

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE ET
DE L'UNIVERS
DEPARTEMENT D'ECOLOGIE ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT



Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Science Biologique
Spécialité/Option : Santé, Eau et Environnement/ Hydro-écologie

Mémoire de Master

THEME :

Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique de l'eau de la moyenne
Seybouse

Présenté par :

- MEZIANI Ibtissem

-HACHACHE Besma

Membres du jury :

Président: *Mr* BOUCHLEGHEM.H M.A.A Université de Guelma

Examinatrice : *Melle* AZZOUZ .F M.A.A Université de Guelma

Encadreur : *Mme* IBNCHERIF.H M.C.B Université de Guelma

Juin 2015

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE ET
DE L'UNIVERS
DEPARTEMENT D'ECOLOGIE ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT



Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Science Biologique
Spécialité/Option : Santé, Eau et Environnement/ Hydro-écologie

Mémoire de Master

THEME :

Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique de l'eau de la moyenne
Seybouse

Présenté par :

- MEZIANI Ibtissem

-HACHACHE Besma

Membres du jury :

Président: *Mr* BOUCHLEGHEM.H M.A.A Université de Guelma

Examinatrice : *Melle* AZZOUZ .F M.A.A Université de Guelma

Encadreur : *Mme* IBNCHERIF.H M.C.B Université de Guelma

Juin 2015

"بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ"

** وَمَا تَوْفِيقِي إِلَّا بِاللَّهِ

عَلَيْهِ تَوَكَّلْتُ

وَإِلَيْهِ أُنِيبُ **

REMERCIEMENT

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissante miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir modeste travail.

Nous remercions chaleureusement notre directrice de recherche Mme IBNCHERIF HAYETTE pour l'encadrement qu'elle a su nous apporter, pour sa sincérité et sa célérité. Son esprit d'analyse et sa curiosité intellectuelle nous ont beaucoup inspirée. Merci d'avoir accepté de nous accompagner dans cette recherche.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury le président Mr BOUCHLEGHEM.H et l'examinatrice M^{elle} AZZOUZ.F pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail particulièrement : Mr BENSLAMA MOHAMED, M^{elle} ZAHRA, Mme MERIEME, Mme Wafa de l'université de Badji Mokhtar -Annaba.

DEDICACE

*Je dédie ce mémoire en premier lieu à ceux qui m'ont donné la vie, qui m'ont été
la source*

*De l'amour, de la tendresse, et du courage, qui m'ont soutenu durant 25 ans... Et
mes très*

Chers parents :

Abd el wahab et zahia ...

En priant Dieu jour et nuit qu'il les garde et les protège pour moi

Et ceux qui n'ont jamais cessé de me chérir et me soutenir :

Mes frères fatah et zaki

Ainsi qu'à mes sœurs samah , karima , ilhem , meriem , yousra

Et celui qui m'a offert le soutien moral, qui a été toujours présente pour moi,

Et ma chère amie bzsma

Et la lumière de ma vie, mon grand-père «abd el kadër »

Et tous mes oncles, à toutes mes tantes et à tous mes cousins et toutes mes cousines

Et toutes mes amies et collègues sans exception.

Et tous ceux que j'aime, et à ceux qui m'aiment... de près ou de loin.

Besma

DEDICACE

*Je dédie ce mémoire en premier lieu à ceux qui m'ont donné la vie, qui m'ont été
la source*

*De l'amour, de la tendresse, et du courage, qui m'ont soutenu durant 25 ans... Et
mes très*

Chers parents :

MOHAMED EL BACHIR et LOUIZA ...

En priant Dieu jour et nuit qu'il les garde et les protège pour moi

Et ceux qui n'ont jamais cessé de me chérir et me soutenir :

Mes frères mostafa et abd el madjid

Et celui qui m'a offert le soutien moral, qui a été toujours présent pour moi,

Mon fiancé mohamed

Ainsi que a qui m'a offert le soutien moral, qui a été toujours présente pour moi,

Et ma chère amie ibtissam

Et la lumière de ma vie, ma très chère grand-mère «Zina »

Et tous mes oncles, à toutes mes tantes et à tous mes cousins et toutes mes cousines

Et toutes mes amies et collègues sans exception

Et tous ceux que j'aime, et à ceux qui m'aiment... de près ou de loin.

