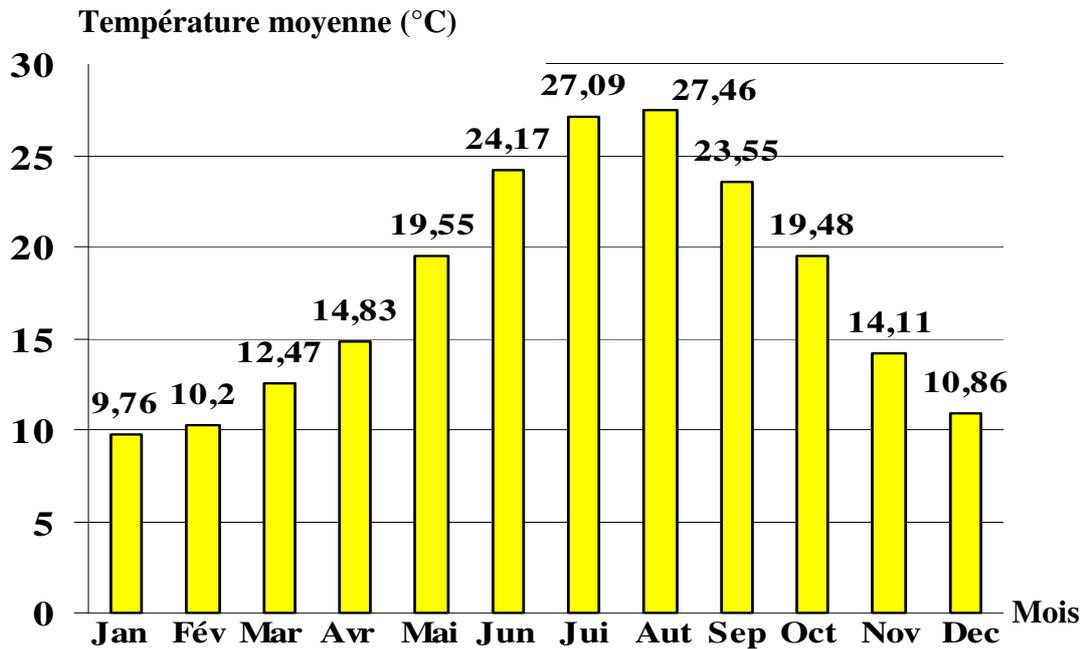


**Fig. 12.** Variation temporelle des précipitations moyennes (1994 au 2008)

### 2-4-2-Température

La température influe sur l'activité chimique, bactérienne et sur l'évaporation des eaux. Les données de températures moyennes mensuelles récoltées de la station météorologique de Guelma (1994-2008) sont représentées dans la Fig.13.

Les moyennes mensuelles les plus élevées sont observées pendant la période allant de juin à octobre, avec des températures variantes de 19,48 à 27,46°C. Par contre les températures les plus basses 9 à 12,47°C sont observées pendant la période hivernale (décembre à mars) avec un minimum enregistré pendant le mois de Janvier 9,76°C.



**Fig. 13.** Variation temporelle des températures moyennes (1994 au 2008)

### 2-4-3- Humidité

Les moyennes de l'humidité enregistrée dans la même période entre (1994 et 2008) montre une humidité assez forte dans tout les mois entre 56 et 75 % avec une élévation remarquable pendant les mois de juillet jusqu'à 87% (Fig.14).

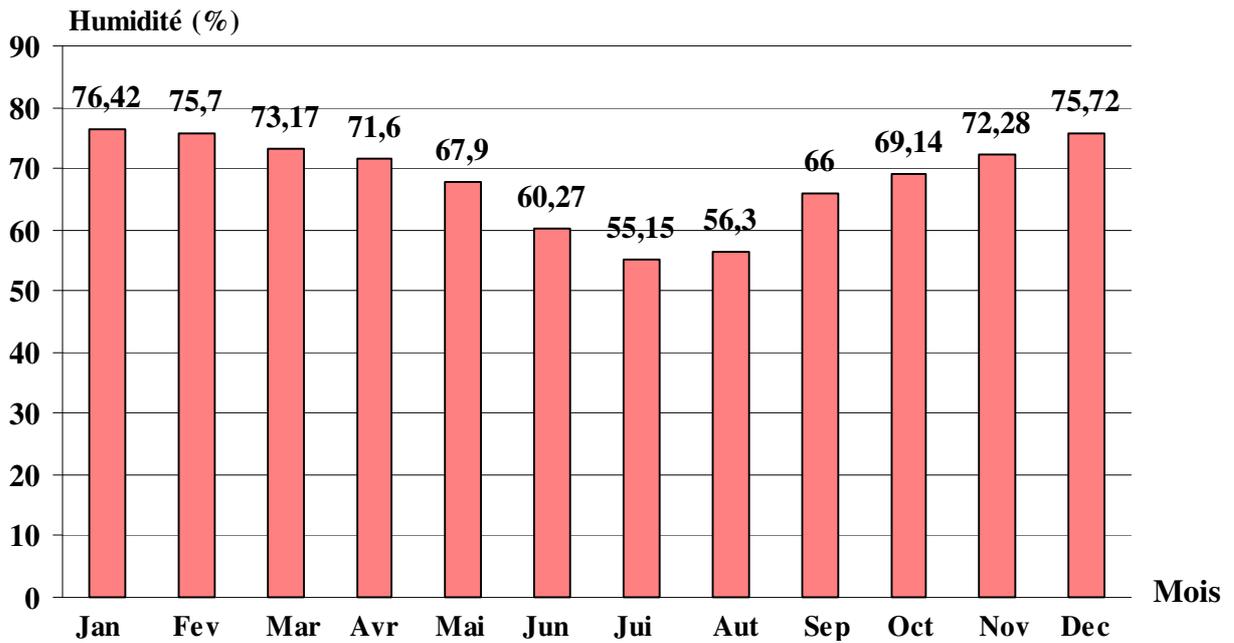


Fig. 14. Variation temporelle de l'humidité moyenne (1994 au 2008)

#### 2-4-4- Vents

Il n'y a pas de vent régulier, et le graphique au dessous nous montre des valeurs rapproché pendant tous les mois entre 1,5 et 2 Km/h (Fig.15).

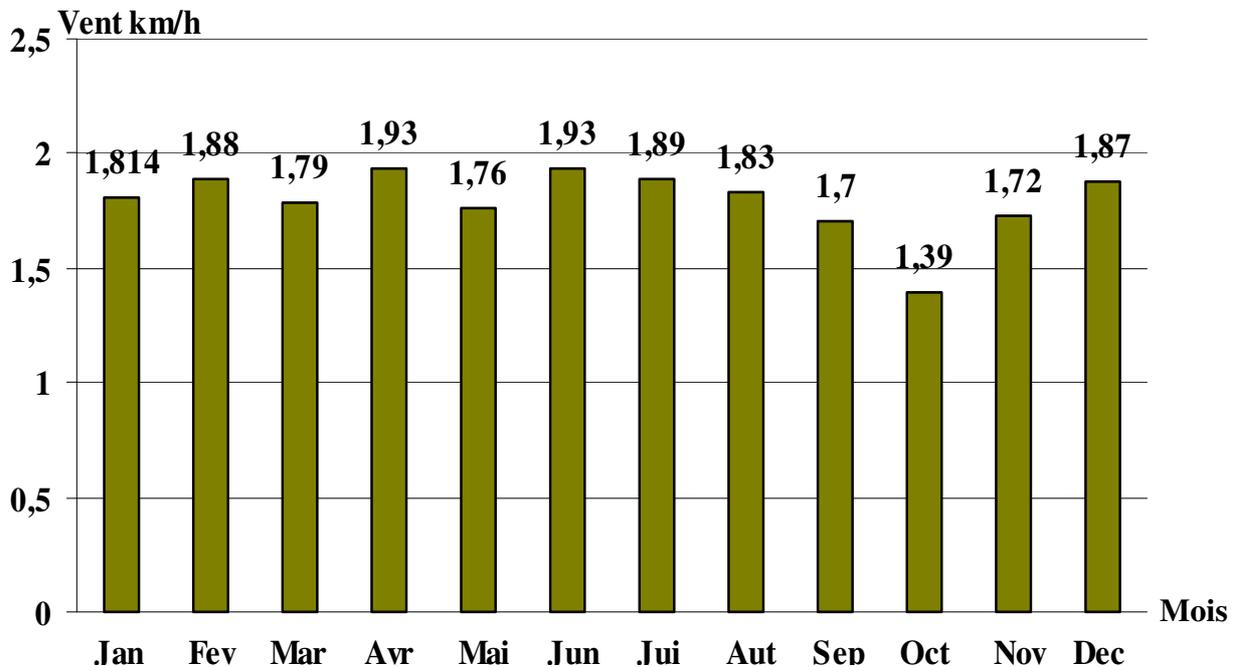


Fig. 15. Variation temporelle de la vitesse moyenne des vents (1994 au 2008)

**2-5- Végétation :**

Les contreforts du djebel Mahouna portent quelques forêts de chênes lièges et de chêne zen, entre la vallée et la montagne, au Sud de Guelma, sont recouverts de broussailles où dominant le lentisque, les lauriers roses et surtout l'olivier. De beaux pâturages et de belles prairies existent sur le fond de la vallée de la Seybouse. Ce sont d'autre part d'excellentes terres à blé et à tabac.



**Fig.16.** Laurier rose (*Nerium oleander*)



**Fig. 17.** Le lentisque (*Pistacia lentiscus*)

### 3- Méthodologie de travail

#### 3-1- Localisation des sites d'étude

La composition des eaux d'Oued Seybouse est plus ou moins variable selon les journées, les mois, les saisons et les systèmes de transfert et de dilution. Compte tenu de cette variabilité, ainsi que la multiplicité des zones de pollution, il a été difficile de pratiquer un nombre de prélèvement satisfaisant qui représente l'ensemble de ces zones. Le présent travail est conduit sur 05 sites répartis sur le bassin (fig. 18).

- S (1) ; site 1 : Bou gargeur (Oued Seybouse : Commune de Belkhir)
- S (2) ; site 2 : ENA Marbre (Oued Seybouse : Commune de Boumahra)
- S (3) ; site 3 : Unité de Carrelage (Oued bou sorra : commune de Boumahra)
- S (4) ; site 4 : Zemzouma (Oued Seybouse : Commune de Djebala)
- S (5) ; site 5 : Errasfa (Oued Seybouse : Commune de Boumahra)

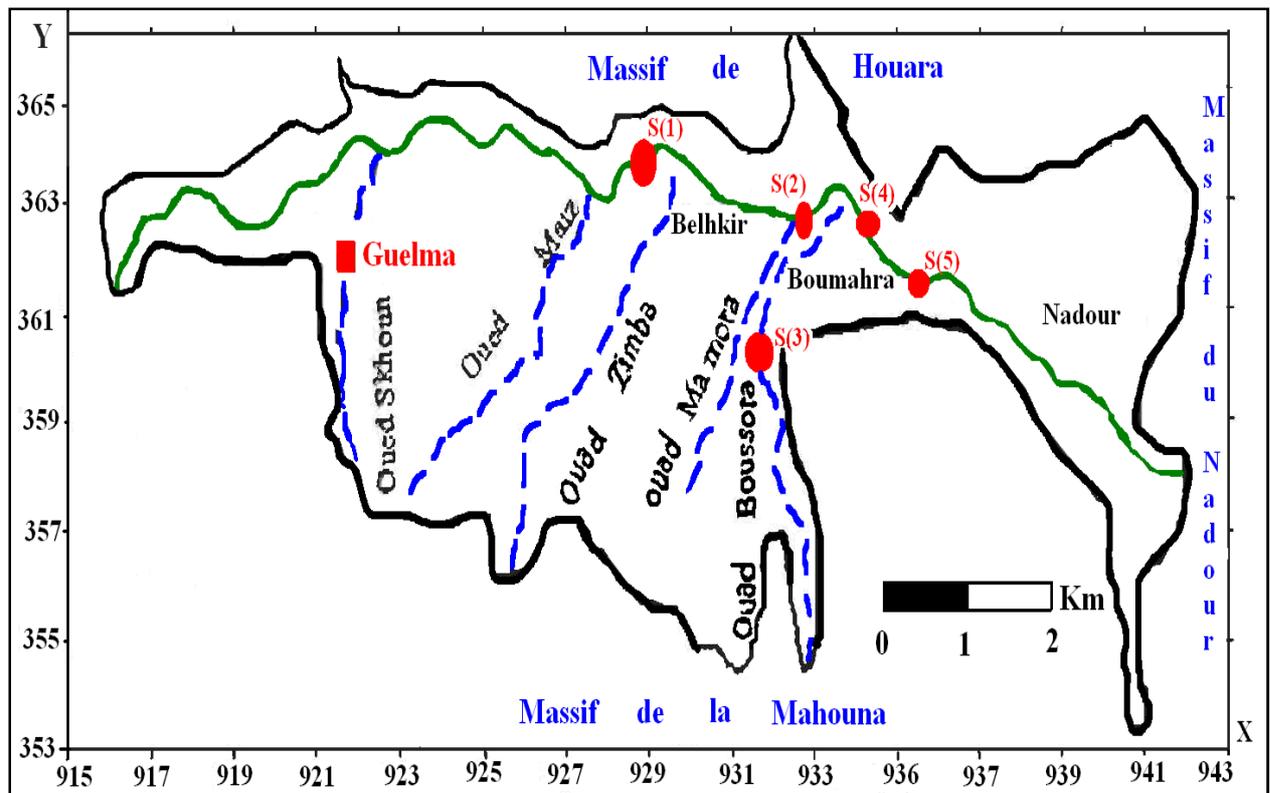


Fig. 18. Localisation des points de prélèvement

### **3-2- Procédure expérimentale**

#### **3-2-1- Les analyses physicochimiques**

##### **3-2-1-1-Echantillonnage**

Sept (07) campagnes de prélèvement ont été effectuées entre septembre 2008 et mai 2009 à raison d'un prélèvement mensuel. (La manipulation et la conservation des échantillons ont été effectuées d'après la norme ISO ; Rodier, 2005 et le centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 2008)

L'échantillonnage a été effectué dans des récipients en plastique de 1,5 à 2 litre propre rincés à l'eau distillée. Sur une profondeur d'environ 30 cm afin d'éviter au maximum les effets de bords (oxygénation trop près de la surface, mise en suspension des matières solide trop près du fond) l'échantillon d'eau a été prélevé en rinçant plusieurs fois le récipient avec l'eau de l'Oued puis fermé hermétiquement sans laisser de bulle d'air dans le flacon.

Les échantillons ont été transportés à basse température (4°C dans des glacières) depuis le terrain jusqu'au laboratoire de chimie analytique au niveau du département de chimie université de Guelma.

##### **3-2-1-2- Mesure *in situ***

La conductivité, la température, le pH, l'oxygène dissous et la salinité ont été mesurés sur le terrain à l'aide d'appareils spécifiques (Tab. 18).

**Tableau. 18.** Principe et mode opératoire des appareils utilisés.

<b>Paramètre</b>	<b>Principe</b>	<b>Mode opératoire</b>
<b>Conductivité et température</b>	La conductivité électrique et la température ont été déterminées par méthode électrochimique à l'aide d'un conductimètre qui possède une sonde spécifique incorporée d'un thermomètre (deux modes de mesure un pour la conductivité et l'autre pour la température)	On plonge la sonde (incorporé un thermomètre) dans l'eau à analyser puis on attend quelques minute suffisant pour que le chiffre apparait sur l'écran sois stagner. On change le type de mesure entre température exprimé en degré celcius (°C) et conductivité exprimé en $\mu\text{S}$ à l'aide du bouton « Mode ».

<b>Paramètre</b>	<b>Principe</b>	<b>Mode opératoire</b>
<b>pH</b>	Pour cette détermination, nous utilisons une méthode électrométrique avec électrode combinée dans un pH mètre.	Il est préférable de mettre l'appareil en marche environ demi heure et rincé l'électrode avec l'eau distillé avant de commencer la mesure ensuite on plonge l'électrode dans l'eau à analyser à une profondeur minimum de 4 cm et puis attendre que la valeur soit stable avant la lecture.
<b>Oxygène dissous</b>	La détermination de l'oxygène a été effectué par une méthode électrochimique consiste à utiliser un appareil de terrain Oxymètre qui possède une sonde à oxygène fait appelle à la réduction électrochimique de l'oxygène moléculaire	Identique à celle du conductimètre. les valeurs données sont exprimés en mg/litre.
<b>Salinité</b>	Le degré de salinité a été mesuré aussi par méthode électrochimique à l'aide d'un multi paramètre.	Le même mode opératoire du conductimètre Le degré de salinité est exprimé en mg/litre d'échantillon analysé

### **3-2-1-3-Mesure *in vitro***

Pour notre présent étude, et pour des raisons de temps et de moyens on a choisi quatre paramètres les plus communément utilisés: Les MES, le phosphore total, les ortho phosphates, les nitrate et les nitrites, décrit dans le chapitre I. Les références de tous le matériel utilisées sont indiquées dans le tableau V en annexe.

#### **3-2-1-3-1-Les MES**

Les MES ont été mesuré par la méthode de filtration qui repose sur le principe de la double pesée.

##### ***Appareillage et verrerie***

- § Equipement de filtration sous vide ;
- § Dessiccateur ;

- § Papier filtres ;
- § Balance ;
- § Epprouvettes graduées ;
- § Etuve

**Mode opératoire**

- § Rincer le papier filtre avec l'eau distillée et le placer dans l'étuve à 105°C pendant une heure puis en dessiccateur pendant 20 minutes ;
- § Après la dessiccation prendre le papier filtre et le marquer avec précaution pour ne pas l'abîmer ;
- § Peser le papier et noter sa masse à vide  $M_0$  ;
- § Placer le papier sur la rampe de filtration ;
- § Bien agiter l'échantillon ;
- § Prélever 25 ml de l'échantillon et le transvider sur la membrane et procéder à la filtration sous vide ;
- § Récupérer le papier après la filtration, le placer dans l'étuve à 105°C pendant 1h30mn puis dans le dessiccateur pendant 20mn pour enlever l'excès d'eau ;
- § Peser de nouveau la membrane, après séchage, puis noter sa masse  $M_1$ .

**Expression des résultats**

Le rapport entre la différence des masses et le volume filtré donne la concentration de matières en suspension en mg/l dans l'échantillon. On applique la formule suivante :

$$C_{MES} = \frac{M_1 - M_0}{V} \quad C_{MES} : \text{Concentration de matières en suspension}$$

$M_0$  : masse du papier avant filtration ;

$M_1$  : masse du papier après filtration ;

$V$  : volume d'échantillon filtré.

**3-2-1-3-2- Matière azoté**

*v Les nitrates*

Les nitrates ont été dosés par la méthode spectrophotométrique en présence de salicylate de sodium.

En présence de salicylate de sodium et après traitement en milieu alcalin, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune, pouvant être mesuré par colorimétrie.

***Appareillage et verrerie***

- § Capsules d'évaporation ;
- § Burette graduée ;
- § Pipette graduée ;
- § Balance;
- § Etuve;
- § Spectrophotomètre et sa cuve.

***Solutions utilisé***

- § Solution salicylate de sodium 0,5% ;
- § Solution acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 99% (très dangereux) ;
- § Solution NaOH 30% ;
- § Eau distillée

***Mode opératoire***

- § 10ml d'échantillon dans une capsule d'évaporation ;
- § Rendre le milieu faiblement alcalin par quelques gouttes de NaOH à 30% ;
- § Incuber le milieu dans l'étuve à 75-80°C jusqu'à l'obtention de résidu sec ;
- § A l'aide d'une pipette ajouter au résidu 1 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ;
- § Attendre 10 minutes puis ajouté 15 ml d'eau distillée ;
- § Ajouté 15 ml de NaOH ensuit, complété le volume à 100 ml ;
- § Après le développement du couleur rose dosé l'échantillon par le spectrophotomètre avec  $\alpha = 420 \text{ nm}$ . /  $\alpha$  : longuer d'onde

***Expression des résultats***

- § Reporter les résultats des densités optiques obtenues à partir de chaque échantillon sur la courbe d'étalonnage pour déterminer les concentrations en nitrates.
- § Les résultats sont exprimes en mg /l

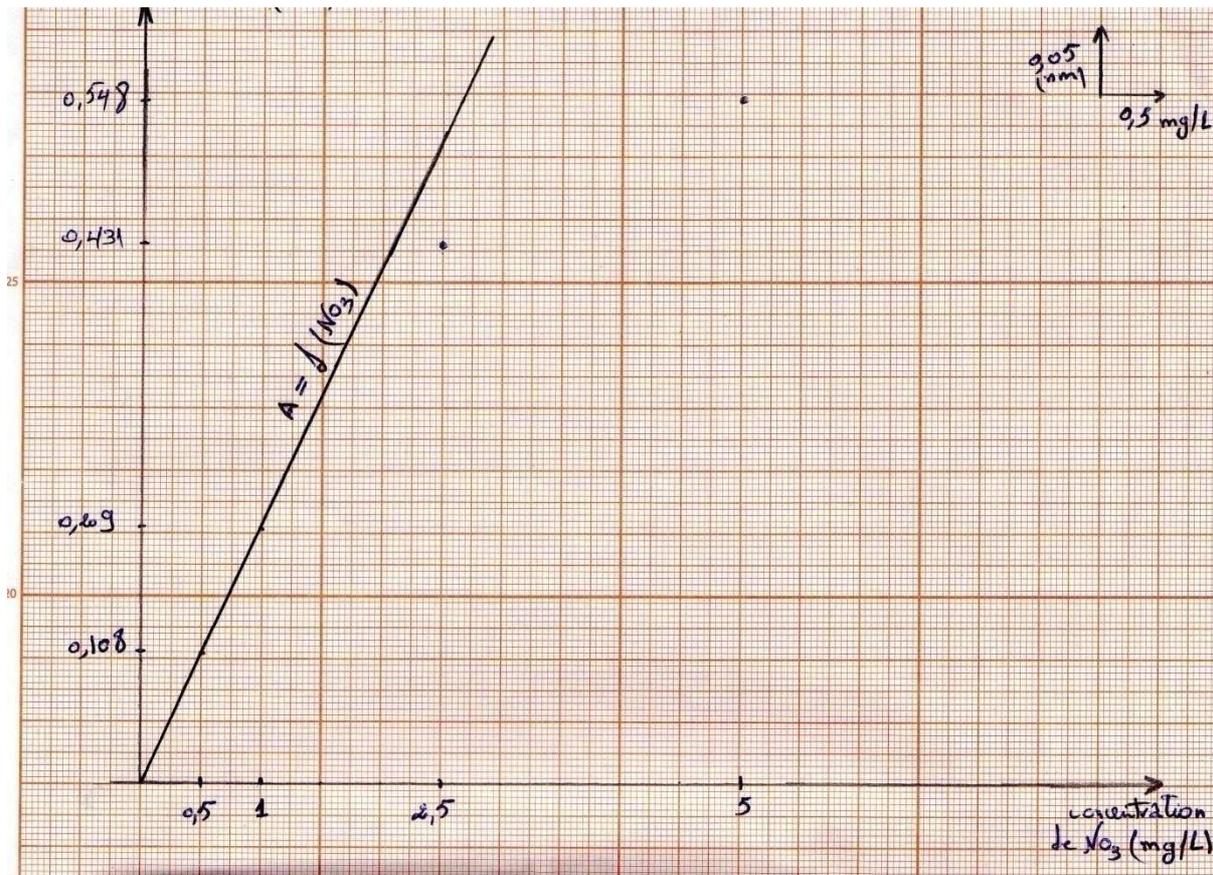


Fig. 19. Courbe d'étalonnage pour le dosage des nitrates

#### v Les Nitrites (méthode du réactif Zambelli)

##### Principe

L'Acide sulfamilique en milieu chlorhydrique, en présence d'ion ammonium et de phénol forme avec les ions un complexe coloré en jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrites.