Besma

SOMMAIRE

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste d'abréviations

INTRODUCTION.....01

Chapitre : généralités sur l'eau

Introduction.....02

1.1.Le cycle de l'eau.....02

✓ **Evapotranspiration.....02**

✓ **Précipitations.....03**

✓ **Ruissellement.....03**

✓ **Infiltration.....03**

1.2. Etat et répartition de l'eau dans le monde.....04

1.2.1. Les ressources hydriques.....05

❖ **Les sources d'approvisionnement en eau05**

❖ **Les eaux de pluie.....05**

❖ **Les eaux de surface.....06**

❖ **Les eaux souterraines.....07**

1.3. Situation actuelle des ressources en eau en Algérie.....07

❖ **L'eau de surface.....09**

❖ **Les eaux souterraines.....09**

1.4. Utilisation des eaux.....09

1.4.1. Usage agricole.....10

1.4.2. Usage domestique.....11

1.4.3. Usage Industriel.....11

1.4.4. Usage municipal11

1.5. La composition minérale de l'eau.....12

1.6. Propriétés physiques de l'eau et leur signification sur le plan écologique12

Chapitre II : Qualité et pollution des eaux

Introduction13

2.1. Qualité de l'eau.....13

2.1.1. Définition.....	13
2.1.2. Etude globale de la qualité de l'eau.....	13
2.1.3. L'eau potable.....	14
2.1.4. L'eau d'irrigation.....	15
✓ Qualité physique.....	15
✓ qualité biologique.....	15
✓ Qualité chimique.....	15
2.2 .La pollution de l'eau.....	16
2.2.1. Définition.....	17
2.2.2. Origine de la pollution.....	17
✓ Les phénomènes naturels.....	17
✓ La pollution domestique.....	17
✓ La pollution urbaine.....	18
✓ Pollution d'origine agricole.....	18
✓ Pollution industrielle.....	18
2.2.3. Les polluants de l'eau.....	18
2.2.3.1. Les polluants physiques.....	19
✚ Pollution thermique.....	19
✚ Matières en suspension.....	19
✚ Les polluants radioactifs	19
2.2.3.2. La pollution chimique.....	19
✚ Les polluants organiques.....	19
✚ Eléments nutritifs.....	20
• Les nitrates.....	20
• Les nitrites	20
• Le phosphore.....	20
✚ Les composés toxiques	20
➤ Les composés toxiques minéraux.....	20
➤ Les polluants organiques toxiques	21
• Pesticides.....	21
• Détergents.....	21
2.2.3.3. Les polluants biologiques	21
✚ Les organismes libres	21
✚ Les agents pathogènes	21
• Les virus.....	21
• Les bactéries.....	21
➤ Les coliformes	21
➤ Les streptocoques.....	22
• Les parasites.....	22
➤ Protozoaires.....	22

➤ Les helminthes.....	23
Chapitre III : description de la zone d'étude	
3. description de la zone d'étude.....	24
3.1. Présentation de la zone d'étude.....	24
3.1.1. Situation géographique.....	24
3.1.2. Situation géologique.....	25
3.1.3. Lithologie.....	25
3.1.4. Climat	25
3.1.4.1. Température.....	26
3.1.4.2. Précipitations.....	26
3.1.4.3. Humidité.....	26
3.1.4.4. Vents.....	26
3.1.4.5. Diagramme ombrothermique de Guelma.....	27
3.1.4.6. Evaporation.....	27
3.1.5. Microclimat.....	27
3.1.6. L'agriculture	28
3.1.7. Occupation des sols	28
3.2 Technique d'échantillonnage.....	29
3.2.1 Critère de choix des sites.....	29
3.2.2. Les stations étudiées.....	29
3.2.3 Méthodes de prélèvement	30
3.2.3.1 Choix du contenant.....	30
3.2.3.2 Conservation des échantillons	30
3.2.3.3 Période d'échantillonnage	30
3.4 Méthodes d'analyses.....	31
3.4.1 Examens préliminaires	31
a- Filtration	31
b- Détermination des matières en suspension (MSE)	31
c-Détermination du résidu sec	31
3.4.2. Mesures physico-chimiques	31
a- pH (mesure électrométrique).....	31
b-La conductivité électrique.....	31
3.4.3. Mesures chimiques	31
a-Dosages des anions	31
Les carbonates (CO_3^{2-}) et les bicarbonates (HCO_3^-)	31
Le Les sulfates (SO_4^{2-})	32
Les chlorures (Cl)	32

Les composés phosphorés	32
b-Dosages des cations.....	32
Le calcium (Ca ⁺⁺) et le magnésium (Mg ⁺²)	32
Chapitre IV : Résultats et Discussion	
4. résultats et discussion	33
4.1. Résultats des analyses physicochimiques.....	33
4.1.1 Mesure du pH.....	33
4.1.2. Mesure de la conductivité électrique (µS/cm).....	34
4.1.3. Mesure des matières en suspension (mg/l).....	35
4.1.4. Mesure des résidus secs (mg/l)	36
4.1.5. Mesure des chlorures (Cl ⁻).....	37
4.1.6. Mesure des Sulfates (SO ₄ ²⁻).....	38
4.1.7. Mesure des carbonates (CO ₃ ⁻).....	39
4.1.8. Mesure Bicarbonates (HCO ₃ ⁻).....	39
4.1.9. Mesure des Ortho phosphates.....	40
4.1.10. Mesure du magnésium (Mg ⁺⁺).....	41
4.1.11. Mesure du Calcium (Ca ⁺⁺).....	42
CONCLUSION GENERALE.....	44
Références bibliographiques	
Résumé	
Abstract	
الملخص	

LISTES DES FIGURES

1. cycle de l'eau des figures.....	03
2. carte de Situation du bassin de la Seybouse.....	24
3. oued Seybouse.....	25
4. Diagramme pluviothermique de la région de Guelma.....	27
5. Répartition de la superficie agricole/STA de la région de Guelma.....	28
6. les stations de prélèvement.....	29
7. Répartition des stations étudiées le long de l'oued Seybouse.....	30
8. Variation du pH selon les stations étudiées.....	33
9. Variation de la conductivité électrique selon les stations étudiées.....	34
10. Variation quantitative des matières en suspension selon les stations étudiées.....	35
11. Variation quantitative des résidus secs selon les stations étudiées.....	36
12. variation de la concentration en ions chlorures selon les stations étudiées.....	37
13. Variation de la concentration en ions sulfates selon les stations étudiées.....	38
14. Variation de la concentration en ions Carbonates selon les stations étudiées.....	39
15. variation de la concentration en ions bicarbonates selon les stations étudiées.....	40
16. Variation de la concentration en ions ortho phosphates selon les stations étudiées.....	41
17. Variation de la concentration en ions magnésium selon les stations étudiées.....	42
18. Variation de la concentration en ions calcium selon les stations étudiées.....	43

Liste des tableaux

1. Volume et pourcentage d'eau terrestre sous forme liquide, solide et gazeuse.....	04
2. Ressources hydriques en Algérie.....	08
3. besoins en eau des diverses cultures pendant la période de croissance.....	10
4. Composition minérale de l'eau.....	12
5. Propriétés physiques de l'eau et leur signification sur le plan écologique	12
6. Caractéristiques d'une eau de bonne qualité.....	14
7. Indicateurs de qualité de l'eau d'irrigation et risques potentiels.....	16
8. Stations étudiées.....	29
9. Résultats des mesures du pH des sites étudiés.....	33
10. Résultats des mesures de la conductivité électrique.....	34
11. Résultats des mesures des MES (mg /l).....	35
12. Résultats des mesures de résidus secs (mg /l).....	36
13. Résultats des mesures de la concentration des chlorures (mg /l).....	37
14. Résultats des mesures des ions sulfates (mg /l).....	38
15. Résultats des mesures des ions carbonates (mg /l).....	39
16. résultat des mesures des ions des bicarbonates(HCO_3^-) (mg /l).....	39
17. résultat des mesures des ions des ORTHO PHOSPHATE (mg /l).....	40
18. Résultats des mesures des ions magnésium (mg /l).....	41
19. Résultats des mesures des ions calcium (mg /l).....	42

LISTE DES ABREVIATIONS

AGID : Agence national de réalisation et de gestion des infrastructures hydraulique.