##### Réactifs

- § Ammoniaque pure (d=0,928) ;
- § Réactif de Zambelli ;
- § HCl ;
- § Acide sulfamiliquePhénol ;
- § Chlorure cristallée ;
- § Eau distillée ;
- § Solution étalon mère de  $\text{NO}_2^-$  à 0,23.

**Mode opératoire**

- § On prélève 50 ml d'eau à analyser, on ajoute 2 ml de réactif de Zambelli.
- § On ajuste et on laisse reposer 10 min : on ajoute 2 ml d'ammoniaque, pure,
- § On effectue la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 435nm.

**Expression des résultats**

- § Reporter les résultats des densités optiques obtenues à partir de chaque échantillon sur la courbe d'étalonnage pour déterminer les concentrations en nitrites.
- § Les résultats sont exprimés en mg /l

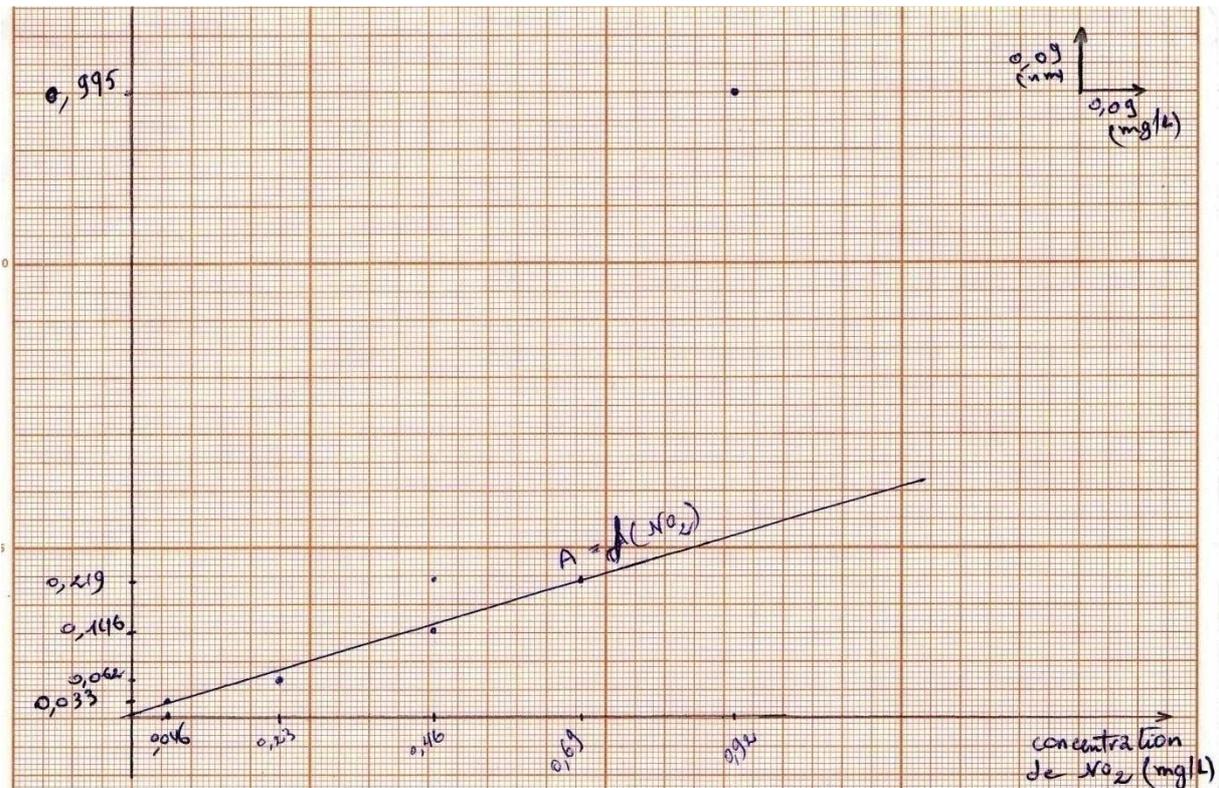


Fig. 20. Courbe d'étalonnage pour le dosage des nitrites

### **3-2-1-3-3- Matières phosphorées**

#### *v Le phosphore total*

##### **Principe**

Méthode colorimétrique à l'acide ascorbique et le molybdate d'ammonium

##### **Appareillages et verrerie**

- § Papier filtre
- § Erlenmeyer à vide ou (fiolle a jaugé) et entonnoir à filtration de type Büchner
- § Four à moufle (à rond) à une température de  $550^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$
- § Haute
- § Spectrophotomètres et sa cuve

##### **Solutions utilisées**

- § Acide ascorbique,  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$
- § Acide sulfurique,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (97 %)
- § Tartrate de potassium d'antimoine,  $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$
- § Molybdate d'ammonium,  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
- § Persulfate de potassium,  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$
- § Solution mère de phosphore
- § Eau distillée

##### **Mode opératoire**

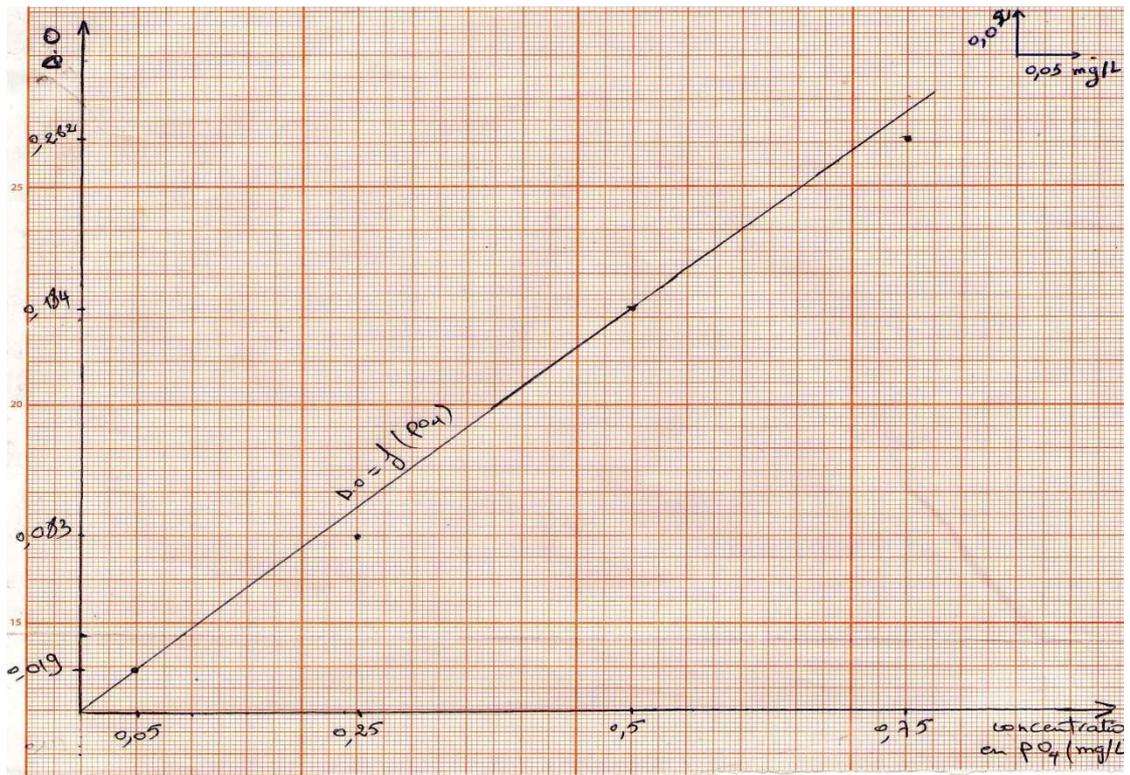
- § Filtrer un volume de 50 à 100 ml d'échantillon dans une fiole
- § Ajouter 4 ml d'acide sulfurique 99% et 1 ml de persulfate de Na à chaque filtrat et bien homogénéiser
- § Minéraliser (digestion) l'ensemble au four à moufle pendant 2h
- § Régler le pH entre 1,5 et 2
- § Compléter le volume jusqu'à 200 ml
- § Prélever 20 ml et ajouter 4 ml de réactif molybdique et 1 ml d'acide ascorbique
- § Attendre 30 minute jusqu' à le développement de couleur bleu
- § Mesurer la densité optique au spectrophotomètre à  $\alpha = 700 \text{ nm}$

∇ **Les ortho phosphates**

Pour les orthophosphates pas de minéralisation prendre direct 20 ml d'eau à analysée et ajouter 4 ml de réactif molybdique et 1 ml d'acide ascorbique et mesurer la densité optique.

**Expression des résultats**

- § Reporter les résultats des densités optiques obtenues à partir de chaque échantillon sur la courbe d'étalonnage pour déterminer les concentrations en phosphates et orthophosphates.
- § Les résultats sont exprimés en mg /l
- § Pour le phosphore total il faut convertir les résultats obtenus a partir de la courbe selon l'équation suivante :  $X = 31Y/95$  (X : quantité de phosphore totale ; Y : quantité de phosphore obtenue a partir de la courbe d'étalonnage)



**Fig. 21.** Courbe d'étalonnage pour le dosage des ortho phosphates.

### **3-2-2- les analyses bactériologiques**

#### **3-2-2-1- L'échantillonnage**

L'échantillonnage a été réalisé dans des bouteilles en verre pyrex d'environ 250 ml sur les quelles on note (date, heure et adresse exacte de prélèvement) stériles (Etuvé à 180°C pendant 15 minutes). Tromper doucement le flacon sur une profondeur d'environ 60 cm afin d'éviter au maximum les effets de bords ouvrir le flacon et prélevé l'eau à analyser (le flacon ne doit pas être remplie totalement), puis dans le même niveau de prélèvement fermé hermétiquement et sans laisser de bulle d'air. Les échantillons ont été transportés à basse température (4°C dans des glacières) depuis le terrain jusqu'au laboratoire (laboratoire de biochimie et de microbiologie au niveau du département de biologie université de Guelma, laboratoire de bactériologie des eaux au niveau de la DDS de Guelma et le laboratoire de microbiologie au niveau du département de biologie de l'université de Guelma).

#### **3-2-2-2- *In vitro***

Toutes les analyses ont été effectués tout en respectant toutes les mesures d'asepsies que ça soit pour les prélèvements ou bien pour les analyses afin d'éviter qu'aucun germe extérieurs viens souiller l'eau prélevée. Les analyses prises en compte dans ce travail sont :

##### **3-2-2-2-1- Les germes totaux (la flore totale mésophile)**

Elle consiste en une estimation du nombre total des germes présents dans l'eau (Fig. 22)

#### ***Matériel, milieux de culture et solutions utilisées***

- § Tubes a essai, pipettes graduées et boites de pétri
- § Portoirs
- § Four pasteur ;
- § Etuve ;
- § Autoclave ;
- § Eau distillée
- § Milieu de culture (TGA, GN, Chapman, SS, Mac Conkey et Sabouraud)

***Technique***

Toutes les étapes ont été effectuées dans une zone stérile (autour du bec bunsen)

- § Exécution des dilutions décimales;
- § Dilution au 1/10 ; dans un tube à essai contenant 9ml d'eau distillée stérile ; ajouter 1ml d'eau à analyser et bien homogénéiser ;
- § Dilution au 1/100: dans un tube à essai contenant 9ml d'eau distillée stérile ajouter 1 ml d'eau diluée au 1/10, agiter pour homogénéiser. Dilution suivantes : 1/1000, 1/10000, etc. On opère toujours de la même façon ;
- § Marquer sur chaque boîte de Pétri le numéro d'enregistrement de l'eau analysée. la température d'incubation, la dilution.
- § Deux boîtes de pétri stérile, d'un diamètre de 90mm, reçoivent chacune 1ml d'eau à analyser deux autres, 1ml de la dilution 1/10 d'autres séries de deux reçoivent éventuellement 1ml de dilution suivantes;
- § Faire fondre la gélose tryptone glucose agar TGA lorsqu'elle est refroidie à 45°C et la couler aseptiquement dans les boîtes de Pétri contenant les inoculés ;
- § Agiter doucement par un mouvement circulaire pour assurer un mélange homogène de l'eau avec la gélose, sans faire de bulles, laisser refroidir sur un plan parfaitement horizontal ;
- § Incuber une boîte de chaque dilution à 37°C et l'autre boîte à 22°C.

***Expression des résultats***

- § La lecture se fait après 24 heures et 48 heures à 37°C et après 72 heures à 22°C ;
- § Le dénombrement a été fait sur les boîtes contenant entre 50 et 300 colonies, sauf dans le cas où les boîtesensemencées avec 1 ml d'eau pure.

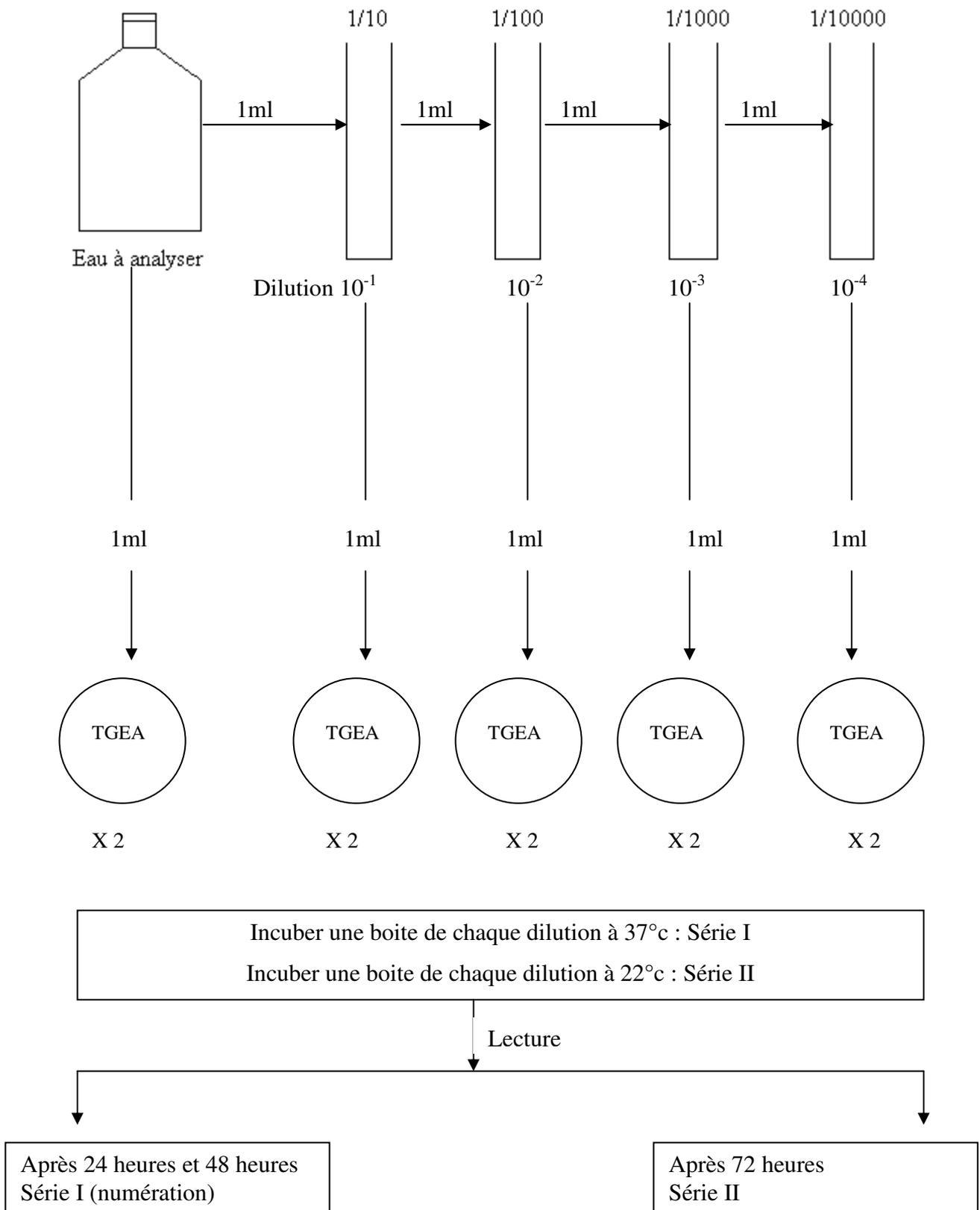


Fig. 22. Dénombrement des germes totaux

### **3-2-2-2-Recherche et dénombrement des coliformes totaux, coliformes fécaux (thermo-tolérants et *E.coli*)**

Le dénombrement est réalisé par la méthode du nombre le plus probable (dénombrement sur milieu liquide NPP).

#### ***Principe***

Elle consiste à ensemercer nombreuses prises d'essai d'un même échantillon ou/et de dilution celui-ci dans des tubes de milieu de culture (dans notre cas le BCPL). Cette méthode est une estimation statistique du nombre de micro-organismes supposés distribués dans l'eau de manière parfaitement aléatoire.

Dans ce type de méthode, les bactéries se multiplient librement dans le milieu liquide. En cas de présence, l'ensemble du milieu liquide inoculé vire à la "positivité" (trouble ou virage de l'indicateur). Un jugement quantitatif est possible en jouant sur les volumes de la prise d'essai.

La lecture se fait après l'incubation par comptage des tubes positifs (apparition d'un trouble, virage de colorant, dégagement gazeux) dans les dilutions successives et on retient le nombre caractéristique constitué par les trois chiffres écrits dans l'ordre des dilutions croissantes en commençant par le nombre correspondant à la plus grande dilution pour laquelle tous les tubes sont positifs.

#### ***Matériel, milieux de culture et solutions utilisées***

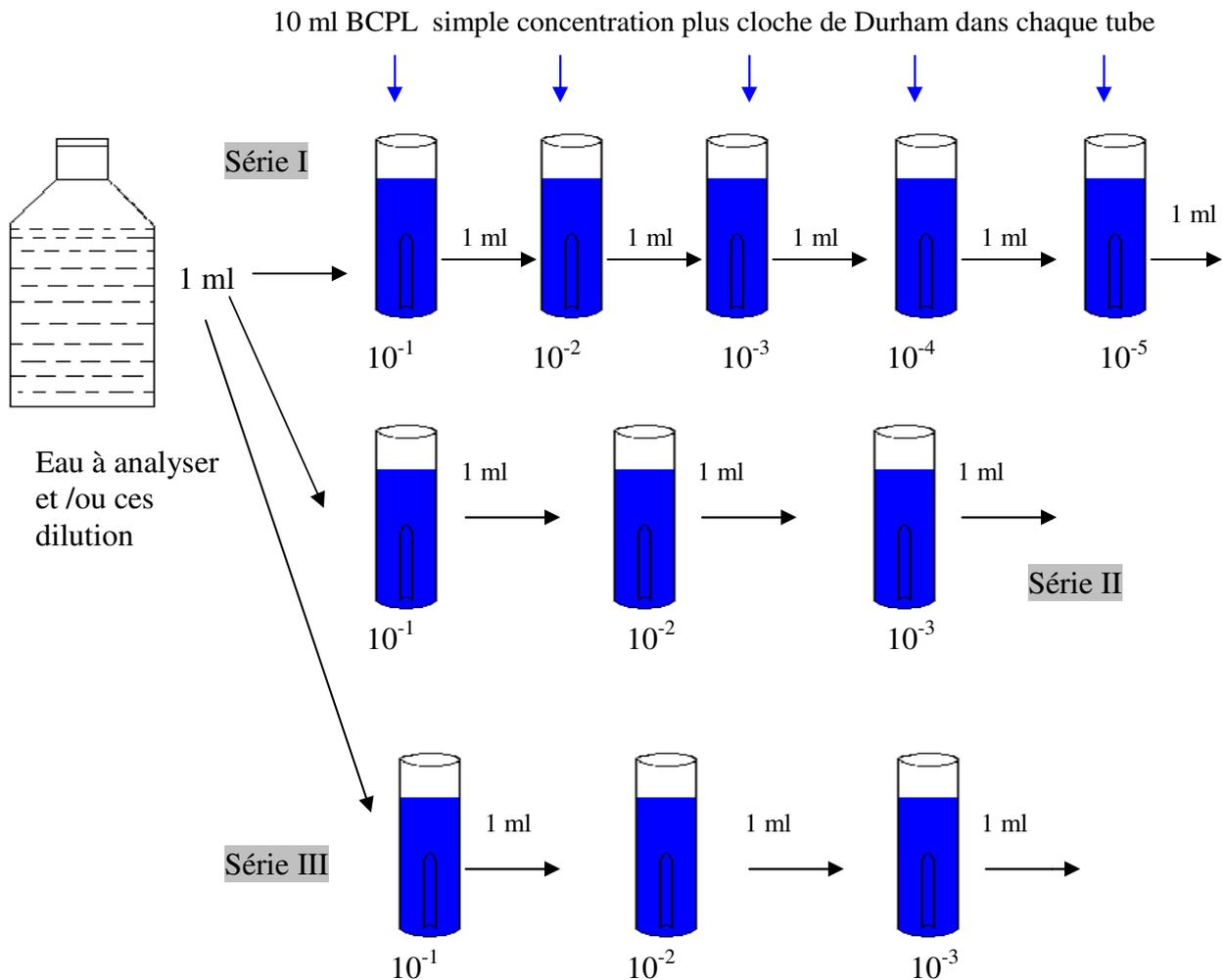
- § Tubes à essai (16X160mm) et pipettes graduées
- § Portoirs
- § Etuve
- § Four pasteur
- § Autoclave
- § Eau distillée
- § Solution de bromocrésol pourpre lactosé (BCPL) (composition et préparation dans le tableau VI en annexe)
- § Milieux Shubert
- § Réactifs Kowacks

**Technique**

Toutes les étapes ont été effectuées dans une zone stérile (autour du bec bunsen)

**A- L'étape présomptive**

- § Préparation des dilutions décimales de la solution mère quand les échantillons sont très chargés ;
- § Pour chaque 1 ml d'échantillon et/ou de dilution nous avons préparé trois séries de tubes ; dont chaque tube contient 10 ml BCPL comme nous montre la figure 23 (le BCPL sert à mettre en évidence la fermentation du lactose par le virage d'un indicateur de pH au jaune).
- § Incuber toutes les séries à 37°C pendant 24 h. Pour une réaction négative nous laissons les tubes dans l'étuve pendant 48 h.



**Fig. 23.** Préparation des échantillons pour le test de NPP

**B- L'étape confirmative**

En effet dans le test présomptif peuvent se produire des faux résultats en présence d'autres germes autres que les coliformes tel *Bacillus* et *Aeromonas*.

- § Pour la recherche des coliformes nous avonsensemencé (1à 2 ml) chaque tube de BCPL positif dans un tube bouillon lactosé bilié à la vert brillant et incubé à  $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  pendant 48 heure ;
- § Pour la recherche des coliformes thermotolérants nous avonsensemencé chaque tube de BCPL positif dans un tube contenant le milieu de Schubert à  $44^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  pendant 24 heures (Fig.24).
- § La production d'indole par les coliformes thermotolérants peut orienter vers *E.coli*. On pourra la mettre en évidence par ajout du réactif de Kowacks dans le milieu de Shubert positif après incubation. Il est possible également d'ensemencer un tube d'eau peptonée en plus du tube de VLBVB à partir tubes présomptifs (BCPL) positifs, puis rechercher de la production d'indole par l'ajout du réactif de Kovaks après incubation des tubes à  $44^{\circ}\text{C}$  pendant 48 h. La production d'indole se manifeste par l'apparition d'un anneau rouge qui à la surface du tube après l'ajout du réactif de Kowacks.