Pour l'irrigation et le drainage.

DPAT : Direction de Planification et d'Aménagement du Territoire de Guelma.

ETP: Evapotranspiration potentielle.

Im : indice d'aridité de Martonne.

MAT : Ministère de l'aménagement du territoire.

MENA: Middle East and North Africa.

MES: Matière en suspension.

MRE: Ministère des Ressources en Eau.

SAG : Service agricole de Guelma.

SAT : Superficie Agricole totale.

SAU: Superficie Agricole Utilisable.

UNESCO : Organisation des Nations Unies pour l'Enfance et la Culture.

L'importance de l'eau dans l'économie ne cesse de croître et sa disponibilité devient de plus en plus difficile tant en raison des aléas climatiques que de l'accroissement rapide de la population. Le volume d'eau utilisée dans le monde a progressé plus de deux fois que le taux de croissance de la population.

L'eau, une ressource essentielle, est utilisée à des fins alimentaires, d'hygiène corporelle, ou récréatives, nécessitant un haut niveau de qualité physico-chimique, chimique et microbiologique. La qualité de l'eau est un problème de santé universel.

La qualité des eaux d'un hydro système dépend de nombreux facteurs et processus environnementaux. Elle est définie plus particulièrement par les caractéristiques géomorphologiques (altitude, pente ...), pédologiques et géologiques (origine et nature des terrains) et anthropiques (Urbanisation, activités industrielles, agricoles ...) du bassin versant.

En zone rurale, le mode d'occupation des sols (forêt, culture, élevage ...) joue un rôle prépondérant dans le fonctionnement hydrique du bassin versant, en agissant sélectivement sur les mécanismes de ruissellement et d'érosion. De ces derniers dépendront fortement les caractéristiques physico-chimiques des cours d'eau.

Ces différentes formes d'apports, enrichissent le milieu en éléments organiques et minéraux qui peuvent avoir un effet trophique (fertilisants agricoles, rejets de stations d'épuration ...) ou toxique (micropolluants : phytosanitaires, métaux lourds ...) sur le milieu aquatique récepteur créant ainsi une pollution.

Il est à souligner que la dégradation de la qualité de l'eau a des impacts majeurs sur les services environnementaux et sur leur valeur pour la société.

C'est dans cette optique que notre étude essaye d'apporter des réponses aux questions suivantes :

Quelles sont les caractéristiques physico-chimiques des eaux courantes de l'Oued Seybouse? Et existe-t-il une pollution dans cet Oued?

La démarche adoptée consiste à échantillonner l'eau le long d'un transect Nord-Sud. Pour cela, six (6) stations ont fait l'objet d'un échantillonnage et d'une analyse au laboratoire.

Les résultats obtenus sont consignés dans le document articulé en quatre chapitres. Le premier et le deuxième concernent des connaissances sur l'eau, ainsi que leur pollution, le troisième présente la zone sur laquelle l'étude se concentre ainsi que le matériels et les méthodes utilisés pour l'évaluation, quant au quatrième, il traite les résultats obtenus et leur discussion et nous terminons ce document par une conclusion.

Introduction

L'eau est un élément essentiel, indispensable à la vie des êtres vivants et surtout à celle de l'Homme. Elle est certainement la substance qui nous est la plus familière. La terre est une "planète bleue" qui, vue de l'espace, apparaît couverte par les océans et par les neiges. Même la biosphère, dont nous faisons partie, est composée principalement de l'eau, puisqu'elle représente 70% de la masse totale des organismes vivants **(TEIXEIRA, 2006)**.

L'eau n'est pas seulement une source d'oxygène et d'hydrogène mais elle est le constituant le plus abondant des êtres : l'homme en contient 60% de son poids, un végétal jusqu'à 95%, les graminées des prairies en contiennent 79% **(DUVIGNAUD, 1980)**.

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. **(NGO ET REGENT, 2004)**.

1.1 .Le cycle de l'eau

La quantité totale d'eau existante dans le monde est de l'ordre de grandeur de 1350 millions de Km³, dont plus de 97% constituent la masse des océans. Toute eau vient des océans et y retrouve tôt ou tard, par un cycle hydrologique continu **(DUVIGNAUD, 1980)**.

Le cycle de l'eau est la suite des procès autorisant le passage de l'eau d'un état à l'autre et d'un endroit à l'autre **(TOUCHART, 2003)**. Ce cycle naturel en perpétuel mouvement, impliquant toutes les composantes de la synthèse climatique globale, l'atmosphère, les océans, les terres immergées et la biosphère continentale **(DRISSI, 2008)**.

L'eau sous ses différents états physiques (gazeux, liquide, solide) suit un vaste cycle dans la nature **(Figure1)**.

✓ Evapotranspiration

C'est la somme des pertes par transformation de l'eau en vapeur **(BOEGLIN, 2006)**. Sous l'action du soleil, l'eau de mers, des lacs et des rivières s'évaporent. Les végétaux transpirent et rejettent eux aussi de la vapeur d'eau **(DRISSI, 2008)**.

✓ Précipitations

La vapeur d'eau atmosphérique se condense en nuages qui engendrent des précipitations sous forme de pluies, de neige ou de grêles. Les précipitations qui constituent l'origine de presque toutes nos réserves en eau douce, sont variables d'une région à l'autre suivant le climat et le relief qui sont des facteurs essentiels (BOEGLIN, 2006).

✓ Ruissellement

Parvenue sur le sol, une partie des précipitations s'écoule à la surface vers le réseau hydrographique et les étendues d'eau libre (lacs, mers), c'est le ruissellement de surface (BOEGLIN, 2006).

✓ Infiltration

Une partie des précipitations pénètre dans le sol et le sous-sol (BOEGLIN, 2006). L'infiltration joue un rôle essentiel dans les écosystèmes terrestres puisqu'elle permet la réhydratation des sols. Elle assure aussi l'alimentation des nappes phréatiques et des rivières souterraines (GENY ET AL, 1992).

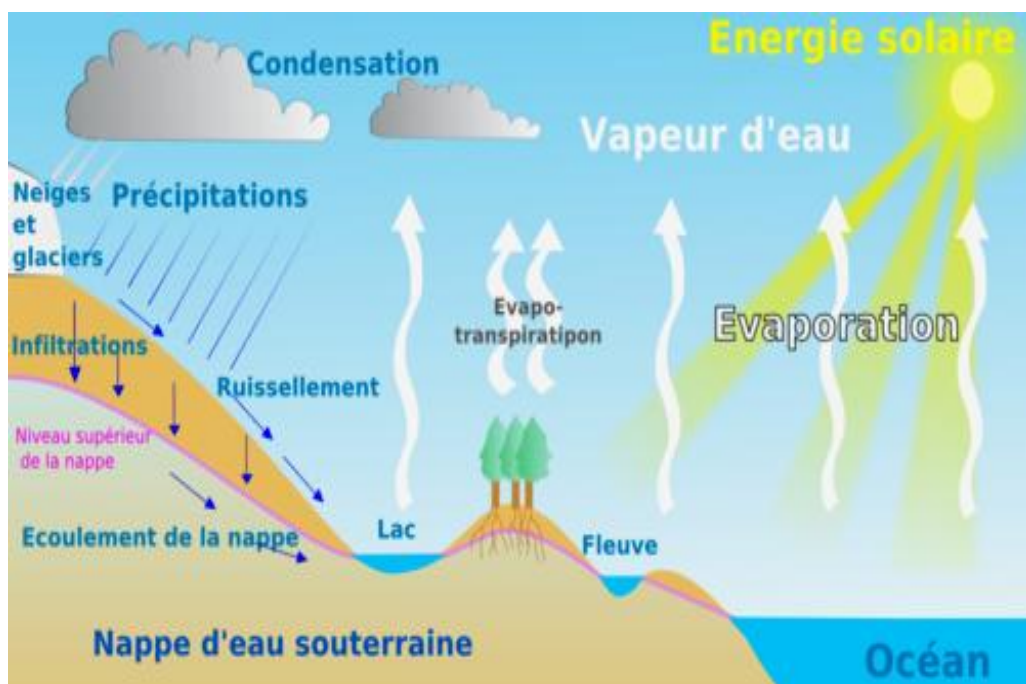


Figure n°1 : Schéma général du cycle de l'eau. (GENY ET AL, 1992).