**Expression des résultats**

- § S'il y a fermentation du lactose avec production de gaz à  $44^{\circ}\text{C}$  et production d'indole, conclure à la présence d'au moins un *E.coli* dans le tube initial.
- § S'il y a fermentation du lactose avec production de gaz à  $44^{\circ}\text{C}$  sans production d'indole, conclure à la présence d'au moins un coliforme thermotolérant dans le tube initial.
- § S'il y a fermentation du lactose avec production de gaz à  $37^{\circ}\text{C}$  mais pas à  $44^{\circ}\text{C}$ , conclure à la présence d'au moins un coliforme dans le tube initial.

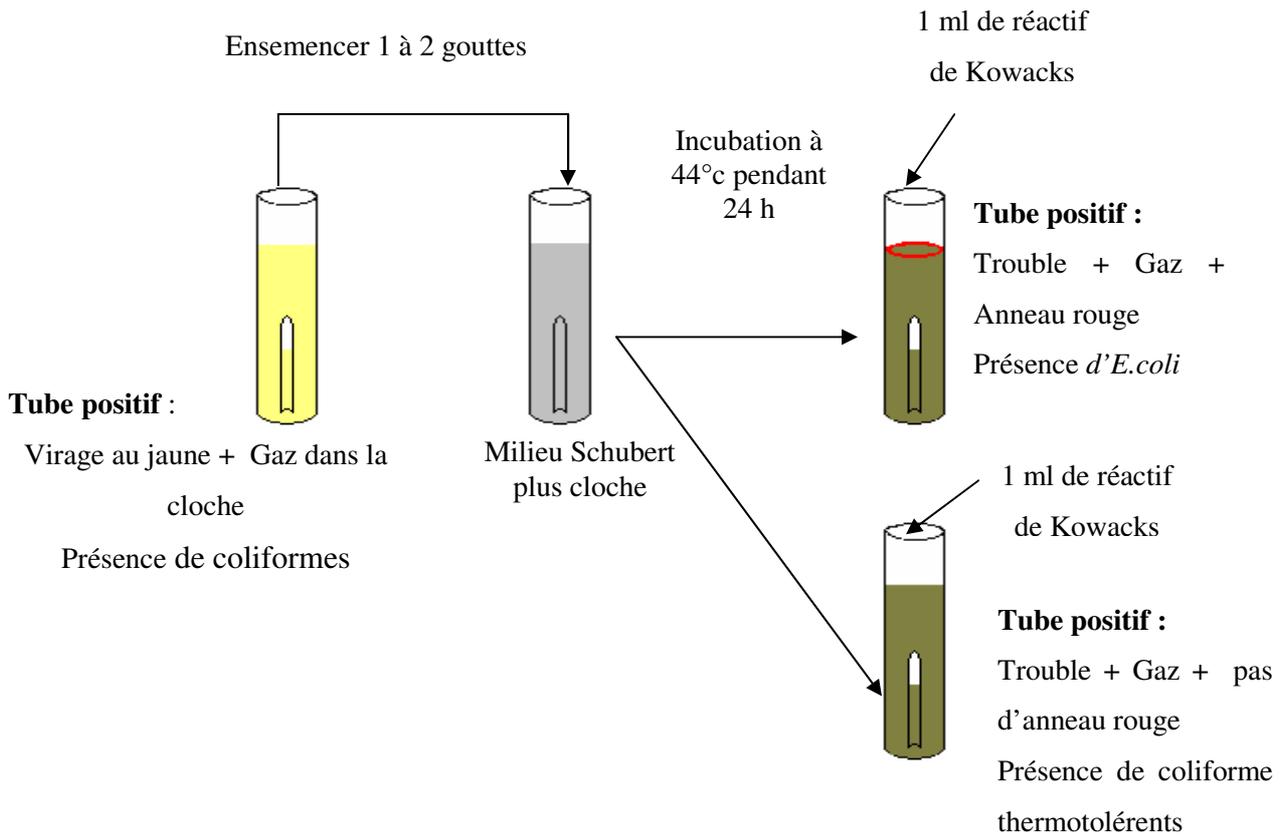


Fig. 24. Recherche et dénombrement des coliformes (étape confirmative)

### 3-2-2-2-3-Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

#### Principe

Généralement sont les streptocoques D, donnent une réaction positive après 48 heures de culture dans un bouillon glucosé à l'azoture (milieu Rothe) à 37° C et une réaction positive après 24 heures ou 48 heures sous milieu Litsky. La technique de cette recherche se fait en deux étapes.

#### Mode opératoire

##### A- Etape présomptive

Après avoir bien homogénéisé l'échantillon, nous avons réalisé cinq dilutions décimales successives ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ) avec trois répétitions par dilution à partir de l'échantillon mère et/ou de ses dilutions en utilisant des tubes de 10 ml de bouillon glucosé à l'azoture (Rothe) avec cloche à simple concentration.

Nous avons incubé les séries des tubes ensemencés à 37° C pendant 24 heures si la réaction est négative les tubes sont laissés séjournés pendant 48 heures.

## **B- Etape confirmative**

À partir de chaque tube positif nous avons ensemencé à l'aide d'une anse calibrée un milieu de Litsky que nous l'avons incubé à 37°C pendant 24 h ou 48 h selon le cas.

### *Expression des résultats*

- § Dans le milieu Rothe les tubes considérés comme positifs sont les tubes pour lesquels nous observons un trouble du à une croissance bactérienne (streptocoques totaux)
- § Dans le milieu Litsky, la présence de streptocoques D se caractérise par l'apparition d'un trouble due au développement bactérien avec ou sans dépôt violet.

### **3-2-2-2-4 Autres microorganismes (Fig. 25)**

#### **3-2-2-2-4-1 Recherche des champignons**

Culture simple sur gélosé Sabouraud :

- § Transférer l'échantillon à analyser sur le milieu ;
- § Etaler l'inoculum en surface à l'aide d'un étaleur en verre stérile (pipette Pasteur)
- § Incuber à 20-25°C de 3 à 5 jours
- § Observer les colonies et conclure la présence des champignons.

#### **3-2-2-2-4-2 La flore totale bactérienne**

Culture simple sur gélose ordinaire :

- § Transférer l'échantillon à analyser sur le milieu ;
- § Etaler l'inoculum en surface à l'aide d'un étaleur en verre stérile (Pipette pasteur)
- § Incuber à 20-25°C de 3 à 5 jours
- § Observer les colonies et conclure la présence d'une flore bactérienne (bactéries peu exigeantes). Certaines colonies peuvent avoir des couleurs caractéristiques.

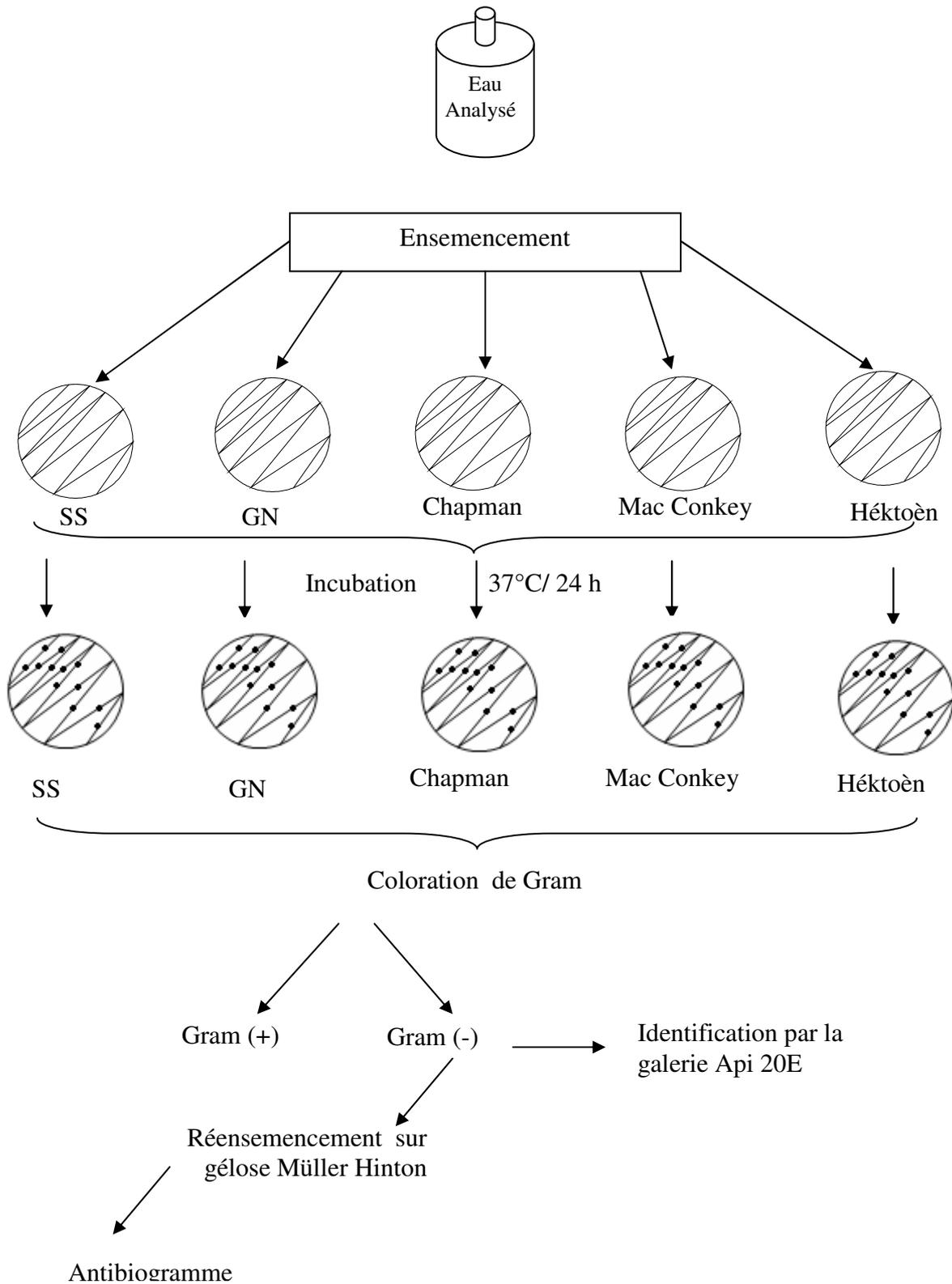
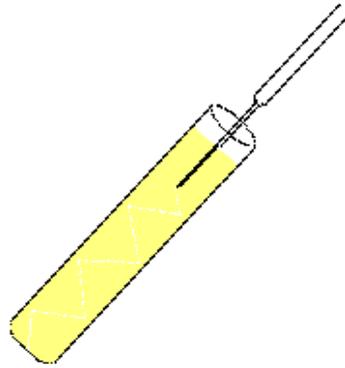


Fig. 25. Recherche d'autres microorganismes dans l'eau

### **3-2-2-2-4-3-Recherche des bactéries anaérobies**

Culture simple sur gélose (VF)

- § Transférer l'échantillon à analyser sur le milieu en tube qu'on introduit à l'aide d'une pipette Pasteur au fond du tube et on remonte en spirale (Fig.26). Ne pas visser le bouchon à fond.
- § Incuber à 37°C pendant 24 heures ;
- § Observer les colonies à la surface, au centre et au fond du tube et conclure la présence des bactéries : aérobie stricte ; aéro-anaérobie ; anaérobie stricte et micro-aérophile.

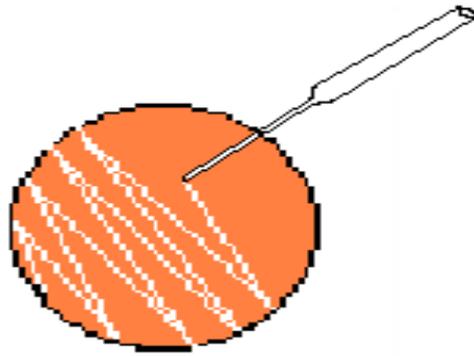


**Fig. 26.** Etalement d'un échantillon d'eau sur milieu VF

### **2-2-2-4-4 Recherche des bactéries pathogènes (*Salmonella* et *Shigella*)**

Culture simple sur gélose SS

- § Transférer l'échantillon à analyser sur le milieu SS;
- § Etaler l'inoculum en surface à l'aide d'un étaleur en verre stérile (pipette Pasteur) (Fig.27) ;
- § Incuber à 37°C pendant 24 h.
- § Observer les colonies et conclure la présence des bactéries.



**Fig. 27.** Etalement d'un échantillon d'eau sur milieu SS

### **3-2-2-2-4-5-Coloration de Gram**

#### **§ Principe**

Différenciation entre des souches bactériennes à partir de leur aspect visé à vis des colorants spécifiques (le violet de gentiane, le lugol et la fuchsine) (Euzéby, 2008).

#### **§ Technique**

À partir d'une colonie :

- ⇒ Déposer une goutte d'eau sur une lame de verre ;
- ⇒ Prélever un fragment de colonie à l'aide d'une pipette Pasteur boutonnée ;
- ⇒ Dissocier soigneusement l'inoculum dans la goutte d'eau et laisser sécher ;
- ⇒ Fixer par flambage à l'alcool à 95° ;
- ⇒ Recouvrir la lame de violet de Gentiane et laisser agir 1 minute ;
- ⇒ Rincer la lame à l'eau ;
- ⇒ Recouvrir la lame de Lugole et laisser agir 1 minute ;
- ⇒ Différenciation à l'alcool : moment le plus délicat de la technique. Faire couler de l'alcool sur la lame, pendant environ 5 secondes. Rincer immédiatement à l'eau ;
- ⇒ Recouvrir le frottis de fuchsine et laisser agir 30 secondes ;
- ⇒ Rincer à l'eau et sécher le frottis ;
- ⇒ Observer au microscope X1000 à l'aide d'une goutte d'huile de cèdre en utilisant un éclairage maximal.

§ Résultats

Cette technique permet de diviser en deux le monde bactérien :

⇒ Les bactéries colorées en violet sont appelées bactéries à Gram positif

⇒ Les bactéries colorées en rose sont appelées bactéries à Gram négatif

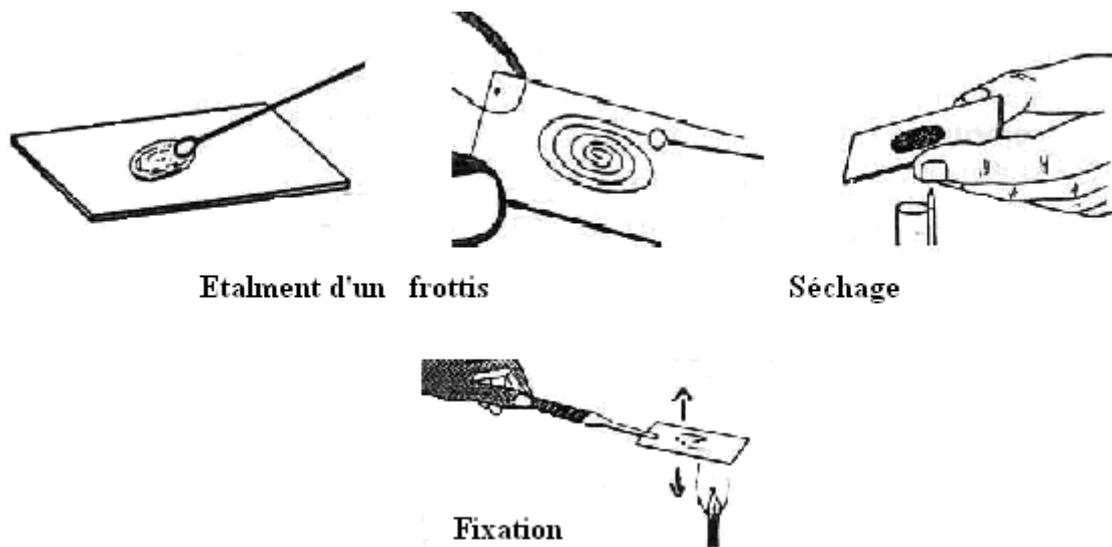


Fig. 28. Les étapes de la coloration de Gram

3-2-2-2-4-6-Identification par l'API 20 E

Galerie de 20 microtubes prêts à l'emploi permettant de réaliser 20 tests biochimiques afin d'identifier des bacilles Gram (-) appartenant à la famille des Enterobacteriaceae.

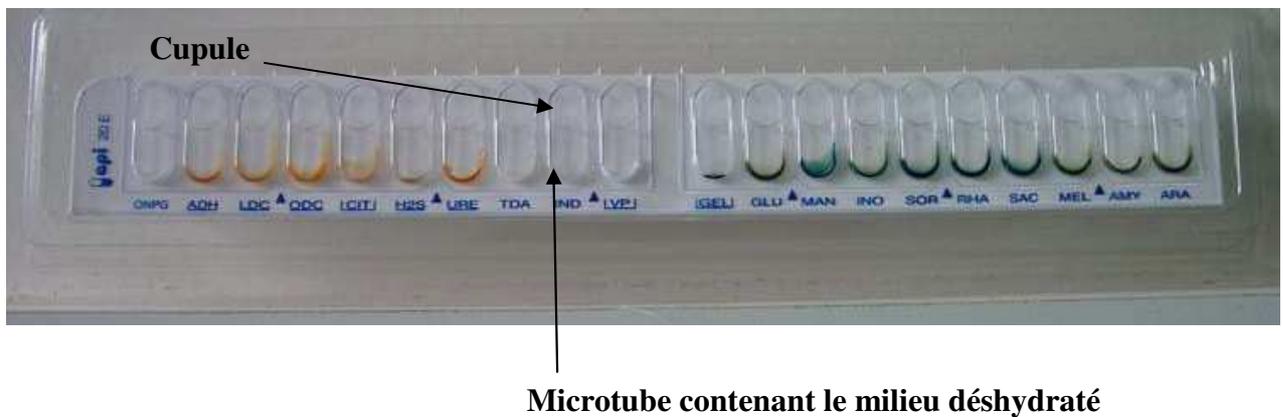


Fig. 29. Présentation d'une galerie API 20 E.

∇ ***Préparation de la galerie :***

- § Mettre de l'eau distillée sur le fond de la boîte (partie alvéolée), toutes les alvéoles doivent être remplies, éliminer l'excès d'eau en renversant la boîte au dessus de l'évier.
- § Placer la galerie sur le fond de la boîte "elle doit être manipulée avec la pince".
- § Recouvrir la boîte avec son couvercle.
- § Incrire le nom, la référence de la souche, la date et la température d'incubation sur la languette latérale de la boîte.

∇ ***Inoculation de la galerie***

- § Remplir les cupules de suspension préparée à partir d'une colonie bien isolée en évitant les bulles d'air.

∇ ***Expression des résultats*** (Fig. I et Tab.VII en annexe)

- § La lecture se fait après 24 heures à 37°C
- § Les résultats reportés sur la fiche d'identification (annexe)
- § Se référer au catalogue pour identifier la souche à l'aide du code. (profil numérique de 07 chiffres)

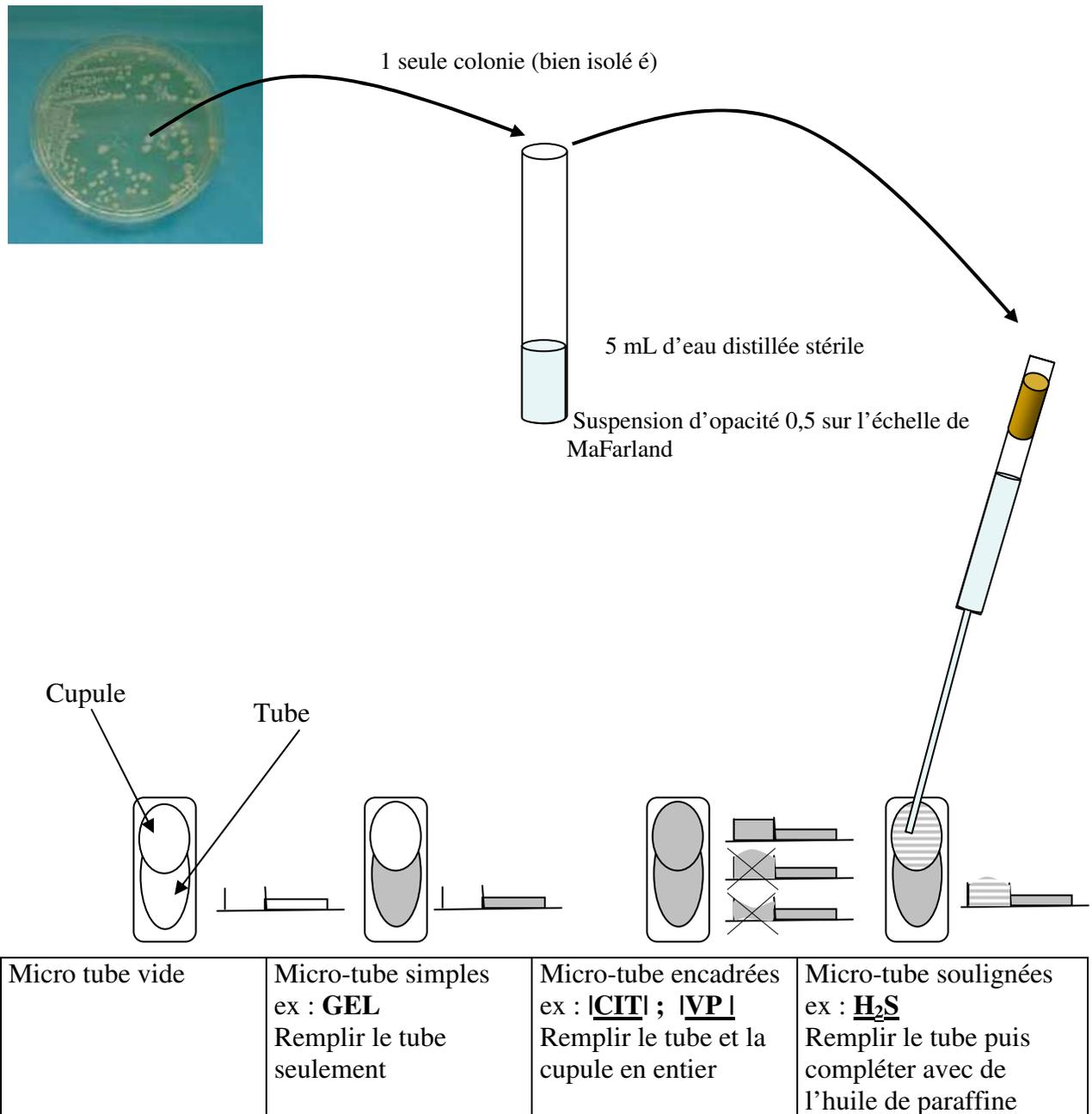


Fig. 30. Inoculation de la galerie API 20 E.

### **3-2-2-2-4-7-L'antibiogramme**

#### **§ Principe**

L'antibiogramme a pour but de déterminer la sensibilité des bactéries aux antibiotiques (Guillemt et *al*, 2006).