1.2. Etat et répartition de l'eau dans le monde

L'eau constitue une ressource très mal répartie à l'échelle de la planète, ces inégalités dépendent évidemment du climat, notamment des précipitations et des écoulements qu'elles engendrent, (**Tableau1**) on peut ajouter également un déséquilibre lié au développement des populations humaines et de leurs activités (**ROUYRRE, 2003**). Ainsi 9 pays partagent 60% des ressources renouvelables d'eau douce dans monde : le Brésil, la Russie, les Etats Unies, le Canada, la Chine, l'Indonésie, l'Inde, la Colombie et le Pérou, tandis que certains ne disposent que de ressources extrêmement faibles (**UNESCO 1996 in TAMRABET L. 2011**).

Tableau n°1 : Volume et pourcentage d'eau terrestre sous forme liquide, solide et gazeuse.

	Volume (Km3)	(%)
Océans	1 348 000 000	97,39
Icebergs, glaciers	27 820 000	2,01
Nappe, humidité du sol	8 062 000	0,58
Lacs, rivières	225 000	0,02
atmosphère	13 000	0,001
Total	1 384 120 000	100,00
Eau douce	36 020 000	2,60

(**KETTAB, 1992**)

L'eau recouvre près de 70 % de la surface de la terre (dont 97 % est salée), essentiellement sous forme d'océans, mais aussi trouvée dans toutes sortes d'étendues d'eau, telles que les mers, les lacs, et les cours d'eau comme les fleuves, les rivières, les torrents, les canaux ou les étangs. La majorité de l'eau sur terre est de l'eau de mer.

L'eau est également présente dans l'atmosphère en phase liquide et vapeur. Elle existe aussi sous forme d'eaux souterraines et aquifères (**ANONYME 2**).

L'eau est indispensable pour la survie et pour le développement de la société moderne (**KETTAB, 1992**). Son importance dans l'économie humaine ne cesse de croître et l'approvisionnement en eau douce devient ainsi de plus en plus difficile, tant en raison de l'accroissement de la population et de son niveau de vie, que du développement accéléré des techniques industrielles modernes, sous la pression des besoins considérables de la civilisation moderne (**RODIER, 1975**).

Les eaux douces et océaniques sont devenues un réceptacle de pollutions multiples – chimiques, organiques, radioactive, microbiologique – et d'origines variées: urbaines, industrielles, agricole (**KOLLER, 2004**).

Nous ne trouvons pas l'eau qui répond aux paramètres qualitatifs exigés pour l'eau potable, (**KETTAB, 1981**). On est passé de l'emploi des eaux de sources et de nappes, à une utilisation de plus en plus poussée des eaux de surface. Parallèlement des recherches des eaux souterraines se sont développées, les méthodes de recyclage, et maintenant on se préoccupe de plus en plus de dessalement de l'eau de mer. Simultanément, les causes de pollution se sont étendues ; celle-ci est devenue plus massive, plus variée, plus insidieuse, ce qui a fait écrire que « le temps des rivières est finis, celui des égouts commence » (**RODIER, 1975**).

1.2.1. Les ressources hydriques

L'hydrosphère est l'enveloppe aqueuse de la terre, autrement dit la partie de l'enveloppe qui est avant tout constituée d'eau : les océans, les lacs, les cours d'eau, les nappes phréatiques, la glace polaire et les glaciers. Les 3 % de l'hydrosphère se trouvent sur les continents sous forme de glace, de neiges, des lacs, de fleuves ou de nappes phréatiques et plus de 95 % de l'eau se trouve dans les océans (**BLIEFERT ET PARRAUD, 2001**).