#### **§ Technique (Méthode de diffusion)**

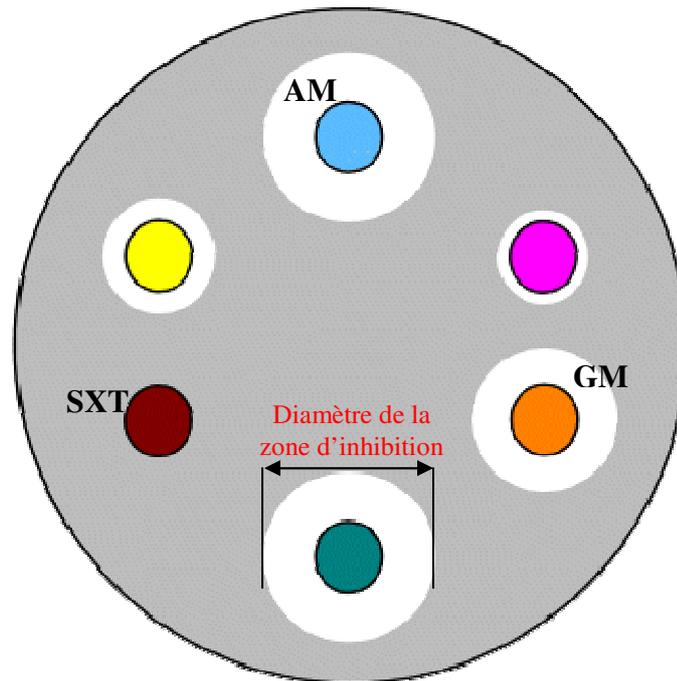
- ⇒ Prélever une colonie parfaitement isolée (à partir des milieux utilisé au préalable : SS, Hektoén, Chapman et GN) à l'aide d'une pipette Pasteur boutonnée.
- ⇒ Dissocier la colonie dans un tube contenant 10 mL d'eau physiologique stérile, et homogénéiser soigneusement la suspension.
- ⇒ À l'aide d'une pipette Pasteur, inonder la surface d'une gélose de Mueller-Hinton avec deux à quatre ml de la suspension. Enlever soigneusement l'excès de liquide.
- ⇒ Sécher les boîtes à température ambiante.
- ⇒ Appliquer les disques à l'aide du distributeur de disque.
- ⇒ Incuber 18 à 24 heures à 37 °C.

**Antibiotiques testés** : l'ampicilline (AM), la céfazoline (CZ), la triméthoprime-sulfaméthoxazol (SXT), le chloramphénicol (C), l'amikacine (AN), la clindamycine (CLI) et la tétracycline (TE) (Tab.VII en annexe)

#### **§ Résultats**

La lecture se repose sur l'observation des zones d'inhibition autour de chaque disque d'antibiotique. Quand les valeurs de diamètre de la zone observé sont plus grandes quand la souche bactérienne est moins résistante à cet antibiotique.

On peut déposer dans une boîte de Pétri de 9 cm de diamètre 6 disques imprégnés d'antibiotiques.



Après l'incubation, les disques s'entourent de zones d'inhibition circulaires correspondant à une absence de culture

**Fig. 31.** Présentation général d'un exemple d'antibiogramme

### **3-2-3-Inventaire sur la couverture végétale**

Un inventaire floristique et faunistique a été réalisé *in visu* pendant la période printanière tout au long du cours d'eau (sur les berges et dans l'eau)

# Chapitre V : Résultats et discussion

L'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau du bassin de la Seybouse a été réalisée depuis le mois d'octobre 2008 jusqu'au mois de mai 2009. La légende suivante est utilisée pour illustrer tous les histogrammes :



## 1- Les paramètres physico-chimiques

### 1-1- La température

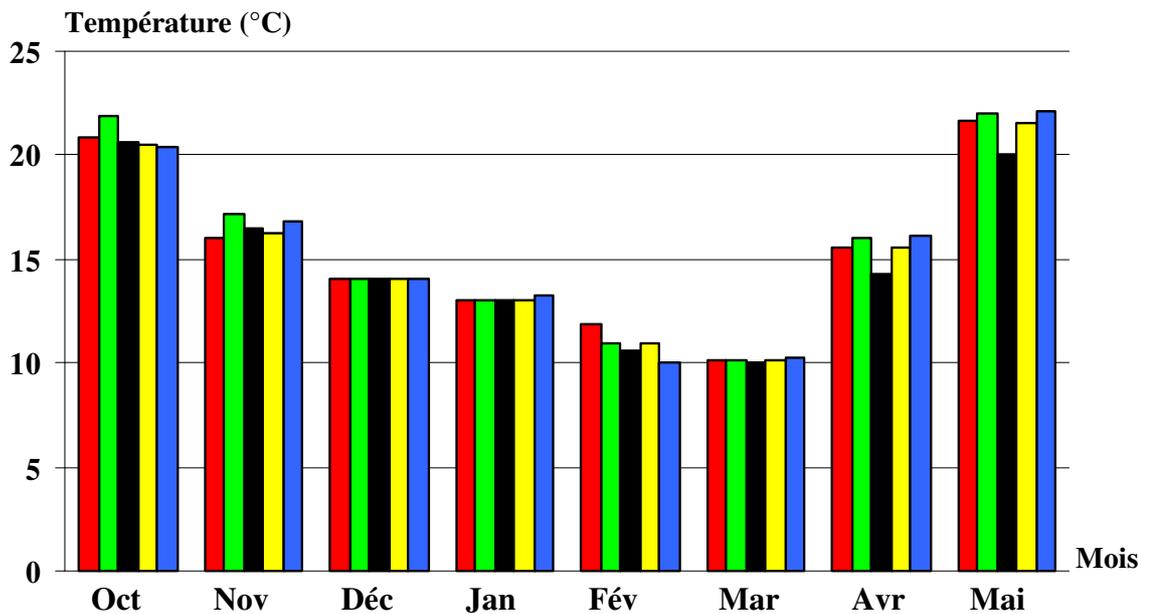


Fig. 32. Evolution mensuelle de la température.

L'examen des graphiques nous expose une allure en « U » pour tous les points de prélèvements. Ces variations ne dépassent généralement pas les deux degrés Celsius.

Les moyennes enregistrées au cours de notre étude sont des valeurs saisonnières où les maximums ont été enregistrés durant les mois d'octobre (21,9°C) et de mai (22,1°C). Les minimums caractérisent alors les mois de mars (9,90°C) et de février (10°C).

Ces résultats ne fournissent pas d'informations précises sur la qualité de l'eau de chaque site du fait que les valeurs enregistrées sont dépendantes des températures climatiques qui favorisent un développement faunistique et floristique habituel.

1-2- Le pH

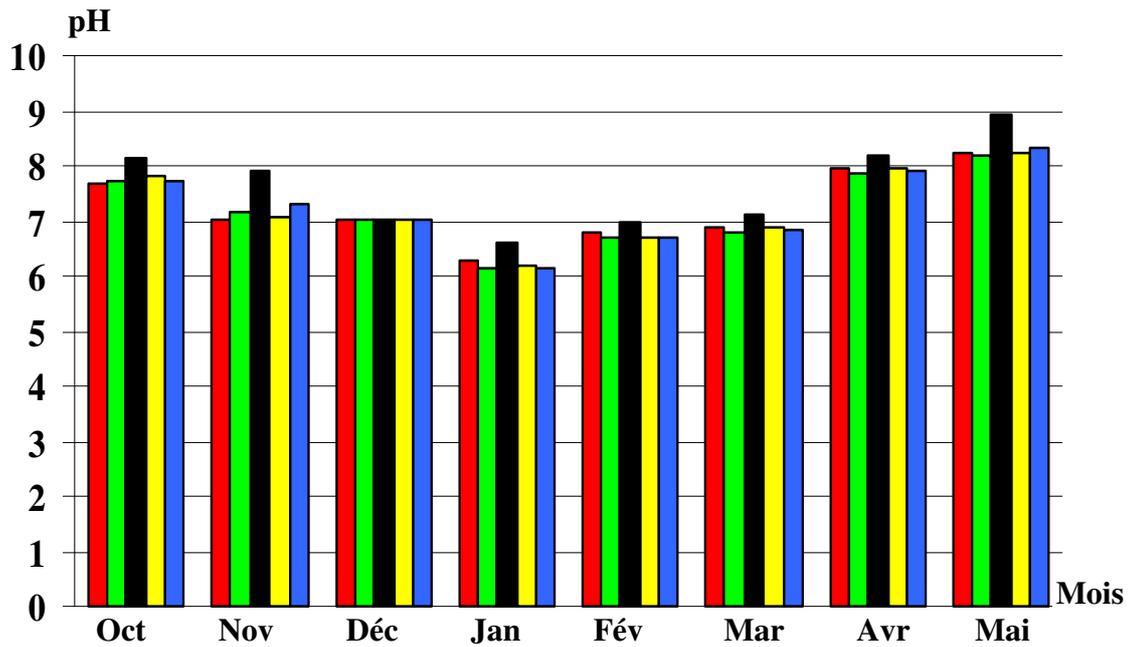


Fig. 33. Evolution mensuelle du pH.

Les valeurs obtenus de pH pour chaque mois sont peu variables (en moyenne, ils ne dépassent pas les 0.9) entre les cinq stations. Les valeurs du pH augmentent durant les mois de mai et d'octobre ou ils atteignent leurs maximums (de 8,2 à 8,92) dans les sites 2 et 3 et diminuent durant la saison hivernale où le minimum de 6,13 a été enregistré pendant le mois de janvier dans le site 2.

⇒ **Le site 3** présente les valeurs les plus élevée et ce durent toute la période de l'étude. Pendant les mois d'octobre, novembre, avril et mai, l'eau prélevée de ce site présente un caractère plus alcalin. Ceci peut s'expliquer par le diversement direct des rejets solides et de boues retenues dans les bassins de décantations en pleine nature et sur les berges de l'oued en quantités importantes. Ces rejets sont très chargés en carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ). Les températures élevées durant ces mois favorisent la dissociation des sels et des substances conduisant à une augmentation des valeurs de pH. La diminution des valeurs de pH a été notée en période de crue où les précipitations sont très fréquentes et le débit des cours d'eau est assez élevé ce qui a conduit à la dilution des rejets et de ces composants.

⇒ Les sites 1, 2, 4 et 5 affichent des valeurs voisines de la neutralité variant généralement entre 7 et 8. La légère acidité observée durant les mois de janvier, février et mars peut être induite par la présence de substances acides ou des corps minéraux déversés en amont ou en aval et charriés par l'eau de l'oued. Ces substances peuvent réagir avec les rejets de l'unité ENAMARBRE (rejets solides et boues retenues par les filtres) au niveau du site 2. Ces réactions chimiques peuvent engendrer une légère augmentation de l'acidité du milieu.

### 1-3- Conductivité électrique et salinité

#### § Conductivité électrique

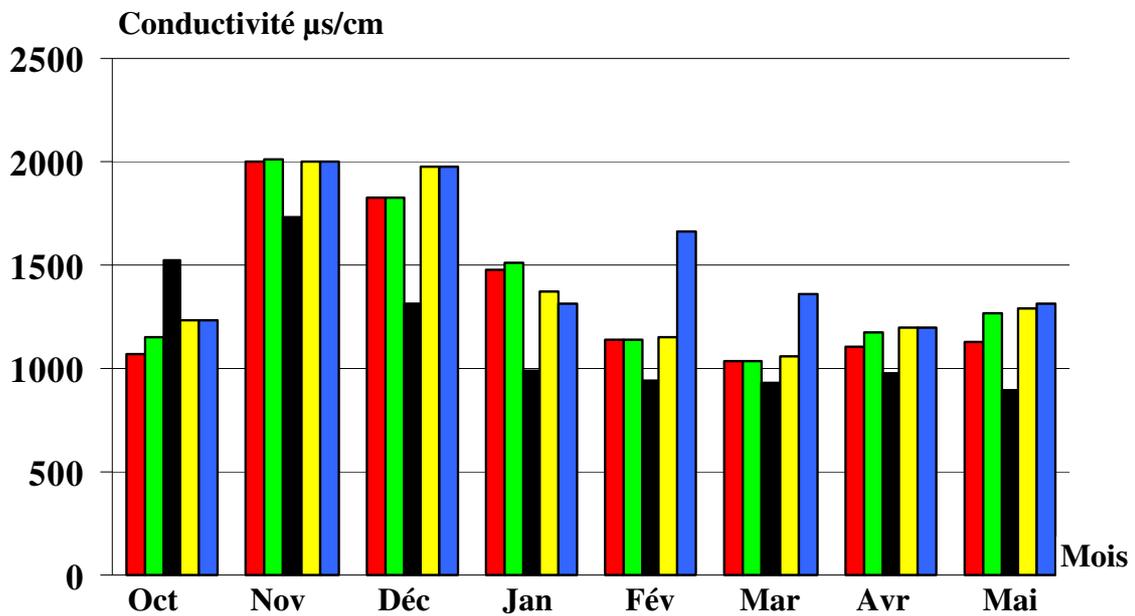


Fig. 34. Evolution mensuelle de la conductivité électrique.

La conductivité électrique est maximale durant le mois de novembre (le maximum enregistré avoisine les 2010  $\mu\text{s/cm}$ ). La valeur la plus faible est enregistrée durant le mois de mai dans le site 3.

D'une manière générale le point de prélèvement du site 5 affiche les taux les plus élevées et ceci pendant toute la période de notre étude.

§ La salinité

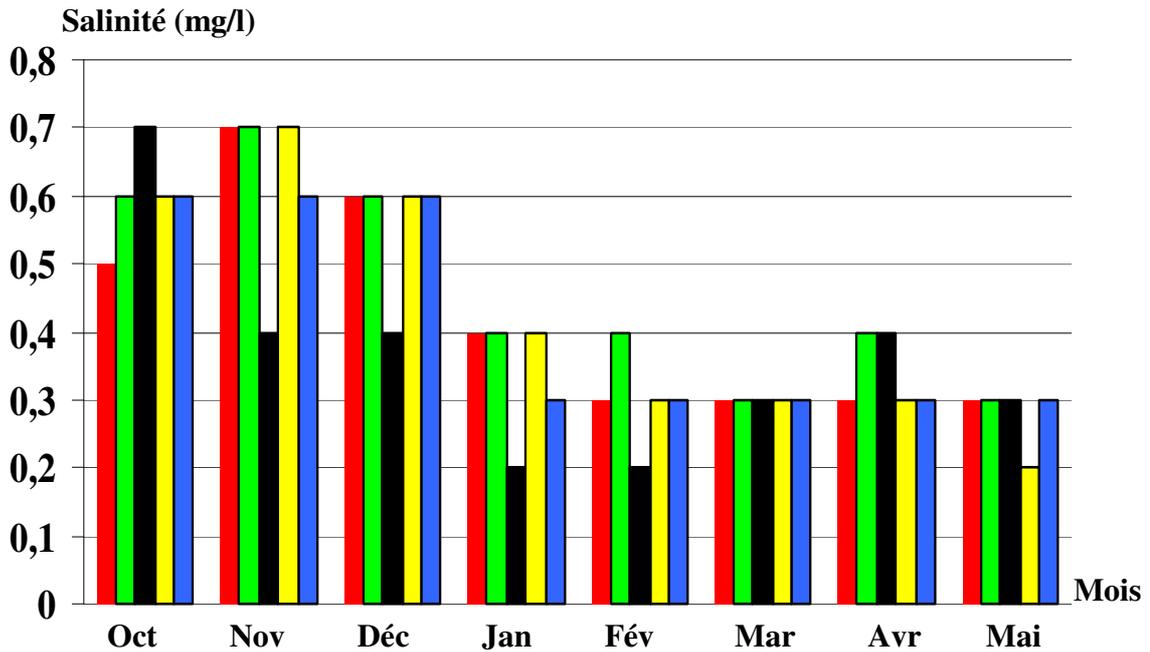


Fig. 35. Evolution mensuelle de la salinité.

Idem que pour la conductivité électrique, les taux de salinité les plus élevés sont enregistrés au début de l'étude, soit durant les mois d'octobre, de novembre et de décembre. Le maximum est enregistré pendant les deux premiers mois est de 0.7 mg/l. Le minimum est de 0.2 mg/l, observé pendant les mois de janvier et de février dans le site 3.

La conductivité électrique et la salinité (Fig.34 et Fig.35) suivent presque le même rythme et sont proportionnelles aux sels dissous traduisent ainsi une minéralisation très importante des eaux de la zone d'étude. D'après RFEA, 2009 les eaux naturelles superficielles ont une conductivité avoisinants environ 100 à 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  qui est largement dépassés dans notre étude (1000 et 2010 pour les sites: 1, 2, 4 et 5).

En ce qui concerne la salinité, certains auteurs fixent une barrière variant généralement entre 0,3 et 0,5 mg/l à partir de laquelle une baisse significative de la richesse et de la diversité biologique est observée dans les eaux douces. Ces valeurs sont largement dépassées surtout durant les mois d'octobre et de novembre et ceci au niveau de toutes les stations. Ils sont probablement liées à l'érosion mécanique des cours d'eau et l'apport des rejets industriels (Unité de marbre site 2 et unité de carrelage site 3) qui se déposent par

décantation et occupent le lit des rivières. La baisse des valeurs est observée toujours pendant la saison de crue à cause de la dilution de ces rejets.

*Grosso modo*, les taux de conductivités et de salinités obtenues sont intimement liées aux diversement directs des produits finis de la production de carrelage et du marbre contenant de très grandes quantités d'éléments salifères dissous:

- Le Calcite 75 % de  $\text{CaCO}_3$
- Le Gypse (plâtre); Sulfate hydraté de calcium.
- La chaux (principalement la calcite -  $\text{CaCO}_3$  -, mais aussi le calcaire, la craie et le marbre.
- Le ciment est un liant à base de silicate de chaux, ou plus précisément un mélange constitué de calcaire (80%) et d'argile (20%), parfois additionné d'alumine.)
- hydrate d'alumine; employée en peinture comme charge incolore

Selon une étude récente réalisée par la -Banque-eau- en 2004, la conductivité et la salinité au niveau du bassin de Guelma sont associées aux lessivages des formations géologiques encaissantes qui occupent une partie non négligeable du bassin (les formations marno-gypseuses du Crétacé –Eocène et aux formations calcaires du Cénomanién).

#### **1-4- L'oxygène dissous**

La quantité d'oxygène dissous varie peu entre les sites 1, 2, 4 et 5. On observe également un accroissement remarquable dans le site 3 atteignant son maximum durant le mois de décembre (14,8 mg/l). Le site 3 affiche cependant les valeurs les plus élevées et ceci pendant toute la période de l'étude (Fig. 36).

Le site 3 présente une oxygénation remarquable tout au long de notre étude et surtout en période de crue ceci peut être expliqué par les forts degrés de minéralisation (conductivité moyenne supérieur à 1100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et pH moyenne supérieurs à 7,6) et par conséquent une diminution de la charge organique consommatrice d'oxygène dissous dans l'eau.

Ce site ne subit aussi aucune émission d'eau résiduaire (domestique chargée en matière organique). La seule source de cette charge est à notre connaissance la déjection des animaux. En outre, la présence de substances de plus en plus toxiques déversés dans ce site peut conduire à l'inhibition et au ralentissement de la croissance et de l'activité des microorganismes consommateurs d'oxygène.

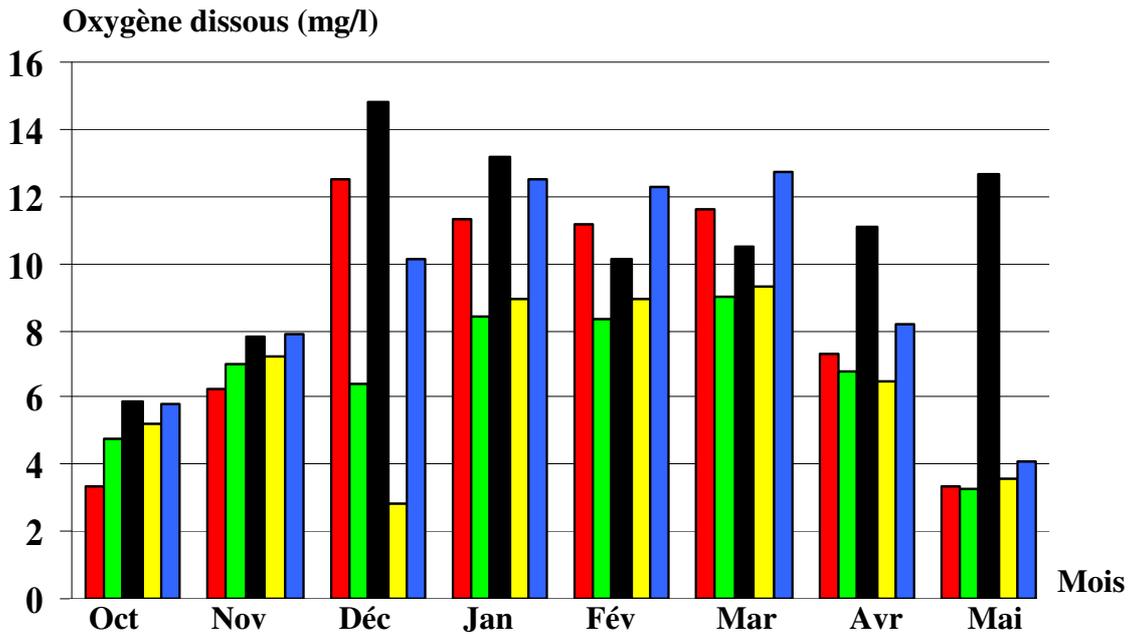


Fig. 36. Evolution mensuelle de l'oxygène dissous.

En revanche, les sites 1, 2, 4 et 5 présentent les teneurs les plus basses en oxygène dissous et cela peut s'expliquer par l'apport d'une grande quantité de matières organiques issue des villes implantées sur les deux rives de l'Oued Seybouse et qui ne subissent aucun processus préalable de traitement.

Nous notons aussi que les variations des taux d'oxygène dissous sont opposées à celles des températures enregistrées montrant que lorsque les eaux sont chaudes (octobre et novembre) elles sont moins oxygénées.

Les fluctuations observées entre 2 et 12 mg/l pendant les mois de crue sont souvent tributaires de l'irrégularité des déversements domestiques.

#### 1-5- Les matières en suspensions « MES »

La variation spatiale des MES entre les sites 1, 2, 4 et 5 ne présente pas une différence significative, alors que la variation temporelle pour les mêmes sites montre une grande différence avec un maximum de 320 mg/l enregistré durant le mois de mars dans le site 5 et un minimum de 40 mg/l observé durant les mois d'octobre et de novembre dans les deux premiers sites, soit les sites 1 et 2.

Le site 3 nous expose des variations temporelles différentes par rapport aux autres sites où la quantité des MES augmente dès les mois d'octobre et novembre où elle atteint son

maximum de 360 mg/l puis elle subit une diminution accentuée à partir du mois de janvier et ce jusqu'au mois de mai.