❖ Les sources d'approvisionnement en eau

L'eau est également un problème crucial ce qui explique qu'historiquement beaucoup de villes ont été construites au bord d'une rivière. Il faut environ 11 litre d'eau par personne et par jour pour survivre mais, dans les pays développés, on utilise des volumes bien plus considérables pour aller jusqu'à plusieurs mètres cubes par habitant et par jour si on additionne tous les usages individuels, industriels et agricoles de l'eau (**NGO ET REGENT, 2004**).

❖ Les eaux de pluies

Les eaux de pluies peuvent être collectées à partir des toitures des maisons dans des récipients ou dans des impluviums. A l'origine ces eaux sont pures sur le plan microbiologique, mais sur le plan chimique, il leur manque souvent certains éléments indispensables à la santé comme le sodium, le magnésium, le manganèse, le fer et l'iode (**COULIBALY, 2005**).

❖ Les eaux de surface

Les eaux de surface se répartissent en eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (BOEGLIN, 2006). Elles se forment à partir, soit de l'émergence de nappes profondes en source, soit du rassemblement des eaux de ruissellement (CARDOT, 1999).

- Ces eaux se rassemblent en cours d'eau caractérisés par une surface de contact eau - atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable (BOEGLIN, 2006).
- Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (étangs, lacs) ou artificielles (retenues, barrages) caractérisées par une surface d'échange eau atmosphère quasiment immobiles, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour souvent élevé (BOEGLIN, 2006).

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants (MONOD, 1989; BOEGLIN, 2006; HABILA, 2008). Elles sont généralement riches en gaz dissous (CARDOT, 1999).

Ce qui caractérise les eaux superficielles sont :

⊗ Les variations saisonnières et à un degré moindre, journalières des paramètres physiques : température, turbidité et coloration. Les concentrations en matières solides finement dispersées ou à l'état colloïdal peuvent être importantes.

⊗ Le développement plus ou moins important du phytoplancton (algues), de zooplancton et dans certaines conditions d'une vie aquatique intense.

⊗ La présence fréquente de matières organiques d'origine naturelle provenant de la décomposition des organismes végétaux ou animaux après leur mort.

⊗ La fragilité de la ressource, très vulnérable à la pollution urbaine, industrielle et agricole, on y rencontre par suite très souvent une micropollution minérale ou organique pouvant avoir un caractère toxique ainsi que des substances azotées et phosphatées à l'origine des phénomènes d'eutrophisation (BOEGLIN, 2006).

Elles sont généralement des eaux de moins bonne qualité microbiologique et chimique, elles sont contaminées et doivent être correctement traitées avant toute utilisation domestique (DRISSI, 2008).

❖ Les eaux souterraines

Ce sont les eaux qui ne sont ni ré évaporées, ni retournées à la mer par ruissellement s'infiltrant dans le sol et dans le sous-sol et s'y accumulées (**BOEGLIN, 2006**). Les eaux souterraines représentent 60% des eaux continentales, leur écoulement est estimé à 12000 milliards de m³/an, soit 30% du débit des fleuves. Leur renouvellement total est de 5000 ans en moyenne et de 300 ans pour les nappes superficielles les plus vives (**ROUX, 1990**).

Elles représentent une part importante du cycle de l'eau et participent de ce fait aux équilibres naturels. Elles constituent également une formidable ressource renouvelable, exploitée pour l'approvisionnement en eau potable, l'usage industriel ou agricole (**BENSAOULA ET AL, 2007**).

1.3. Situation actuelle des ressources en eau en Algérie

En Algérie, les ressources en eau douce sont rares et vulnérables et la disponibilité en eau potable par habitant est en décroissance inquiétante (**TAMRABET L., 2011; BOUZIANI, 2000**). Les ressources en eau existantes sont menacées par une pollution du fait de concentration des rejets d'eaux urbaines et industrielles dans les milieux récepteurs (**MRE, 2001; KETTAB, 1992**). Elles sont limitées et inégalement réparties, une pluviométrie totalise un volume annuel de 12,4 milliards de m³, essentiellement réservée à l'Algérie du Nord, les eaux de surface sont en outre inégalement réparties au niveau du Nord de l'Algérie, car elles diminuent de l'Ouest en Est et ne sont par ailleurs que très partiellement mobilisables (**MAT, 2000**).