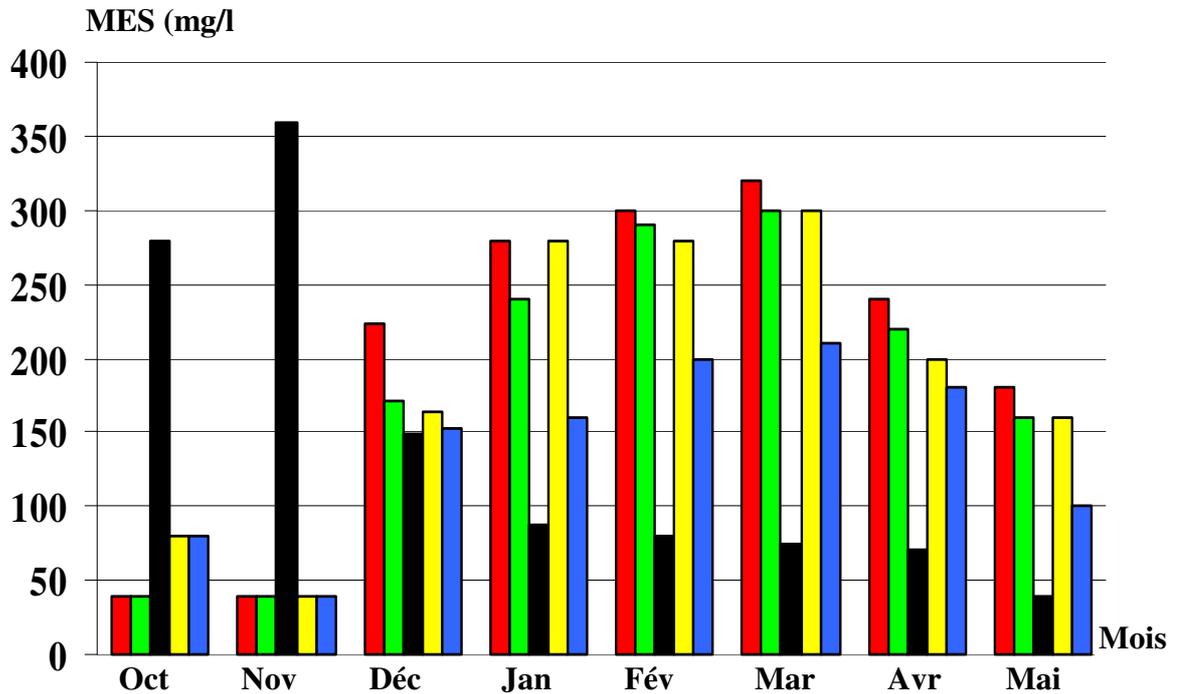


Fig.37. Evolution mensuelle des MES.

Les déversements de la boue évacuée par l'unité de carrelage sur les berges de Oued Bousorra (Site 3) est la cause majeure de l'élévation des teneurs en MES (360 mg/l). En période de crue et au niveau des sites 1, 2, 4, et 5, nous observons une augmentation des teneurs en MES qui est souvent liée à de nombreux phénomènes dont les principaux sont:

- § L'érosion mécanique de la rivière et des sols agricole avoisinantes (Débit important).
- § Ruissellements des routes et des rues; riches en matière non dissoutes.
- § Les déversements des rejets urbains et domestiques des villages limitrophes.
- § Des rejets industriels surtout les boues évacuées par l'unité de Marbre (site 2. en plein air).

**1-6- Les matières azotées (nitrates et nitrites)**

⇒ **Les nitrates**

Les concentrations des nitrates varient entre 0,09 et 3,69 mg/l. Les valeurs les plus élevées sont rencontrées dans le site 2 surtout à partir de janvier. Nous observons aussi un accroissement remarquable jusqu'au mois de février puis une légère diminution à partir du mois de mars et qui ne dépasse pas les 0.5 mg/l pour chaque mois.

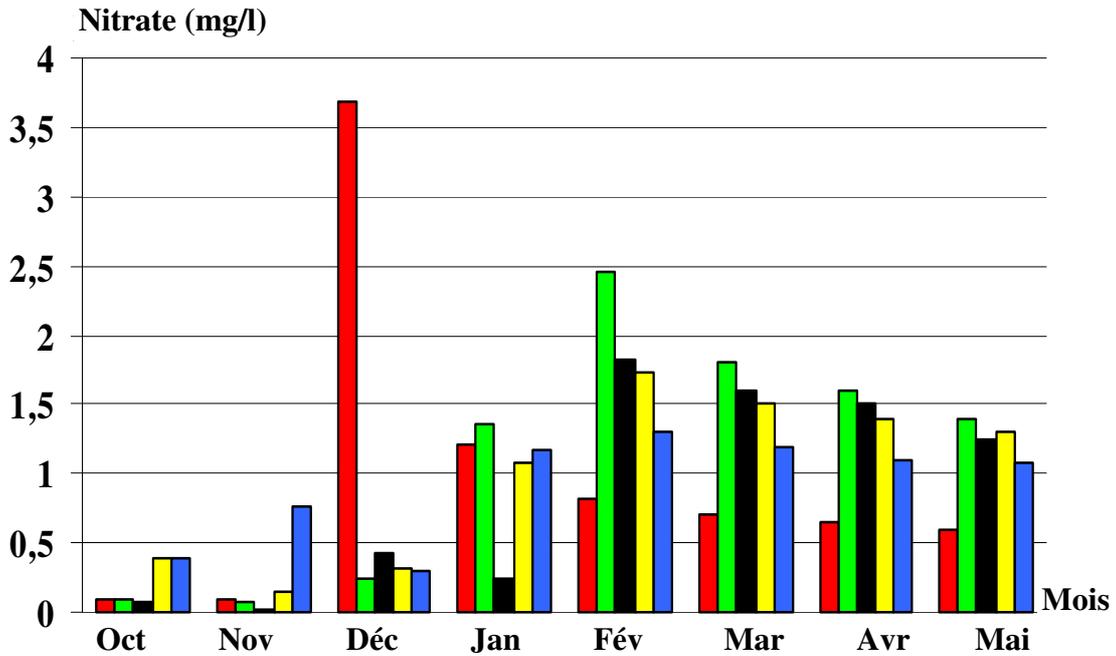


Fig. 38. Evolution mensuelle des nitrates.

⇒ **Les nitrites**

L'observation de l'évolution mensuelle (Fig.39) des teneurs en nitrite nous expose principalement :

- ⇒ Une légère stabilité des teneurs entre les mois d'octobre et de novembre (0,2 et 0,4 mg/l)
- ⇒ Une baisse des concentrations entre décembre et janvier avec un minimum de >0,2 mg/l.
- ⇒ Une réaugmentation des teneures en nitrite depuis février avec un maximum de 1,06 mg/l.

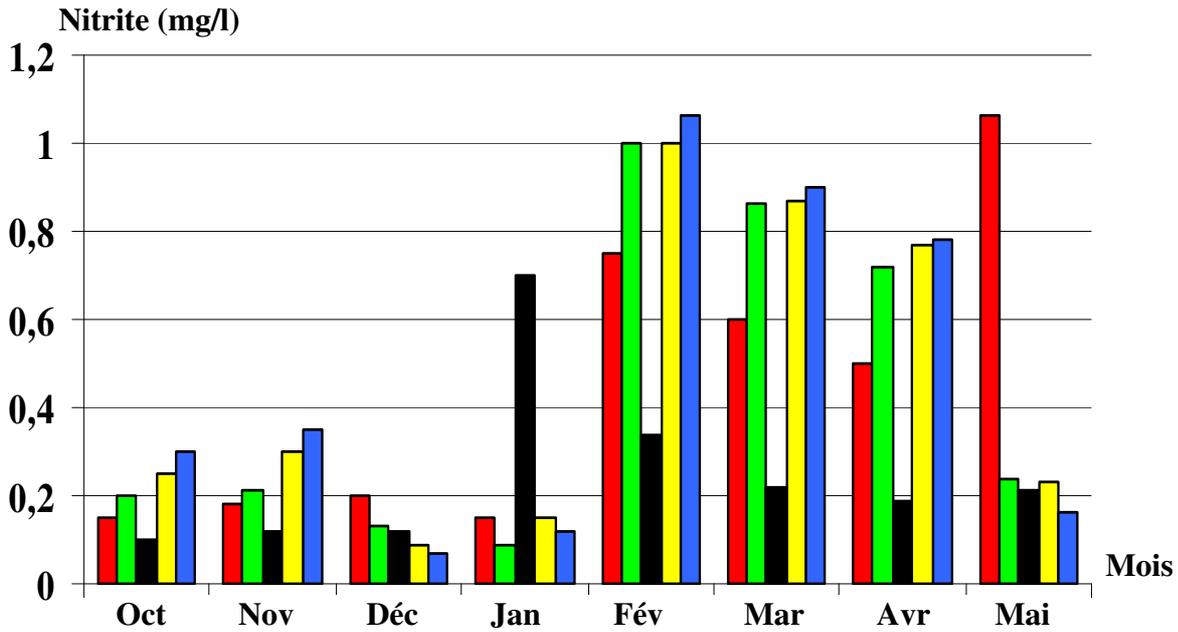


Fig. 39. Evolution mensuelle des nitrites.

A partir de l'observation des figures 38 et 39 nous notons que les teneurs en nitrates durant toute la période de l'étude ne dépassent pas les valeurs critiques signalés par l'ANRH, et qui doit être supérieur à 20 mg/l pour qu'on puisse classés notre zone d'étude comme pollué par les nitrates. La situation demeure ainsi globalement favorable. Ceci est du principalement aux fortes précipitations qui ont caractérisées la période de l'étude et qui ont conduit à la dilution des concentrations en nitrates.

L'observation des taux de nitrites nous permet de comprendre que les formes de nitrates sont réduites en nitrites (dénitrification) du fait que leurs teneurs sont très élevés; ce qui détermine le taux de pollution de l'eau de cet oued (0,1 à 0,3). Les teneurs décroissent sensiblement sous l'effet de la dilution surtout en période des crues.

Il est aussi à noter que la présence de la matière azotée dans notre zone d'étude a pour origine les rejets domestiques et le lessivage des parcelles agricoles par les précipitations des nitrates enfouis dans le sol ou épandus pendant la saison agricole.

1-7- Matière phosphorée

⇒ Ortho phosphate (PO<sub>4</sub>)

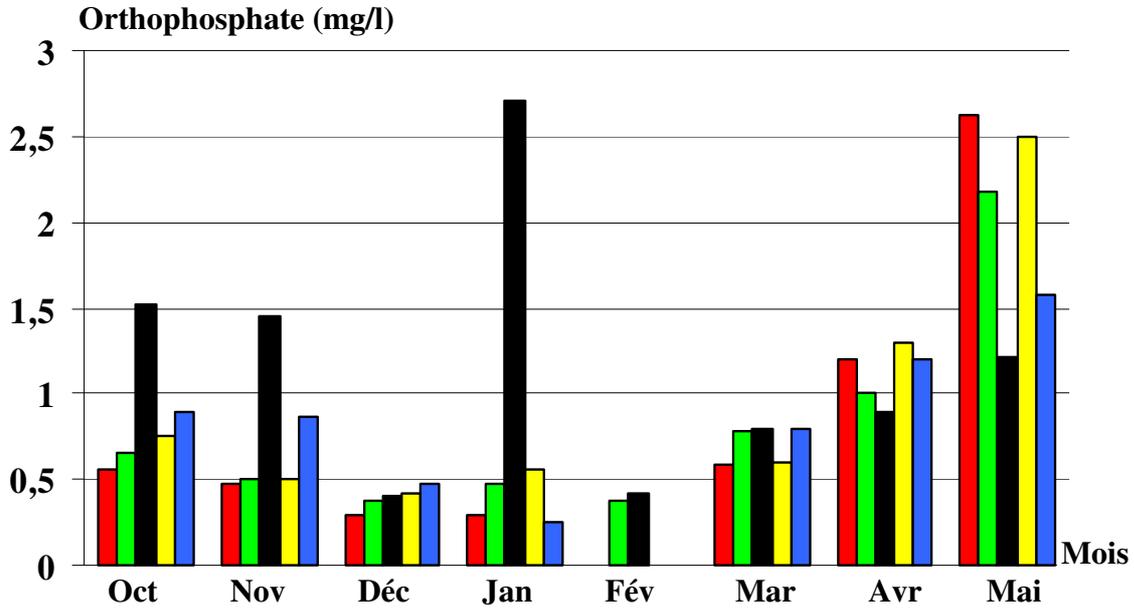


Fig.40. Evolution mensuelle d'ortho phosphate

⇒ Phosphore total (PT)

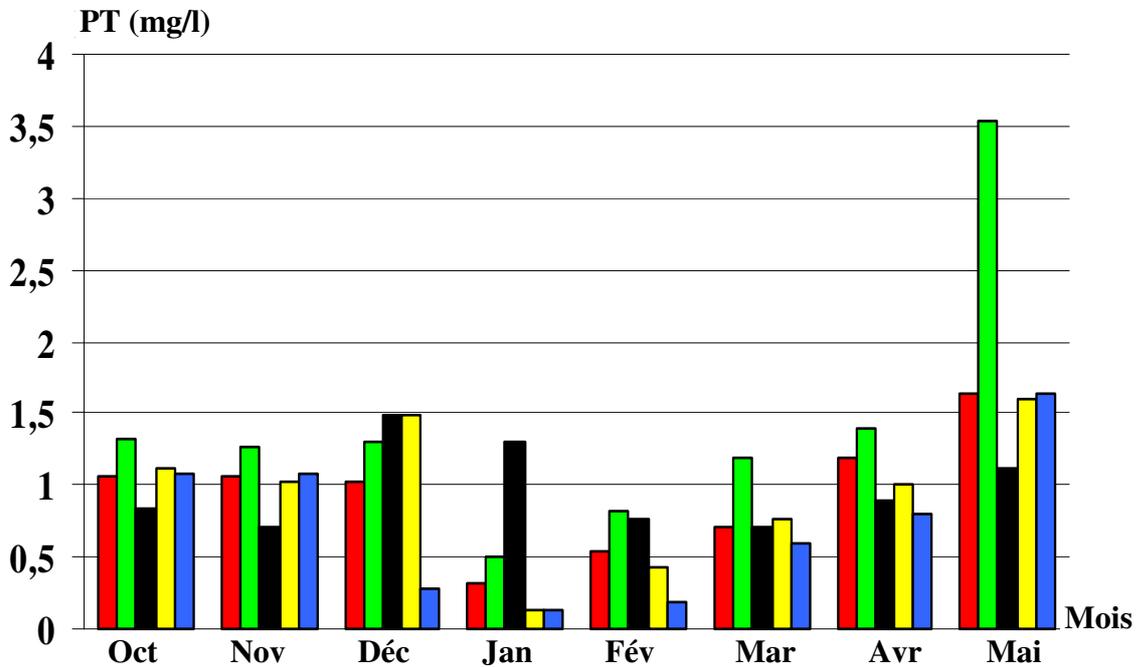


Fig. 41. Evolution mensuelle du phosphore total

Durant les mois d'octobre, de novembre et de décembre, les concentrations en phosphore total exhibent peu de variation notable (entre 0,7 et 1,49 mg/l) et amorcent une baisse irrégulière durant les mois de janvier, de février et de mars.

Durant les deux derniers mois de notre étude, les concentrations en phosphore total commencent à réaugmenter pour atteindre un maximum de 3,54 mg/l enregistré dans le site 2.

Les valeurs nulles d'orthophosphate notées durant le mois de février dans les sites 1,4 et 5 peuvent être expliquées par la présence de teneurs importantes en phosphore avec une minéralisation faible. Les fortes valeurs de conductivité avec la présence d'oxygène favorisant la minéralisation des matières phosphorées et les valeurs d'ortho phosphate sont de plus en plus élevés. Ce schéma est bien observé au niveau du site 1 durant le mois de mai où nous avons enregistré une conductivité électrique de 1296  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et une concentration en  $\text{PO}_4^-$  de 2,68 mg/l.

Les valeurs de phosphore total et des ortho phosphates enregistrés classent l'eau du site dans la classe des eaux polluées selon l'échelle de l'ANRH (0,1 à 3 mg/l) et tend même à la dépasser avec 3,45 mg/l pour se positionner dans la classe des eaux très polluées. D'une manière générale, la présence de ces éléments dans la zone d'étude provient principalement de l'utilisation des détergents dans les villages limitrophes et au drainage des terres agricoles fertilisées.

2- Les paramètres bactériologiques

2-1- Les coliformes totaux

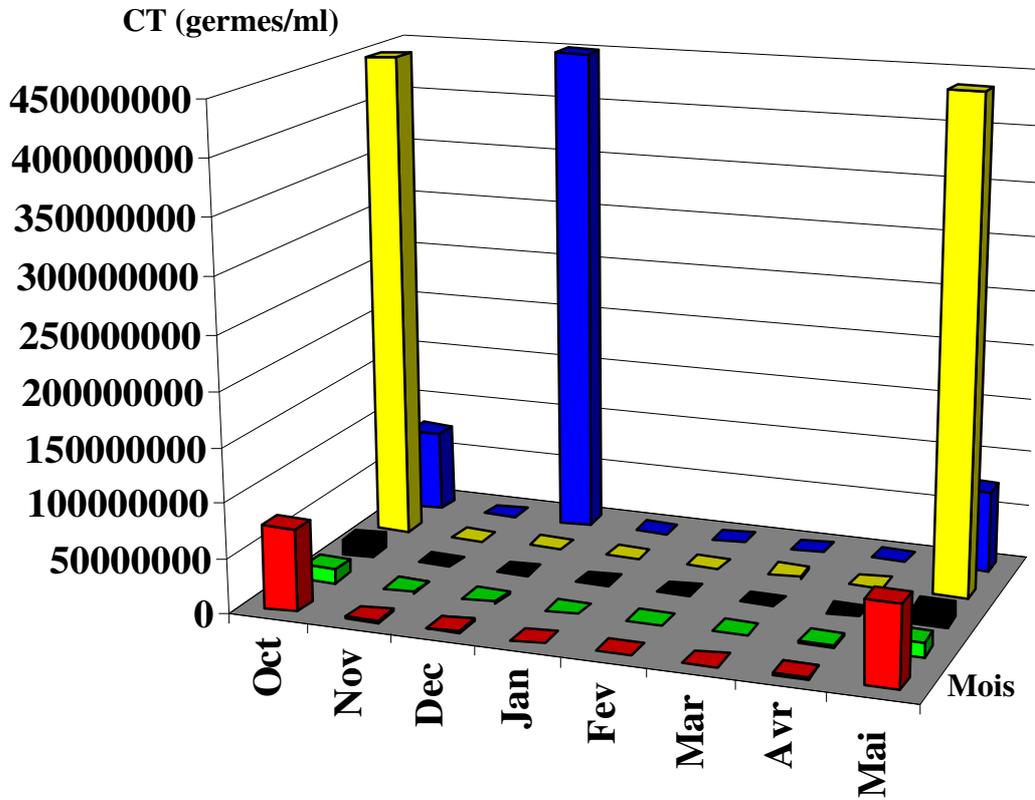


Fig.42. Evolution mensuelle des coliformes totaux

Les coliformes totaux qui sont des Entérobactéries capables de métaboliser le lactose sont depuis longtemps considérés comme de bons indicateurs de la qualité microbiologique d'une eau et d'un aliment. Leurs recherches est synonyme d'un indice fidèle d'une contamination fécale. Au cours de notre étude, les valeurs trouvées sont très élevées. Le maximum enregistré est de  $45.10^7$  germes/ml rencontrés dans le site 4 lors du prélèvement du mois de décembre (Fig.42).

2-2- Les coliformes fécaux

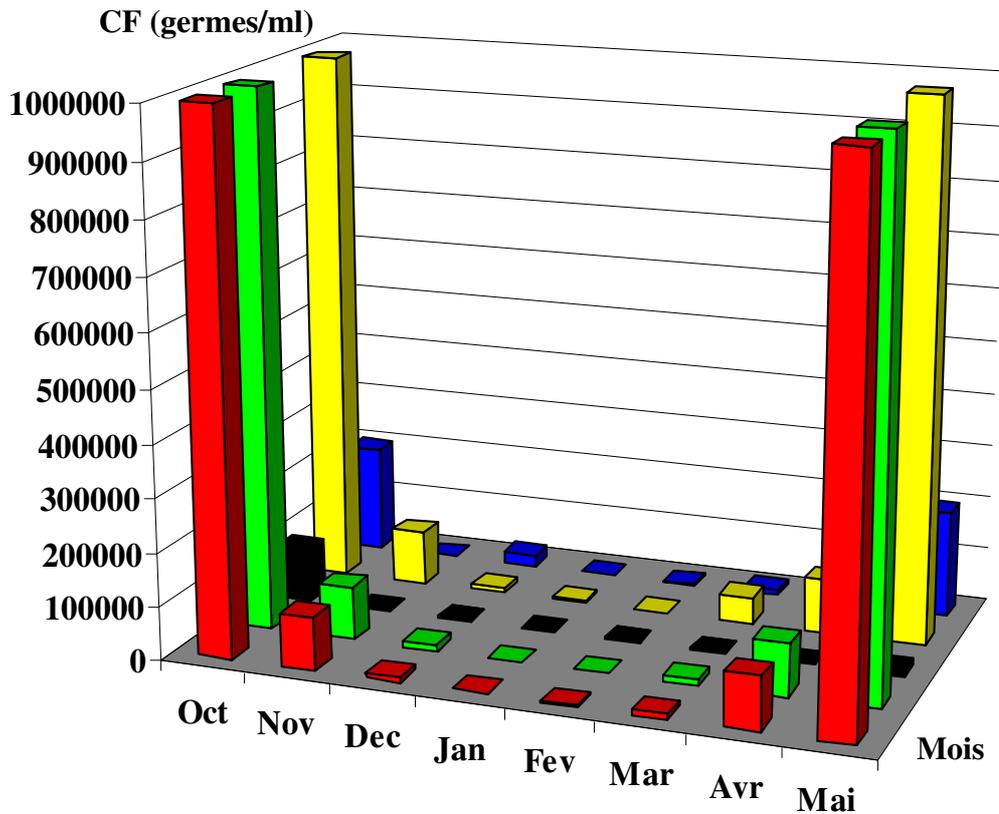


Fig.43. Evolution mensuelle des coliformes fécaux

Les coliformes fécaux, ou thermotolérants affichent des taux élevés au début de l'étude, soit durant le mois d'octobre où elles atteignent les  $10^6$  germes / ml (Fig. 43). Suite au crues et aux pluies torrentielles qu'a connue la région durant cet hiver les valeurs diminuent continuellement au cours des mois qui suivent, puis réaugmentent à partir du mois d'avril.

D'une manière générale, les taux observés des coliformes totaux et fécaux sont alarmantes. Elles sont une conséquence logique des rejets urbains " riches en minéraux et en matières biodégradables ". Le site 3 qui reçoit directement les rejets industriels de l'unité de carrelage et du marbre exhibe souvent les valeurs les plus basses. En effet, ces composés rejetés détiennent des taux élevés de  $CaCO_2$  et de MES qui exercent un effet négatif et inhibiteur sur la croissance et sur le développement de ces microorganismes.