Pour une population de 35 millions d'habitants, les ressources renouvelables en eau sont de 550 m³/an/habitant (**MEDKOUR, 2002**), cette moyenne est très faible comparée à la moyenne des pays du Moyen Orient et de l'Afrique du Nord (**MENA**) qui est de 1 250 m³ ou à la moyenne mondiale qui est de 7 500 m³ (**FARUQUI, 2003**). Le seuil de la rareté de l'eau est de 1000 m³/an/habitant, de ce fait, l'Algérie est un pays où l'eau est rare.

Dans ces conditions déficitaires en ressources en eau, le secteur de l'agriculture est le plus gros demandeur en eau (**AYERS AND WESTCOT, 1994; TAMRABET ET AL., 2003**). Il est noté qu'en 2006, 900 000 ha soit 10.5% de la SAU sont irrigués, (**Tableau 2**) et 78% de cette superficie l'est avec des eaux souterraines et 13% avec des eaux superficielles (**BAGHDALI, 2007**).

Tableau n°2 : Ressources hydriques en Algérie.

	Eaux mobilisables (%)	Eaux mobilisées (%)
Eau de surface	5,7	1,8
Eau souterraine	6,5	2,1
Total	12,2	3,9

(BOUZIANI, 2000)

A la suite des sécheresses graves et prolongées, les ressources en eau ont fortement diminuées ces vingt dernières années. Il y a des pénuries d'eau chronique et saisonnières aiguës dans la plupart des pays d'Afrique. La demande en eau augmente rapidement du fait de l'accroissement de la population, de l'urbanisation, de l'industrialisation et des besoins pour l'irrigation (BAHMED ET AL, 2004).

En Algérie, l'eau revêt un caractère stratégique du fait de sa rareté et d'un cycle naturellement perturbé et déséquilibré.

Qu'il s'agisse de l'eau souterraine ou de l'eau de surface, les ressources sont limitées et, compte tenu des problèmes démographiques et de l'occupation de l'espace (BOUDJADJA ET AL, 2002).

Les ressources en eau disponibles en Algérie sont évaluées à 19300 millions de m³ par an, dont 12400 millions de m³ constituent l'eau de surface et 6900 millions de m³ l'eau souterraine. Selon les normes mondiales (le seuil de rareté de l'eau se situant à 1000 m³/an/habitant), l'Algérie est un pays qui souffre de la rareté de l'eau. L'irrigation agricole est le principal secteur consommateur d'eau, suivi par les secteurs municipaux puis industriels (BOUDJADJA ET AL, 2002).

En termes de ressources mobilisables, l'Algérie dispose d'un plafond annuel de 11,5 milliards de m³ qui se répartissent comme suit :

- Mobilisation des eaux de surface (barrages) : 4,7 milliards de m³.
- Exploitation des nappes souterraines : 1,8 milliards de m³ (pour le nord de l'Algérie) et 5 milliards de m³ (pour le sud de l'Algérie), soit un total de 11,5 milliards de M³ (BAHMED ET AL, 2004).

❖ L'eau de surface

Les eaux de surface sont assez variables du fait des périodes de sécheresse tant chroniques qu'occasionnelles et ont des incidences différentielles sur les différents bassins d'eau.

La moyenne de l'eau de surface est évaluée à 12400 millions de m³ pour la période allant de 1910 à 1993. Les ressources en eau de surface sont mal réparties dans l'espace. On estime qu'environ 95% des ressources en eau de surface se trouvent au Nord tandis que seulement 5% des ressources sont au Sud (**BOUDJADJA ET AL, 2002**).

En plus de la faible quantité d'eau reçue par nos barrages à cause de la sécheresse qui a touché le pays depuis une vingtaine d'année, cette quantité se trouve menacée par trois problèmes hydrauliques majeurs qui sont l'évaporation intense, l'envasement accéléré et les fuites d'eau surtout à travers les appuis (**TOUMI ET REMINI, 2004**).

❖