2-3- Les Streptocoques fécaux

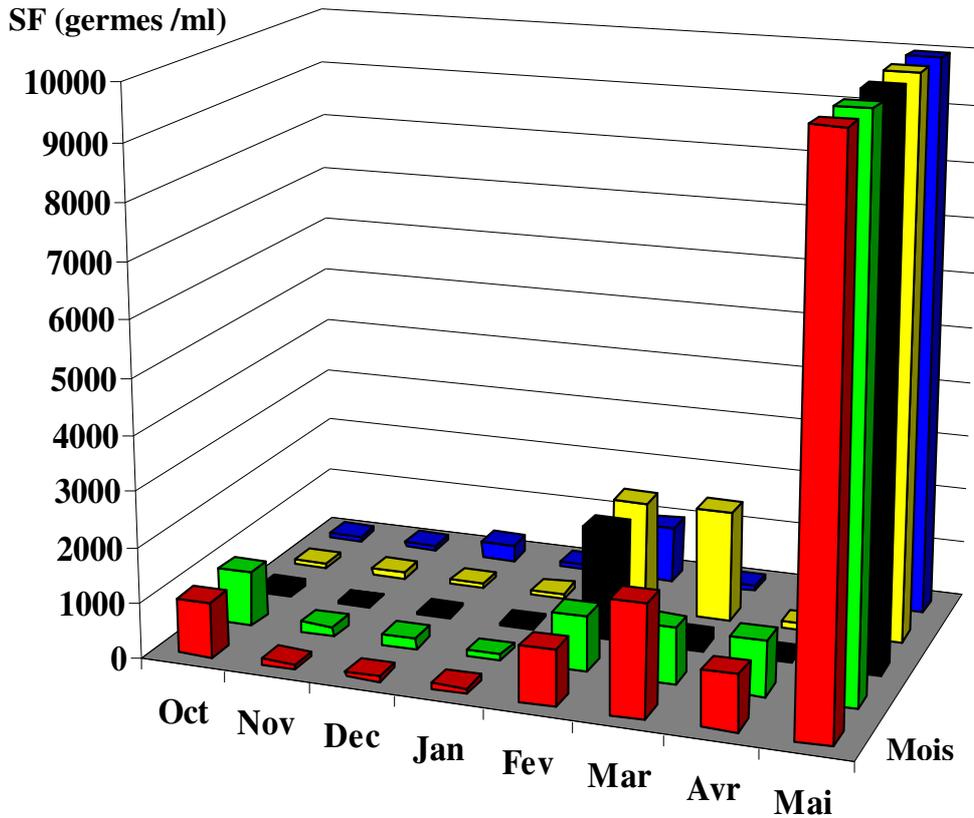


Fig.44. Evolution mensuelle des streptocoques fécaux

La figure 44 correspondant à la variation temporelle des taux des streptocoques fécaux dans les quatre points de prélèvement exhibe un schéma inverse à celui observé pour les coliformes (CT et CF) du fait que les valeurs les plus élevés sont observés à la fin d l'étude. Le maximum enregistré est de  $10^4$  germes/ml dans le site 4, pendant le mois de mai. Ces germes sont souvent considérés comme les microorganismes de choix pour détecter une contamination récente d'un écosystème aquatique.

**2-4- Recherche microbienne**

Les prélèvements concernés par cette recherche sont celles des mois d'octobre, de février et de mai 2009. Les milieux utilisés sont la gélose nutritive: GN, la gélose Hektoen: HK, la gélose Chapman: GH, la gélose viande de foie: VF; la gélose SS et la gélose Sabouraud. Nous avons aussi utilisé les galeries biochimiques API 20E. Les caractères morphologiques macroscopiques et microscopiques ainsi que les résultats de la coloration de Gram sont présentées dans les tableaux 19 et 20 et dans les figures 45 à 49.

**Tab. 19.** Isolement des souches bactériennes

	Milieux de culture	Résultats après culture		
		Octobre	Février	Mai
Site 1	v GN Isolement de la flore totale bactérienne	<p><b>Macroscopique :</b> Quelques dizaines de colonies de 2 mm de diamètre, certaines sont circulaires, lisses et brillantes. D'autres sont irrégulières lisses et plates de couleur jaune et blanche et de 1 mm de diamètre.</p> <p><b>Microscopiques :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bacilles isolés ou en chaînettes Gram négatif</li> <li>- Cocci isolés, Gram positif</li> <li>- Bacilles isolés, Gram négatif</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quelques centaines colonies (supérieur a 300).</li> <li>- Même aspect des colonies</li> </ul>	Indénombrable (formation d'une seule couche)
Site 2		Idem	Idem	indénombrable
Site 3		<p>Nombre très faible de colonies (3 à 5 colonies) aspect ponctiforme, lisse, brillante et transparente.</p> <p>Bacilles Gram négatif</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Un nombre important de colonies (entre 100 et 300)</li> <li>- Même aspect des colonies</li> </ul>	<p>Observation de quelques dizaine de colonies</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Même aspect des colonies</li> </ul>
Site 4		<p>Nombre faible de colonies (5 à 10 colonies)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mêmes formes de colonies</li> </ul>	<p>Quelques centaines de colonies (supérieur a 300). Quelques colonies sont assez grandes, plates, à contour dentelé, blanches légèrement transparentes.</p>	Indénombrable

Site 5		Quelques dizaines de colonies Mêmes formes de colonies.	Quelque dizaine de colonies	Indénombrable (formation d'une seule couche)
Site 1	v Ch	<b>Macroscopique :</b> -Colonies Bombées, lisses, entourées d'une auréole jaune. - Colonies pigmentées en jaune. <b>Microscopique :</b> - Cocci groupés, Gram positif	Idem	Idem
Site 2		Idem	Idem	Idem
Site 3		Absence de culture	/	/
Site 4		/	/	/
Site 5		/	/	/
Site 1	v VF Type de Respiration	Culture sur toute la hauteur (nombre très faible de colonie) - Colonies en halo noire - Bacilles Gram positif	Culture sur toute la hauteur	Culture sur toute la hauteur (nombre très élevé : nappe confluente)
Site 2		/	/	Culture sur toute la hauteur (nombre très faible de colonie)
Site 3		Culture négative	Culture sur le haut du tube uniquement	/
Site 4		/	Culture sur toute la hauteur	/
Site 5		Culture sur toute la hauteur (nombre faible de colonie)	/	Culture sur toute la hauteur (nombre très élevé)
Site 1	v Sab Isolement et identification des levures et des moisissures.	Nombre très faible de colonies (3 à 5 colonies) - Petites colonies lisses et brillantes - Forme sphérique à ovoïde avec Bourgeoisements polaire et multipolaire, Gram positif	Observation de quelques colonies (supérieur a 10)	Quelques dizaines de colonies
Site 2		Idem	Idem	Idem

Site 3		Culture négative	Nombre très faible (2 colonies)	/
Site 4		Nombre faible de colonies (5 à 10 colonies)	Observation de quelques colonies (supérieur a 10)	/
Site 5		Idem	Idem	/
Site 1	v SS	Deux colonies observées aspect de <i>Pseudomonas</i> (rondes, petites, convexes et lisses)	Quelques colonies incolores sans centre noir	Quelques colonies incolores et d'autre de couleur rose et rouge
Site 2		2 colonies incolores	/	Quelques colonies incolores
Site 3		Culture négative	Culture négative	2 colonies incolores
Site 4		/	Quelques colonies incolores et d'autres de couleur rose	Quelques colonies incolores et d'autre de couleur rose et rouge a centre noire
Site 5		/	/	/

/ : Pas de résultats

- **Identification biochimique**

Ce type d'identification a été appliqué sur des germes Gram (-) suspectés pathogène a partir des milieux SS; Mac Conkey et sur gélose nutritive.

**Tab. 20.** Identification des souches bactériennes

Site	Octobre 2008		Février 2008		Mai 2009	
	Code API	Espèce	Code API	Espèce	Code API	Espèce
Site 1	0702004	<i>Chewanella putrefaciens</i>	1042004	<i>Chrysobacterium miningosepticum</i>	3046127	<i>Aeromonas hydrophila</i> gr. 1
			5044512	<i>E. coli</i> 2	5076773	<i>Klebsiella oxytoca</i>
Site 2	1042004	<i>Chrysobacterium miningosepticum</i>	3046127	<i>Aeromonas hydrophila</i> gr. 1	3204002	<i>Pseudomonas luteola</i>
Site 3	/	/	1042004	<i>Chrysobacterium miningosepticum</i>	0204042	<i>Acinetobacter baumannii</i>
Site 4	3643520	<i>Citrobacter Freundii</i>	3046127	<i>Aeromonas hydrophila</i> gr. 1	3305573	<i>Enterobacter cloacae</i>
	0204042	<i>Acinetobacter baumannii</i>	6014004	<i>Photobacterium damsela</i>	521573	<i>Klebsiella pneumoniae</i> ssp <i>pneumoniae</i>
Site 5	5144572	<i>E. coli</i> 1	5346773	<i>Serratia odorifera</i> 1	3305573	<i>Enterobacter cloacae</i>
	7144204	<i>Plesiomonas shigelloides</i>	5304753	- <i>Serratia liquefaciens</i>	1042004	<i>Chrysobacterium miningosepticum</i>



Photo. 45. Culture sur GN : Site 2



Photo. 46. Souche d'*Escherichia coli*



Photo. 47. Culture sur gélose CH (site 1)



Photo. 48 : Culture de champignons sur gélose Sab (site 4)



Fig. 49. Profil de la galerie biochimique API 20 E d'*E. coli*

A partir du tableau 19 et 20 et les figures ci-dessus nous constatons que tous les sites présentent des cultures microbiennes normales et n'indiquent aucune altération distinctive sauf le site 3 où les cultures sont quasi nulle que soit pour les champignons ou pour les bactéries surtout durant le mois d'octobre. Ceci est dû principalement aux fortes teneurs de ces sites en MES et au fort degré de minéralisation qui empêche et stoppe la croissance de la majorité des microorganismes.

Les espèces bactériennes identifiées sont très communes dans les cours d'eau et dans tous les écosystèmes aquatiques continentaux. Il est à noter que les bâtonnets Gram (-) sont les plus représentés et que les cocci Gram (+) qui présentent souvent de grandes difficultés à s'adapter à ce type de milieu recevant des rejets excessifs et riche en microorganismes sont faiblement représentés.

### **2-5- Etude de la sensibilité aux antibiotiques (Antibiogramme)**

Différents antibiotiques ont été utilisés: l'ampicilline (AM), la céfazoline (CZ), le triméthoprime-sulfaméthoxazole (SXT), le chloramphénicol (C), l'amikacine (AN), la clindamycine (CLI) et la tétracycline (TE). Le tableau 21 représente la résistance des bactéries isolées vis à vis ces antibiotiques tout en précisant le diamètre de la zone d'inhibition.

L'antibiogramme a été réalisé à la fin de notre étude et à partir des souches isolées durant le mois de mai.

D'une manière générale, il est à noter que les rejets solides et liquides des unités de fabrication de carrelage et du marbre influent sur la résistance des bactéries isolées de l'eau.

Nous remarquons de légères diminutions de la résistance de ces bactéries aux différents antibiotiques utilisés (Tab.21) qui se traduisent par de rétrécissements plus ou moins sensibles des zones d'inhibition. Ainsi, ces zones ont diminué pour quatre antibiotiques chez *Klebsiella oxytoca*, de trois pour *Klebsiella pneumoniae* et d'un seul antibiotique pour les autres bactéries isolées, soient *Citrobacter freundii*, *Aeromonas hydrophila*, *Pseudomonas luteola* et *Escherichia coli*.

Il semble ainsi que ces déversements souvent toxiques pour l'environnement immédiat de l'usine fragilisent la microflore aquatique en agissant à la fois sur leurs parois externes et en bloquant son métabolisme intermédiaire, ce qui les rendent plus sensibles aux différents agents antimicrobiens externes (physiques et chimiques). Ces bactéries perdent alors leur résistance naturelle et n'arrivent plus à se développer dans ce type d'écosystème.

Tab. 21. Etude de la sensibilité aux antibiotiques des espèces isolés

Sites		Marbrerie		Carrelagerie	
		Avant site 1 (mm)	Après site 2 (mm)	Avant site 3 (mm)	Après site 4 (mm)
<i>Acinetobacter baumannii</i>	AM	/	/	0	0
	CZ	/	/	0	0
	SXT	/	/	18	20
	C	/	/	6	6-7
	AN	/	/	15	15
	CLI	/	/	0	0
	TE	/	/	19	20
<i>Klebsiella oxytoca</i>	AM	30	24	/	/
	CZ	< 1	0	/	/
	SXT	22	21	/	/
	C	0	0	/	/
	AN	24	20	/	/
	CLI	4	4	/	/
	TE	0	0	/	/
<i>Klebsiella pneumoniae ssp pneumoniae</i>	AM	/	/	32	30
	CZ	/	/	0	0
	SXT	/	/	25	20
	C	/	/	0	0
	AN	/	/	20	20
	CLI	/	/	0	0
	TE	/	/	0	< 1
<i>Citrobacter freundii</i>	AM	/	/	20	18
	CZ	/	/	2	4
	SXT	/	/	/	/
	C	/	/	0	0
	AN	/	/	0	0
	CLI	/	/	<2	0
	TE	/	/	0	0

<i>Aeromonas hydrophila</i> gr. 1	AM	0	0	/	/
	CZ	/	/	/	/
	SXT	/	/	/	/
	C	20	22	/	/
	AN	25	20	/	/
	CLI	/	/	/	/
	TE	0	0	/	/
<i>Pseudomonas</i> <i>luteola</i>	AM	0	0	/	/
	CZ	/		/	/
	SXT	/	/	/	/
	C	0	/	/	/
	AN	22	<2	/	/
	CLI	/	/	/	/
	TE	0	0	/	/
<i>E. coli</i> 2	AM	<2	0	/	/
	CZ	26	25	/	/
	SXT	25	25	/	/
	C	<2	0	/	/
	AN	0	0	/	/
	CLI	/	/	/	/
	TE	0	0	/	/

/ : Pas de test

0 : Absence de la zone d'inhibition, soit 6 mm.

### **3- Cadre biotique**

#### **3-1- la couverture végétale**

La ceinture de végétation de l'oued est composée principalement de Graminées *Cynodon dactylon*, de composées *Bellis repens*, de Cypéracés *Scripus lacustris*. Les frênes (*Fraxinus nucefira*) et les peupliers (*Populus alba*), sont observés sur les terres avoisinantes. Nous remarquons aussi des cultures céréalières et des vergés d'orangés, de néfliers et de péchiers sur de grandes étendues.

Les observations que nous avons effectuées lors de nos campagnes d'échantillonnage nous montrent que l'eau des cours d'eau subit une dégradation très importante en termes de couverture végétale, surtout que sur les berges d'Oued Boussorra nous avons observé seulement un nombre très limité des phragmites *Phragmites australis* et de Laurier rose *Nerium oleander*, deux espèces héliophytes caractérisées par leur forte résistance aux conditions hostiles sous l'effet des déversements des boues qui influencent négativement le pouvoir germinatif de la majorité des espèces végétales.

Le site 4 est cependant caractérisé par une prolifération algale très importante résultante de la présence d'une grande quantité de nutriment.

#### **3-2- La faune**

Le bassin de la Seybouse est largement fréquenté par une faune très diversifiée, les plus importants sont le sanglier, le hérisson, le renard, une avifaune aquatique représenté principalement par la cigogne blanche, l'héron garde-bœufs, l'héron cendré et la poule d'eau.

Les riverains ramènent aussi leur cheptel (bovins, ovins, caprins) s'abreuvoir sur les bords de l'oued.

4- Evaluation de la qualité de l'eau

Tableau. 22. Variation spatiale des paramètres physicochimiques de l'eau.

Sites Paramètres	Bou gargeur (Seybouse)	ENA Marbre (Seybouse)	Unité de Carrelage (Bousorra)	Zemzouma (Seybouse)	Errasfa (Seybouse)
O <sub>2</sub> dissous (mg/l)	8,3525	6,75125	10,74875	6,5475	9,20125
T (°C)	15,38	15,63	14,87	15,23	15,35
pH	7,24	7,2	7,6	7,22	7,25
Conductivité (µS/cm)	1347,75	1390,62	1164,37	1409,12	1509,37
Salinité (mg/l)	0,42	0,46	0,36	0,42	0,41
MES (mg/l)	203	182,75	142,62	188	140,25
Nitrate (mg/l de NO <sub>3</sub> )	0,98	1,12	0,86	0,98	0,91
Nitrite (mg/l de NO <sub>2</sub> )	0,48	0,43	0,25	0,45	0,46
PT (mg/l de P)	0,94	1,42	0,97	0,94	0,72
Orthophosphate (mg/l de PO <sub>4</sub> )	0,75	0,79	1,17	0,83	0,75

Tableau. 23. Variation spatiale des paramètres bactériologiques de l'eau.

Sites Paramètres	Bou gargeur (Seybouse)	ENA Marbre (Seybouse)	Unité de Carrelage (Bousorra)	Zemzouma (Seybouse)	Errasfa (Seybouse)
CT (germes/ml)	19202740	3988875	3570500	112813000	75028625
CF (germes/ml)	278000	2777750	14300	283250	54412,5
SF (germes/ml)	1912,5	1812,5	1561,25	1812,5	1587,5

D'une manière générale et en se basant sur la grille de détermination de la qualité des eaux superficielles la plus couramment utilisée, nous pouvons prononcer sur la qualité des eaux du bassin de la Seybouse comme suit :

- ⇒ Les cinq points de prélèvements sont de mauvaise à très mauvaise qualité en charges minérales (conductivité et salinité).
- ⇒ Les sites 2 et 4 sont de qualité très mauvaise en charge organiques. (CT, CF, SF et OD)
- ⇒ Tous les sites présentent une qualité très mauvaise vis à vis des matières non dissoutes.
- ⇒ Enfin, pour ce qui est de la charge en éléments nutritifs, les différents sites sont classés entre la classe à qualité mauvaise et la classe à qualité passable.

# CONCLUSION

Dans le but de contribuer à l'étude de la pollution de l'eau du bassin de la Seybouse et de déterminer l'influence des rejets domestiques et industriels (Marbre et Carrelages) qui s'y déversent, l'évolution spatio-temporelle d'un groupe d'indicateurs physico-chimiques (T°, pH, conductivité, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, ...etc.) et bactériologiques (coliformes totaux, coliformes fécaux,...etc.) a été suivi.

Au terme de notre travail, nous pouvons conclure que la contamination des eaux du bassin est générale. En effet, les eaux analysées ont une qualité assez dégradée (Classe polluée et même très polluée), du fait de la présence d'une pollution chimique et bactériologique de l'amont à l'aval de tous les sites de prélèvement.

Les polluants sont présents à des concentrations qui varient d'un site à l'autre, mais globalement, les sites 1, 2, 4 et 5 sont les plus contaminés par les rejets domestiques des villages limitrophes expliqué par la faible concentration en oxygène dissous ; minimal 2,8 mg/l et par la quantité importante des coliformes fécaux jusqu'à 10<sup>7</sup> germes / ml.

L'impact de l'unité ENAMARBR (site 2) et l'unité Carrelage (site 3) sont multiples, on peut citer :

- § La présence de quantités importantes de boues sur les berges et les rives modifient le paysage.
- § Le déversement et le stockage d'une quantité importante de CaCO<sub>3</sub> engendrent l'augmentation du pH de l'eau de l'Oued au-delà du seuil admissible. Cet état perturbe le cycle de reproduction de la faune et la flore en milieu aquatique (Lagoune, 2008) et par conséquent influence la dégradation quasi-totale de la couverture végétale surtout au niveau du site 3.
- § L'éventualité d'une réaction chimique entre le CaCO<sub>3</sub> de la boue avec une autre substance déversée en amont ou en aval et charriée par l'eau de l'Oued.

L'abondance surtout des nitrites (1,06 mg/l) et du phosphore (3,54 mg/l) est très inquiétante. Ces fortes teneurs fonctionnent comme un véritable polluant permettant la prolifération des algues et l'eutrophisation de milieu. (Nouar et al, 2005)

La qualité bactériologique de ces eaux nous montre aussi une situation alarmante. Elle est plus ressentie au niveau des sites 1, 2, 4 et 5.

L'impact global de cette pollution est visible sur les parcours de ces cours d'eau qui étaient utilisés même en boisson.

Les principales causes de cette pollution sont multiples, parmi lesquels on peut citer l'absence du traitement de rejets (industriels et domestiques) et la présence des décharges municipales dans les rives de ces cours d'eau.

Il aussi à noter que toutes modifications (physique et/ou chimique) de ces écosystèmes aquatiques continentaux peut engendrer des conséquences néfastes sur l'équilibre naturel de ces milieux. Les rejets et les déversements des installations industrielles agissent négativement sur ces plans d'eau lotiques. Ainsi, les rejets des usines de fabrication de carrelage et du marbre peuvent influencer la croissance et le développement des différentes espèces constituant les microflore naturelles de ces écosystèmes aquatiques. Ces dernières deviennent plus sensibles aux différents agents antimicrobiens, n'arrivent plus à s'adapter aux nouvelles conditions du milieu (saturés en éléments chimiques et en métaux lourds) peuvent disparaître et laisser la place à d'autres plus résistantes et souvent plus toxiques et plus dangereuses pouvant causer des problèmes de santé publiques tel les MTH (Tab. IX en annexe).

A l'égard à cette étude il est recommandé de préserver et de mettre en place des moyens de lutte contre la pollution de ces cours d'eaux et ce le plus tôt possible. Nous recommandons ainsi les solutions suivantes :

- § La réduction des pollutions industrielles par l'élaboration des systèmes d'épuration (bassin de décantation, filtration,...etc.) au sein de chaque unité industrielle.
- § Réduire les pollutions agricoles par l'utilisation rationnel des produits moins agressifs à l'environnement.
- § Réduire les dépôts et les décharges publiques situés sur les berges de ces cours d'eau par la création des centres d'enfouissement dans des zones adéquats.
- § Sensibiliser les populations.
- § Mettre en place des outils efficaces pour suivre l'application des textes et des règlements annoncés par les autorités spéciales (Tab. X et Tab. XI en annexe).

# RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Amblard C, 2001.** Eau et écologie l'eau de tous les enjeux. N ° 3 9 0. Laboratoire de biologie des protistes, *CNRS-Université Clermont 2*. P.3.
- **ANPEP, 2006.** Association Nationale pour la Protection de l'Environnement et la lutte contre la Pollution. Revue périodique Info-Scientifique N°10 sur l'état actuel du bassin de Seybouse.
- **ANRH, 2000 et 2004.** Agence Nationale des Ressources Hydrauliques. Disponible sur le site Internet : [www.anrh.dz](http://www.anrh.dz)
- **APHA, 1989,** American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 16<sup>e</sup> édition. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, Washington, D.C. Disponible sur le site Internet: [www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/guide\\_water-1992-guide\\_eau](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/guide_water-1992-guide_eau)
- **AREHN, 2006.** Rapport de l'Agence Régionale de l'Environnement de Haute Normandie. Disponible sur le site internet : [www.arehn.asso.fr](http://www.arehn.asso.fr)
- **ART, 2007.** Assises Régionales du tourisme. Pole touristique d'excellence Nord-Est. Ministre de l'aménagement du territoire de l'environnement et du tourisme.
- **Banque –eau, 2004,** Données hydrologiques set hydrochimiques des bassins de l'Est Algérien Agence du bassin Seybouse-Mellagu. **Disponible sur le site Internet :** [www.ucam.ac.ma/gire3d/Data\\_Base\\_Donnees/Full\\_pappers\\_PDF/Theme2/Session1/MA\\_OUI\\_AMMAR\\_Full\\_paper.pdf](http://www.ucam.ac.ma/gire3d/Data_Base_Donnees/Full_pappers_PDF/Theme2/Session1/MA_OUI_AMMAR_Full_paper.pdf).
- **Biney C, Amuzu A.T, Calamari D, 1996.** Revue de la pollution dans l'environnement aquatique Africain : (Etude des métaux lourds). Archive de documentation la FAO disponible sur le site Internet : [www.fao.org](http://www.fao.org)
- **Bonnard R, Lafont M et LePimpec P, 2003.** Notions d'hydro-écologie et de qualité biologique des eaux courantes. Ingénieries Eau Agriculture Territoire. *Cemagref*. P. 33.

- **CATE, 2005.** L'eau en Algérie. Le grand déficit de demain. Avant projet de rapport de la *Commission de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement*.
- **CEAEQ, 2005.** Centre d'Expertise en Analyse Environnementale Du Québec. Fiche technique : Les coliformes totaux : Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec. P. 20.
- **Champiat D et Larpent J-P, 1994.** Biologie des eaux (Méthode et technique). *Masson*.
- **Chapier J ; Leone J ; Carlot Y et Combe C, 2005.** Livret ressources : Eau, fleuves et patrimoine. La Direction de l'Eau du Grand Lyon et *l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée*. P.63.
- **CHE, 1993.** Charte européenne de l'Eau de (Strasbourg, 6 mai 1968). Opération « Europe bleue » du Conseil de l'Europe.
- **Cieau, 2009.** Centre d'information sur l'eau. Disponible sur le site Internet : [www.Cieau.com/toutpub/sommaire/texte/2/contenue/21.htm](http://www.Cieau.com/toutpub/sommaire/texte/2/contenue/21.htm)
- **CIFS, 1998.** Centre d'Information Forêt de Soignes : Exposition Indicateurs naturels ou "bio-indicateurs": des outils vivants dans la lutte contre la pollution. Disponible sur : [www.vub.ac.be/APNA/ICZO/MW.FR/bioindicateurs.pdf](http://www.vub.ac.be/APNA/ICZO/MW.FR/bioindicateurs.pdf)
- **Claude, 1996.** Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux. 1<sup>ière</sup> partie. *Elsevier/Masson*. P. 115.
- **CNES, 2000.** Conseil national, économique et social : l'eau en Algérie.
- **CNES, 2008.** Rapport de la XV session plénière du *Conseil National Economique et Social*.

- **CNRS, 2009.** Centre national de la recherche scientifique. Education à l'environnement « La pollution d'eau ». Disponible sur le site Internet : [www.environnement.ecoles.free.fr/menaces-et-avenir-pollution.htm](http://www.environnement.ecoles.free.fr/menaces-et-avenir-pollution.htm)
- **Colas R, 1976.** La pollution des eaux. 4<sup>ème</sup> édition de la collection « que sais-je ». Paris (*presse universitaire française*). P.128.
- **Coulibaly K, 2005.** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. *Université de Bamako*. P.69.
- **Cravotta A et Paris S, 2003.** L'eau source de vie et d'inspiration. Article de la 6<sup>e</sup>.science-langues disponible sur le site Internet : [www.Users.swing.be/eauropa-riteau-pluies%acides.htm](http://www.Users.swing.be/eauropa-riteau-pluies%acides.htm)
- **Creteur X, 1998.** Pollution microbienne des eaux: origine et mécanismes. Mém. D.U. « Eau et Environnement », D.E.P., *Univ. de Picardie Jules Verne*, Amiens. P. 60
- **DCE, 2007.** Etat écologique de L'Avre. Rapport de la Directive Cadre Européen sur l'eau.
- **DDASS, 2006.** Direction départementale des Affaires Sanitaire et Social. Dossier de presse : L'eau potable en Mayenne ; qualité des eaux distribuées.
- **DDS, 2007.** Direction de la Santé de Guelma. Laboratoire d'hygiène et de prévention. Service de bactériologie des eaux.
- **Delerras C, 2000.** Microbiologie de l'environnement avec législation. Travaux pratique commentés. *Morin (Gaëtan)*.P. 231.
- **Desjardin F, 1997.** Le traitement des eaux. 2<sup>ème</sup> édition. *Ecole polytechnique de montréal*. P. 1-10.
- **DGAH, 2000.** Rapport de la Direction des Grands Aménagements Hydrauliques.

- **DHW, 2005.** Direction d'hydraulique de la Wilaya de Guelma.
- **Diallo B, 1996.** Analyse et contrôle de la pollution des eaux du fleuve Niger par les rejets liquides urbain et industriels.
- **Diops F et Rekacewicz F, 2003.** Atlas mondial de l'eau : Une pénurie annoncée. *Autrement, Paris*. P. 63.
- **Djermakoye M, 2005.** Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries et des teintureries : Caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines. *Univ. de Bamako*. P.69.
- **Djilani Ch ; Zaghdoudi R ; Djazi F et Saker H, 2006.** Définition et évaluation de la nature des polluants et le degré de pollution de la section du traitement des eaux usées de l'unité MCV. Département des sciences fondamentales, laboratoire LRPCSI Skikda. Algérie. P. 6
- **Drouart A, 1999.** Alimentation en eau potable des populations menacées, action contre la faim. *Harmann, Paris*. P.556.
- **EC, 2008.** Société Environnement Canada rapport sommaire du gouvernement Canadienne. Disponible sur le site Internet : [www.ec.gc.ca/water/fr/info](http://www.ec.gc.ca/water/fr/info)
- **Edberg SC, Rice EW, Karlin RJ et Allen MJ, 2000.** Escherichia coli: the best biological drinking water indicator for public health protection. *Journal of Applied Microbiology*. Pp 106-116.
- **El gamal A, 1990.** L'eau et la santé : Les caractéristiques, les sources et la maîtrise de la pollution. P.52.
- **Euzéby. J.P, 2008.** Abrégé de bactériologie générale et médicale à l'usage des étudiants de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse. Document dessiné aux travaux pratiques de bactériologie. P. 14. Disponible sur le site Internet : <http://www.bacteriologie.net>

- **Fortin C, 2008.** Notion Clé : Le cycle de l'eau. Réseaux Partenarial des Données sur l'Eau. *Observatoire Régional de l'Environnement Poitou-Charentes* (France). Disponible sur le site internet : [http://www.observatoire-environnement.org/tbe/spip.php?page = notions &id\\_outil=5&id\\_rubrique=15&id\\_article=170](http://www.observatoire-environnement.org/tbe/spip.php?page=notions&id_outil=5&id_rubrique=15&id_article=170)
- **Galaf F et Ghannam S, 2003.** Mémoire de troisième cycle : Contribution à l'élaboration d'un site web sur la pollution. Institut agronomique et vétérinaire Hassan II. Rabat.
- **Godnair D et Mottini A, 2006.** Dossier spécial forum mondial de l'eau : Rareté de l'eau (mythe ou réalité ?). Rubrique de l'Irréductible Galois. *Didier* .P. 44.
- **Goumezaine S, 2000.** Economie algérienne : Enjeux et perspectives. Article communiqué lors du séminaire du CIPA (Comité Interprofessionnel Produits Aquaculture) à Paris.
- **Grandmottet J-P, 2007.** Etangs et petits plans d'eau à vocation piscicole : de la connaissance à la gestion rationnelle de la ressource halieutique. Teleos Suisse sàrl. P. 19.
- **Grégoir C, 2002.** Toute l'eau du Monde. Une réalisation de la Médiathèque de la Communauté Française de Belgique, asbl, avec l'aide de la Région wallonne. Editeur responsable Jean-Marie Beauloye. Brochure disponible sur le site de la Médiathèque : [www.lamediatheque.be/Environnement/accueil.htm](http://www.lamediatheque.be/Environnement/accueil.htm) partie « publication »
- **Guichard S., 2009.** La médiathèque de la citer de la mer. Institut français de recherche pour l'exploitation. Disponible sur le site Internet : [www.mediathequeciterdelamer.com](http://www.mediathequeciterdelamer.com)
- **Guillaume B., Gravez V, 2003.** Pollutions marines : Les définitions, les visages multiples des nuisances sur l'environnement. Article publié sur le site du GIS Posidonie : [www.com.univ-mrs.fr/gisposidonie/spip.php?article4](http://www.com.univ-mrs.fr/gisposidonie/spip.php?article4)
- **Hade A, 2002.** Nos Lacs : Les connaître pour mieux les protéger, FIDES. P.359

- **Hakmi A, 1994.** Mémoire de fin d'étude. Traitement de l'eau de source Bousfer Oran. Université des sciences et de technologie.
- **Hébert A et Légaré J-C, 2000.** Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau. Direction du suivi de l'état de l'Environnement. Ministère de l'Environnement ; Envirodoq no ENV-2000-0487, rapport n° QE-121. P. 24.
- **Hondermark. L, 2009.** La pollution des mares. Article publié sur le site les [mare.com](http://www.collegeahuntsic.qc.ca/pagesdept/Sc_Sociales/psy/methosite/consignes/correlation.htm).  
[http://www.collegeahuntsic.qc.ca/pagesdept/Sc\\_Sociales/psy/methosite/consignes/correlation.htm](http://www.collegeahuntsic.qc.ca/pagesdept/Sc_Sociales/psy/methosite/consignes/correlation.htm)
- **Ibrahim A, 2006.** Contrôle et qualité des eaux. Bibliothèque de la Société arabe d'édition et distribution. P. 185.
- **JORA, 1993.** Journal de la République algérienne. Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents Liquides industriels, page 5.
- **JORF, 1998.** Journal Officiel de la République Française. L'arrêté du 2 février 1998.
- **Kadi L., 1997.** Journal des sciences hydrologiques. La gestion de l'eau en Algérie.
- **Kherraz Kh, 2008.** Atelier sur la protection des eaux du bassin de la Seybouse contre la pollution. Annaba. Projet *INECO*.
- **Labanowski. J, 2004.** Chimie et microbiologie de. Matière organique naturelle et anthropique. *Univ de Limoges*. P 209.
- **Lagoune. M, 2008.** Etude d'impact sur l'environnement. Unité Marbrerie de Guelma. Cabinet d'expertise et d'études géologique et minières. *CABEX engineering*. Annaba. Algérie. P 19.
- **Lefeuvre M., 2008.** Muséum national de l'histoire naturel. Pollution des eaux article publié sur le site éducation à l'environnement (France) :  
[www.Environnement.ecoles.free.fr/pollution\\_de\\_l'eau.htm](http://www.Environnement.ecoles.free.fr/pollution_de_l'eau.htm).

- **Lemoalle J; Bergot F et Robert M, 2001.** Etat de santé des écosystèmes aquatiques: De nouveaux indicateurs biologiques (synthèse du programme de recherche 1996-1999). *Hydrosystème*. P.176.
- **Lenntech, 2004.** Faq-eau et écologie. Disponible sur le site Internet : <http://www.lenntech.com/fran%C3%A7ais/faq-eau-ecologie.htm>
- **Lesavre N, 2001.** Epuration des eaux résiduaire urbaine : Nature et paramètres de pollution. Organisme de publication *Agence de l'eau seine Normandie*. P.22.
- **Lévêque C, 1996.** Ecosystèmes aquatiques. *Hachette supérieure*. P.160.
- **Loucif-Seiad N, 2002.** L'eau en Algérie et sa gestion dans le secteur agricole. *Institut National de la Recherche Agronomique d'ALGÉRIE*. Pp 209
- **Majdoub M, 2005.** Revue de littérature : Impact de l'utilisation des engrais. *IRDD*
- **Manier F, 2009.** Dorland dictionnaire médical bilingue. L'essentiel pour la pratique clinique. *Elsevier Masson SAS*. P.990.
- **Manuel de Bergey, 1984.** . 9ème édition. *Williams and Wilkins editor*. P. 366. Disponible sur le site Internet : [www.iav.ac.ma/veto/hidaoa/bouchriti/pollution/biologique/pathogenes.htm](http://www.iav.ac.ma/veto/hidaoa/bouchriti/pollution/biologique/pathogenes.htm)
- **Melquiot P, 2003.** Mots et abréviation de l'environnement et du développement durable. Version 1.1. *Recycosult*. P 182
- **Meyback C et Helmer H, 1989.** Global freshwater quality: A first Assessment. Rapport de l'Académie des Sciences n°29, *Institut de France*, Paris (série Doc. BRGM, Orléans).
- **Moll D, 2009.** Grenoble eau pure, service en traitement de l'eau. Société de *services en traitement de l'eau*. Disponible sur le site internet : [www.grenoble.eau.pure.free.fr/eaupure.htm](http://www.grenoble.eau.pure.free.fr/eaupure.htm)

- **Morin A, 1999.** Écologie des populations et communautés : Eaux courantes, biogéographie et urbanisation. Université d'Ottawa - Bio 3549 –
- **Mutin G, 2000.** De l'eau pour tout. Dossier n° 8014 de la documentation photographique française. P. 64 disponible sur le site internet :  
[www.edu.ge.ch/sem/documentation/documents/eau2.pdf](http://www.edu.ge.ch/sem/documentation/documents/eau2.pdf)
- **Ngo C et Régent A, 2004.** Déchets et pollution : Impact sur l'environnement et la santé. *Dunod, Paris*. P. 134.
- **Niemann E, 2008.** Rapport volume II : Impact des infrastructures linéaires de génie civil (cas de la pollution routière et des chantiers routiers) sur les écosystèmes et la biodiversité de la faune et de la flore aquatiques. *SG/DRAST/MGC, MEDAD*. P. 66.
- **Nouar T ; Toumi A ; Messadi D, 2005.** Etude de la pollution des eaux superficielles du bassin de Guelma. *Laboratoire LGCH section hydrogéologie*. Le journal de l'eau et de l'environnement. Revue semestrielle scientifique et technique. P. 32-40.
- **OIEau, 2009.** Office international d'eau (France). Disponible sur le site internet :  
[www.oieau.fr](http://www.oieau.fr)
- **OMS, 2000.** Directive de qualité pour l'eau de boisson ; volume 2. 2<sup>ème</sup> édition .P.1050, résumé accessible à : [www.who.int/water-sanitaion-health/GDWQ.summarytable/](http://www.who.int/water-sanitaion-health/GDWQ.summarytable/).
- **ONS, 2006.** Office National des Statistiques. Ministère des Ressources en Eau : Direction de la Mobilisation des Ressources en Eau.
- **OTG, 2009.** Office de tourisme Guelma et sa région. Disponible sur le site Internet :  
[www.guelma.org](http://www.guelma.org)
- **Ouahdi M, 1995.** Les maladies à transmission hydrique. Santé plus Alger. N° 45. P. 373

- **Pery A, 2003.** Des modèles pour évaluer l'effet des polluants sur le milieu aquatique. Modélisation des effets des toxiques sur le chironome l'individu à la population. Thèse de doctorat en écotoxicologie. Univ de Claud Bernard, Lyon I. P. 119.
- **Pullen K et Wendy M, 2007.** Article sur les différents types de la pollution des eaux. Disponible sur le site Internet : [www.lovetoknow.com](http://www.lovetoknow.com)
- **Ramade F, 1992.** L'eau une ressource menacée. Dans le Journal français *après-demain*. Du livre précis d'écotoxicologie. Paris.
- **Ramade F, 1995.** Pollution des eaux continentales et océaniques, in *Eléments d'écologie : Ecologie fondamentale. Ediscience internationale, Paris 5<sup>ème</sup> édition*. P. 445.
- **RFEA, 2009.** Fiche rédigée par l'équipe technique du Réseau Francophone sur l'Eau et l'Assainissement. Technologies de l'Office international de l'eau. Disponible sur le site Internet : [www.oieau.fr/RéFEA](http://www.oieau.fr/RéFEA)
- **Rejsek, F, 2002.** Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques. *CRDP d'Aquitaine*. P. 368.
- **Rodier J, 2005.** L'Analyse de l'eau - Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer 8<sup>e</sup> édition. *Dunod*. P. 1381.
- **SAUR, 2007.** La société d'aménagement urbain et rural. Disponible sur le site Internet : [www.saurfrance.saur.com](http://www.saurfrance.saur.com)
- **Schmitzberger K, 2008.** La prévention des pollutions (la pollution d'eau). Direction régionale de l'industrie de la recherche et de l'environnement. *Agence de l'eau Rhin\_Meuse*.
- **Schwartzbord L ; Schwartzbord J ; Doncleur F ; Foliguet J-M et Lautier F, 1973.** Virus et eaux. *Med Soc*. P. 99-114.

- **Sharpe. M. E, 1979.** Lactic acid bacteria in the dairy industry. J. Soc. Dairy Technol.P.32.
- **Souchon G, 2009.** Education à l'environnement. La consommation responsable .Titre de l'activité: L'eau, une ressource précieuse. Disponible sur le site internet : [www.crdp.org/.../RationalizingConsumption\\_cycle3\\_Math&chemistry\\_fr.pdf](http://www.crdp.org/.../RationalizingConsumption_cycle3_Math&chemistry_fr.pdf)
- **Tabet Helal M-A et Ghellan N, 2004.** Caractérisation des eaux du barrage "hammam boughrara" (Algérie nord occidentale) destinées a la consommation humaine et a l'irrigation. *Département des Sciences de la Terre et Agronomie - Faculté des Sciences. Univ Abou bakr Belkaid Tlemcen.* P.309.
- **Tandia M, 2007.** Contrôle et suivi de la qualité des usée, protocole de détermination des parametres physicochimiques et biologiques. *CRPP.* P52.
- **Tandjir L et Djebbar B, 2004.** Préservation de l'environnement du Complexe SONATRACH de Skikda. Symposium International : Qualité et Maintenance au Service de l'Entreprise.QUALIMA01 -Tlemcen-P.6.
- **Tewfiq. G, 2008.** Article de presse : Terres agricoles : La pollution menace la seybouse., le *quotidien indépendant Elwatan* journal Algérien.
- **Valerie T et al, 2004.** La vie dans les milieux aquatiques. Projet élaboré et publié par l'institut national de la recherche agronomique INRA. P.8. Disponible sur le site Internet : [www.inra.fr](http://www.inra.fr)
- **Vilaginés R, 2003.** Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. *2éme édition, Tech et doc. Médicales internationales, France.* P.198.
- **Zilliox L, 2000.** Texte de la 287<sup>e</sup> conférence de l'Université de tous les savoirs donnée. Pollution et épuration des eaux. P11.

# RÉSUMÉ

Le risque de contamination des eaux de surface par les activités humaines déployées dans les vallées et les plaines adjacentes est un problème environnemental croissant. Dans notre étude portant sur le bassin versant de la Seybouse (Nord-Est de l'Algérie), la démarche est basée sur le suivi de l'évolution spatio-temporelle de la qualité de l'eau du bassin à partir de cinq points (1, 2, 3, 4 et 5) situés de l'amont vers l'aval. Sept campagnes d'échantillonnages ont été réalisées depuis octobre 2008 jusqu'à mai 2009, à raison d'un prélèvement chaque mois. Les analyses effectuées ont concerné les paramètres physicochimiques (Température, pH, conductivité, salinité, MES, phosphore totale, nitrates et nitrites) et bactériologiques (coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux).

Ces analyses nous montrent :

- Une présence continue de la charge organique avec des taux très élevés atteignant les  $10^7$  germes /ml de coliformes fécaux.
- Des teneurs très agressives en nitrite atteignant les 0,3 mg/l et en phosphore total 3,5 mg/l

Ce qui nous expose une qualité de l'eau médiocre à très dégradée du fait qu'elle est soumise continuellement à des dégradations intenses.

---

**Mots clés :** Pollution d'eau, qualité des eaux, indicateurs de pollution, Seybouse, bassin de Guelma.

---

The contamination risk of surface water by human activities displayed in the valleys and plains adjacent is an increasing environmental problem. In our study concerning the watershed Seybouse (Northeast of Algeria), the approach is based on follow-up the spatiotemporal evolution of the basin water's quality from five points (1, 2, 3, 4 and 5) located upstream to downstream. Seven companies sampled were realized from October 2008 until May 2009, buy one sampling each month. The made analyses concerned physicochemical parameters (temperature, pH, conductivity, salinity, MES, total phosphor, nitrates and nitrites) and bacteriological parameters (total coliformes, fecal coliformes and fecal streptococc).

These analyses show us:

- A continual presence of the organic load with very high rates reaching  $10^7$  germs / ml of fecal coliformes.
- Very aggressive contents in nitrite affecting 0,3 mg / l and in total phosphor 3,5 mg /

What we expose a water quality between mediocre to very degrade because it is constantly subjected to severe damage.

---

**Keywords:** Water pollution, water quality, pollution indicators, Seybouse, Guelma basin.

---

يعتبر تلوث المياه السطحية من جراء الأنشطة البشرية المنتشرة في الأودية والسهول المتاخمة لها، من المشاكل البيئية الجد متنامية.

المنهجية المتبعة في دراستنا المتعلقة بواد سيبوس ( شمال شرقي الجزائر, بالتحديد منطقة قالمة) تعتمد في الأساس علي المتابعة الزمنية و المكانية لتطور نوعية مياه الحوض عن طريق 5 مواقع (1, 2, 3 , 4, 5) موزعة من المنبع إلى المصب.

سبع مجموعات من العينات قدمت ابتداء من أكتوبر 2008 إلى غاية مايو 2009, وذلك بأخذ عينة كل شهر. تعنى التحاليل المنجزة في هذه الدراسة بالمؤشرات الفيزيوكيميائية ( الحرارة, ثابت الحموضة, المواد العالقة, الفوسفور الكلي, الأزوتات و النتريت) و البكتيريولوجية ( القولونيات الكلية, القولونيات البرازية و المكورات العقدية البرازية).  
أثبتت لنا هذه التحاليل :

- وجود مستمر للشحنة العضوية بمعدلات مرتفعة جدا تصل إلى  $10^7$  جرثوم/مل.
  - محتويات جد مضره من النتريت تصل إلى 0,3 ملغ/ل و من الفسفور الكلي تصل إلى 3,5 ملغ/ل.
- وهذا ما يبين لنا أن نوعية المياه المدروسة تتراوح من رديئة إلى جد متدهورة لأنها تخضع و باستمرار لأضرار جسيمة.

**كلمات رئيسة :** تلوث المياه, نوعية المياه, مؤشرات التلوث, سيبوس, حوض قالمة

# ANNAXES

**Tab. I.** Etat mensuel des Quantités de pluie cumulées, enregistrées au niveau des grandes régions du pays (Nord - Hauts Plateaux – Sud) **Mois : Avril 2009 \***

STATIONS DE LA REGION NORD	Quantité enregistrée			STATIONS DE LA REGION HAUTS PLATEAUX	Quantité enregistrée			STATIONS DE LA REGION SUD	Quantité enregistrée		
	Avril 2008	Avril 2009	Norm ale ** Avril		Avri l 2008	Avril 2009	Normale ** Avril		Avri l 2008	Avri l 2009	Normale ** Avril
<b>ORAN</b>	<b>4</b>	<b>39</b>	<b>37</b>	<b>SAIDA</b>	<b>11</b>	<b>84</b>	<b>33</b>	<b>BECHAR</b>	<b>07</b>	<b>01</b>	<b>08</b>
<b>MOSTAGA NEM</b>	<b>6</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	<b>EL BAYADH</b>	<b>1</b>	<b>29</b>	<b>25</b>	<b>TINDOUF</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>01</b>
<b>CHLEF</b>	<b>14</b>	<b>81</b>	<b>41</b>	<b>DJELFA</b>	<b>1</b>	<b>54</b>	<b>30</b>	<b>BISKRA</b>	<b>00</b>	<b>09</b>	<b>12</b>
<b>D.E.BEIDA</b>	<b>19</b>	<b>69</b>	<b>60</b>	<b>BOUSSADA</b>	<b>0</b>	<b>55</b>	<b>13</b>	<b>GHARDAI A</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>07</b>
<b>TIZI OUZOU</b>	<b>33</b>	<b>121</b>	<b>83</b>	<b>B.B.ARRERI DJ</b>	<b>15</b>	<b>67</b>	<b>35</b>	<b>EL OUED</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>07</b>
<b>BEJAIA</b>	<b>37</b>	<b>91</b>	<b>69</b>	<b>KHENCHLA</b>	<b>15</b>	<b>148</b>	<b>37</b>	<b>TOUGGOU RT</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>06</b>
<b>ANNABA</b>	<b>16</b>	<b>133</b>	<b>59</b>	<b>BATNA</b>	<b>4</b>	<b>64</b>	<b>31</b>	<b>TAMANRA SSET</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>02</b>

- Quantité cumulée du 1<sup>er</sup> Avril à 06 heure au 30 Avril à 06 heure \*\* Moyenne pluviométrique calculée sur 30 années.
- Source : <http://www.meteo.dz/html/Bilan%20de%20pluviom%C3%A9trie.htm>

Tab. II. Les barrages en exploitation (ONS, 2006)

N°	CW (1)	Wilaya	Barrage	Oued	Capacité total hm <sup>3</sup>
1	22	S.B.Abbes	Sarno	Sarno	22
2	13	Tlemcen	Beni Bahdel	Tafna	63
3	13	Tlemcen	Meffrouche	Meffrouche	15
4	29	Mascara	Cheurfas II	Mebtouh	82
5	29	Mascara	Ouizert	Sahouet	100
6	29	Mascara	Bouhanifia	El Hammam	73
7	29	Mascara	Fergoug	El Hammam	18
8	13	Tlemcen	Sidi Abdelli	Isser	110
9	13	Tlemcen	Souani		13
10	07	Biskra	Foum El Gharza	El Abiod	43
11	02	Chlef	Sly	Ardjem	286
12	26	Medea	Boughzoul	Nahr Ouassel	55
13	14	Tiaret	Bakhadda	Mina	56
14	44	Ain Defla	Ghrib	Cheliff	280
15	02	Chlef	O.EL Fodda	Fodda	228
16	48	Relizane	S.M.B.Aouda	Mina	235
17	38	Tissemsilet	C.Bougara	Nahr Ouassel	13
18	48	Relizane	Gargar	Rhiou	450
19	48	Relizane	Merdja	Cheliff	54
20	44	Ain Dela	Harreza	Harreza	70
21	14	Tiaret	Dahmouni	Nahr Ouassel	25
22	44	Ain Defla	Deurdeur	Zemmour	115
23	40	Khenchella	Foum El Gueiss	Gueiss	3
24	43	Mila	Hammam Grouz	Rhumel	45
25	21	Skikda	Beni Zid	Beni Zid	40
26	36	El Tarf	Cheffia	Bouamoussa	171
27	24	Guelma	H.Debagh	Bouhamdane	220
28	41	Souk. Ahras	Cherf	Cherf	141
29	21	Skikda	Zardezias	Saf Saf	31
30	36	El Tarf	Mexa	Kebir est	51
31	21	Skikda	Guenitra	Fessa	120
32	18	Jijel	Ighil Emda (2)	Agrioun	100
33	18	Jijel	Erraguene (2)	Djen Djen	200
34	41	S. Ahras	Ain Dalia	Medjerdah	82
35	35	Boumerdes	Keddara	Boudouaou	146
36	34	B.B.Arreridj	Ain Zada	Bousselam	125
37	42	Tipaza	Boukourdane	El Hachem	97
38	28	M'Sila	K'sob	K'sob	31
39	35	Boumerdes	Beni Amrane	Isser	17
40	9	Blida	Bouroumi	Bouroumi	220
41	35	Boumerdes	Hamiz	Hamiz	15
42	42	Tipaza	Meurad	Djebroune	0,7

43	10	Bouira	Lekhal	Lekhal	30
44	26	Medea	Ladrat	Ladrat	10
45	26	Medea	Dr.Harbil	Harbil	0,05
46	40	Khenchella	Babar	Babar	41.33
47	08	Bechar	Djorf Torba	Guir	350
48	18	Jijel	El Agrem	El Agrem	135.8
49	07	Biskra	F.Des Gazelles	El Hai	55.5
50	32	El Bayadh	Brezina	Sougueur	132
51	21	Skikda	Zit Emba	Mouguer	120
52	15	T. Ouzou	Taksebt	Aissi	175
53	13	Tlemcen	H.Boughrara	Tafna	177

**Source:** Direction de la Mobilisation des Ressources en Eau/Ministère des Ressources en Eau.

(1) CW : code wilaya

(2) Barrages gérés par la SONELGAZ – Production de l'énergie

**Tab.III.** Inventaire des forages en exploitation (Source: Ministère des Ressources en Eau : Direction de la Mobilisation des Ressources en Eau).

Code	Wilaya	forages		Total débit	
		Total	en exp	mobilisé l/s	exploité l/s
1	Adrar	757	461	26832	15818
2	Chlef	164	122	1830	1191
3	Laghouat	292	287	6016	4707
4	Oum el bouaghi	106	90	1885	1258
5	Batna	223	188	5130	3307
6	Bejaia	145	121	4827	1624
7	Biskra	710	524	14625	12541
8	Bechar	33	21	395	245
9	Blida	268	259	6177	4184
10	Bouira	200	200	223	70
11	Tamanrasset	170	167	12292	2489
12	Tebessa	154	144	2777	2577
13	Tlemcen	150	114	1145	1145
14	Tiaret	145	145	9063	1682
15	Tizi ousou	200	199	3030	3030
16	Alger	172	166	5199	3374
17	Djelfa	228	228	5751	5751
18	Jijel	74	56	2135	1103
19	Setif	126	121	1426	1944
20	Saida	47	47	1704	1704

21	Skikda	68	68	936	856
22	Sidi bel abbes	64	60	985	601
23	Annaba	108	96	1552	1231
24	Guelma	72	46	1645	1182
25	Constantine	63	51	260	2560
26	Medea	148	135	1148	750
27	Mostaganem	87	87	1072	704
28	M'sila	338	271	7497	6270
29	Mascara	149	100	2165	1301
30	Ouargla	1061	765	32204	16554
31	Oran	18	18	613	458
32	El bayadh	84	73	1576	657
33	Illizi	594	439	2355	1688
34	BBA	116	68	1406	1072
35	Boumerdes	93	89	2307	1153
36	El tarf	99	99	1658	1658
37	Tindouf	62	62	490	343
38	Tissemsilt	15	15	256	239
39	El oued	606	465	5864	5864
40	khenchela	211	95	3148	2508
41	Souk ahras	37	26	717	494
42	Tipaza	72	72	1323	878
43	Mila	115	54	1424	1170
44	Ain defla	212	141	5835	1865
45	Naama	50	50	949	903
46	Ain temouchent	33	19	606	290
47	Ghardaia	314	251	15260	10590
48	Relizane	98	89	1047	933
l/s					
<b>Total Algérie</b>		9351	7464	208760	134516
En HM <sup>3</sup>					
<b>Total Algérie</b>				6583	4242

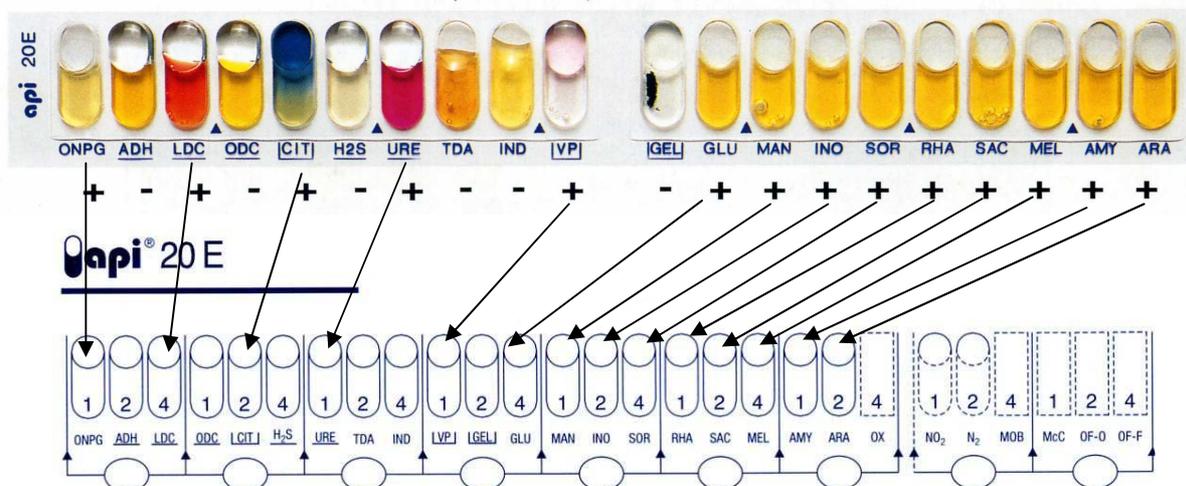
**Tab. IV.** Grille de qualité des eaux superficielle selon le système d'évaluation de la qualité des eaux SEQ-eau de France.

Code couleur	Bleu	Vert	Jaune	orange	Rouge
Classe de qualité	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
<i>1- MOOX : Matières organiques et oxydables</i>					
Oxygène dissous (mg/l)	>8	8-6	6-4	<3	
Taux de saturation en oxygène (%)	90	70	50	30	
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	3	6	10	25	
DCO (mg/l)	20	30	40	80	
Carbone organique (mg/l)	5	7	10	15	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l NH <sub>4</sub> )	0,5	1,5	2,8	4	
NJK (mg/l N)	1	2	4	6	
<i>2- Matière azotée</i>					
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l NH <sub>4</sub> )	0.1	0.5	2	5	
NJK (mg/l N)	1	2	4	10	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l NO <sub>2</sub> )	0.03	0.3	0.5	1	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l NO <sub>3</sub> )	2	10	25	50	
<i>3-Matières phosphorées</i>					
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg/l PO <sub>4</sub> )	0,1	0,5	1	2	
Pt (mg/l P)	0,05	0,2	0,5	1	
<i>4- Effets des proliférations végétales</i>					
Chlorophylle a + Phéopigments (µg/l)	10	60	120	240	
Algues (unité/ml)	50	2500	50000	50000	
Taux de saturation en O <sub>2</sub>	110	130	150	200	
pH	8	8,5	9	9,5	
<i>5- Particules en suspension</i>					
MES (Mg/l)	2	25	38	50	
Turbidité (NTU)	1	35	70	100	
<i>6-Température</i>					
Temp. (°C)					
1 <sup>ère</sup> catégorie piscicole	20	21,5	25	28	
2 <sup>me</sup> catégorie piscicole	24	25,5	27	28	
<i>7- Acidification</i>					
pH					
Min.	6,5	6	5,5	4,5	
Max.	8,2	9	9,5	10	

Tab. V. Référence des matérielle utilisés dans notre étude

Appareil	Référence
pH mètre	Sartorius
Cond. mètre	Ecoscan con 5
Oxymètre	YSI 550 A
Etuve	BI NDER
Balance électrique	Sartorius
Autoclave	Sartorius
Four pasteur	Sartorius
Spectrophotomètre	NV 202
Salinomètre	Inolab

Résultats de la galerie:



Résultats reportés sur la fiche d'identification

Code n°: 5 215 773 (55)	Ident.
-------------------------	--------

Se référer au catalogue pour identifier la souche à l'aide du code

Fig. I. Identification d'une souche bactérienne par l'API 20 E. (Euzéby, 2008).

Tab. VI. Liste des milieux de culture utilisés

Milieux de culture	Composition	Préparation	Caractère
<b>Gélose nutritive</b>	Extrait de viande 1,0 g Extrait de levure 2,0 g Peptone 5,0 g Chlorure de sodium 5,0 g Agar 15,0 g	28 g/l (Stérilisation à l'autoclave) pH = 7,4	Ces milieux permettent la culture des bactéries peu exigeantes
<b>Gélose Hektoen</b>	Peptone 12,0 g Extrait de levure 3,0 g Lactose 12,0 g Saccharose 12,0 g Salicine 2,0 g Citrate de fer III et d'ammonium révélateur d'H <sub>2</sub> S 1, 5 g Sels biliaires 9,0 g Fuchsine acide 0,1 g Bleu de bromothymol 0,065 g Chlorure de sodium 5,0 g Thiosulfate de sodium 5,0 g Agar 14,0 g	75 g/l. pH = 7,6	L'identification d'entérobactéries pathogènes Trois types de glucides : la <b>salicine</b> (qui est un hétéroside), le <b>saccharose</b> et le <b>lactose</b> . La production <b>d'H<sub>2</sub>S</b> à partir de thiosulfate
<b>Bouillon Lactosé au BCP</b>	Peptone 5,0 g Extrait de viande 5,0 g Lactose 5,0 g Bromocrésol pourpre 25,0 mg	26 g/l (DC) et 13 g/l (SC). Stérilisation en autoclave à 121°C pendant 20 minutes. pH = 6,9	C'est un milieu utilisé pour la détection et l'isolement des entérobacteriacées

<b>Gélose Chapman</b>	Peptone 10,0 g Extrait de viande de bœuf 1,0 g Chlorure de sodium 75,0 g Mannitol 10,0 g Rouge de phénol 0,025 g Agar-Agar 15,0 g Eau distillée jusqu'à 1 Litre	111 g/l pH = 7,4	On peut étudier la fermentation du mannitol par virage au jaune de l'indicateur coloré, le rouge de phénol, autour des colonies <b>Permettant la croissance des germes halophiles</b> ( <i>Staphylococcus</i> , <i>Micrococcus</i> , <i>Enterococcus</i> , <i>Bacillus</i> , et de rares bactéries à Gram négatif)
<b>Gélose SS</b>	Peptone 5,0 g Extrait de viande 5,0 g Lactose 10,0 g Citrate de sodium 10,0 g Citrate de fer III 1,0 g Sels biliaires 8,5 g Vert brillant 3,3 mg Rouge neutre 25 mg Thiosulfate de sodium 8,5 g Agar 12,0 g	63 g de poudre dissous par ébullition. pH = 7,3	La recherche de <i>Salmonella</i> et de <i>Shigella</i> car trop sélectif.
<b>Gélose Sabouraud</b>	Peptone 10 g Glucose massé 20 g Agar-agar. 15 g Eau distillée Jusqu'à 1L vitamines et facteurs de croissance	pH= 6, 00	La gélose de Sabouraud constitue un milieu classique pour la culture, l'isolement et l'identification des levures et des moisissures saprophytes ou pathogènes.
<b>Milieu de Rothe</b>	Peptone 20,0 g Glucose 5,0 g Azide 0,2 g	36,2 g/l (s/c) ou 72,4 (d/ c) pH= 6,8	Utilisé pour la confirmation lors des recherches et dénombrements des Streptocoques fécaux

	NaCl 5,0 g Hydrogénophosphate de potassium 2,7 g Dihydrogénophosphate de 2,7 g potassium		
<b>Gélose Mueller-Hinton</b>	Infusion de viande de bœuf 300,0 ml Peptone de caséine 17,5 g Amidon de maïs 1,5 g Agar 17,0 g	38 g/l. Stérilisation à l'autoclave. pH = 7,4	Sensibilité aux antibiotiques
<b>Gélose Mac Conkey</b>	Peptone 20,0 g Lactose 10,0 g Sel biliaires n°2 1,5 g Cristal violet 0,001 g Rouge neutre 0,05 g Chlorure de sodium 5,0 g Agar	51,5 g/l. Stérilisation à l'autoclave. pH = 7,4	Milieu sélectif pour l'isolement des bacilles Gram- Salmonella et Shigella ainsi que des bactéries coliformes
<b>Milieu de Litsky</b>	Peptone 15,0 g Glucose 20,0 g Azide 5,0 g Ethyl-violet 0,2 g NaCl 0,5 g Hydrogénophosphate de potassium 5,0 g Dihydrogénophosphate de potassium 2,7 g	35,7 g/l pH = 6,8	Utilisé pour la confirmation lors des recherches et dénombrements des Streptocoques fécaux
<b>Bouillon Lactosé bilié au vert brillant / cloche (BLBVB)</b>	Peptone 10,0 g Lactose 10,0 g Bile 20,0 ml Vert brillant 13,0 mg	40 g par litre pH = 7,4	Milieu de dénombrement des coliformes en microbiologie
	Peptone 10,0 g	54,15 g par litre pH= 7,2	Milieu de recherche et de dénombrement des

<b>Bouillon Lactosée au Tergitol 7 et au TTC</b>	Extrait de viande 5,0 g Extrait de levure 6,0 g Lactose 20,0 g Tergitol 7 10 mg TTC 25 mg Bleu de bromothymol 50 mg Agar 13, 0 g		coliformes.
<b>Viande de foie</b>	Base viande foie 30,0 g Glucose 2,0 g Agar 6,0 g	38 g par litre pH = 7,4	L'étude du type respiratoire d'une bactérie (c'est à dire ses rapports avec l'O <sub>2</sub> )

**Tab. VII.** Tableau de lecture d'une galerie API 20 E ((Euzéby, 2008).

Tests*	Réactions	Composants actifs	Ajout de réactifs	Résultats	
				Négatif	Positif
ONPG	Bêta-galactosidase	2-nitrophényl-bêta-D-galactopyranoside	Non	Incolore	Jaune
ADH	Arginine dihydrolase	L-arginine	Non	Jaune	Orange ou rouge
LDC	Lysine décarboxylase	L-lysine	Non	Jaune	Orange ou rouge
ODC	Ornithine décarboxylase	L-ornithine	Non	Jaune	Orange ou rouge
CIT	Assimilation du citrate	Citrate trisodique	Non	Vert pâle ou jaune	Bleu-vert ou bleu
H <sub>2</sub> S	Thiosulfate réductase	Thiosulfate de sodium	Non	Incolore ou grisâtre	Dépôt noir
URE	Uréase	Urée	Non	Jaune	Orange ou rouge violacé
TDA	Tryptophane désaminase	L-tryptophane	TDA	Jaune	marron ou brun foncé
IND	Production d'indole	L-tryptophane	James	Incolore ou jaune	Rose ou rouge
VP	Production d'acétoïne	Pyruvate de sodium	VP1 VP2	Incolore	Rose ou rouge
GEL	Gélatinase	Gélatine de boeuf	Non	Non diffusion du charbon	Diffusion du charbon
GLU	Glucose	D-glucose	Non	Bleu ou bleu vert	Jaune
MAN	Mannitol	D-mannitol	Non	Bleu ou bleu vert	Jaune
NO	Inositol	Inositol	Non	Bleu ou bleu vert	Jaune
SOR	Sorbitol	D-sorbitol	Non	Bleu ou bleu vert	Jaune

RHA	Rhamnose	L-rhamnose	Non	Bleu ou bleu vert	Jaune
SAC	Saccharose	D-saccharose	Non	Bleu ou bleu vert	Jaune
MEL	Mélibiose	D-mélibiose	Non	Bleu ou bleu vert	Jaune
AMY	Amygdaline	Amygdaline	Non	Bleu ou bleu vert	Jaune
ARA	Arabinose	L-arabinose	Non	Bleu ou bleu vert	Jaune

**Tab. VIII.** Concentrations et diamètres critiques pour une espèce de la famille des *Enterobacteriaceae*. (Euzéby, 2008).

Antibiotique (symbole)	charge du disque	concentrations critiques (mg/L)		Diamètres critiques (mm)	
		S	R	S	R
Ampicilline (AM)	10µg	≤ 4	> 16	≥ 19	<14
Tétracycline (TE)	10 µg	≤ 8	> 16	≥ 15	< 13
Clindamycine (CLI)	10 UI (15 µg)	≤ 2	>	≥16	< 14
Amikacine (AN),	30 µg	≤ 8	> 16	≥20	< 15
Chloramphénicol (C),	50 µg	≤ 2	> 2	≥15	< 15
Triméthopriime/Sulfaméthoxazole (SXT)	1,25/23,75 µg	≤ 2 /38	> 8 /152	≥16	<10
Céfazoline (CZ),	/	/	/	≥ 15	< 15
Acide nalidixique (NA)	/	/	/	≥ 16	< 14

**Tab. IX. Situation épidémiologique des cas de MTH enregistrés durant l'année 2006. (DDS)**

Maladie	Guelma	Oued zenati	Bouchegouf	Ain/Larbi	Total
Cholera	00	00	00	00	00 cas
Fièvre Typhoïde	01	01	00	00	02 cas
Hépatite Virale "A"	02	01	00	00	03cas
Dysenteries "A et B"	00	01	00	00	01cas

**NB :**

Fièvre Typhoïde =01 cas à commune Guelma + 01 cas commune Tamlouka.

Hépatite Virale "A" =01cas à commune Tamlouka + 02 cas à commune Guelma.

Dysenteries "A et B" =01 cas à commune Guelma

**Tab. X. Les normes de rejet des effluents (Normes guides) (JORF, 1998).**

pH : 5.5 < pH < 8.5 ; 9.5 s'il y a neutralisation alcaline
Température: inférieure à 30 ° C
DCO : 150 mg/l Pour effluent non décanté : 300 mg/l si le flux journalier maximal autorisé n'excède pas 100 kg/j. Eaux réceptrices : 50 kg/j ; 125 mg/l au-delà.
DBO 5 pour effluent non décanté : 100 mg/l si le flux journalier maximal autorisé n'excède pas 30 kg/j. Eaux réceptrices : 15 kg/j ; 30 mg/l au-delà.
MEST : 100 mg/l si le taux journalier maximal autorisé par l'arrêté n'excède pas 15 kg/j ; 35 mg/l au-delà. 150 mg/l pour une station d'épuration de lagunage

**Tab. XI.** Valeurs limites maximales des paramètres de rejet des installations de déversement industrielles (JORA, 1993).

Paramètres	Unités	Valeurs maximales
Températures	C°	30
PH	/	5,5 à 8,5
MES	mg/l	30
DBO5	/	40
DCO	/	120
Azotes Kjeldahl	/	40
Phosphates	/	02
Aluminium	/	5
Fer	/	5
Manganèse	/	1
Huiles et Graisses	/	20
Hydrocarbures	/	20
Solvants organiques	/	20
Chlore actif	/	1,0
Détergents	/	2



**2008/2009**

# **Contribution à l'étude de la pollution des eaux du bassin de la Seybouse :**

## **Cas des rejets industriels de l'Unité du marbre et des carrelages.**

### *Résumé*

*Le risque de contamination des eaux de surface par les activités humaines déployées dans les vallées et les plaines adjacentes est un problème environnemental croissant. Dans notre étude portant sur le bassin versant de la Seybouse (Nord-Est de l'Algérie), la démarche est basée sur le suivi de l'évolution spatio-temporelle de la qualité de l'eau du bassin à partir de cinq points (1, 2, 3, 4 et 5) situés de l'amont vers l'aval. Sept campagnes d'échantillonnages ont été réalisées depuis octobre 2008 jusqu'à mai 2009, à raison d'un prélèvement chaque mois. Les analyses effectuées ont concerné les paramètres physicochimiques (Température, pH, conductivité, salinité, MES, phosphore totale, nitrates et nitrites) et bactériologiques (coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux).*

*Ces analyses nous montrent :*

- *Une présence continue de la charge organique avec des taux très élevés atteignant les  $10^7$  germes /ml de coliformes fécaux.*
- *Des teneurs très agressives en nitrite atteignant les 0,3 mg/l et en phosphore total 3,5 mg/l*

*Ce qui nous expose une qualité de l'eau médiocre à très dégradée du fait qu'elle est soumise continuellement à des dégradations intenses.*

### **Mots clés :**

**Pollution d'eau ;  
qualité des eaux ;  
indicateurs de  
pollution ; Seybouse ;  
bassin de Guelma**

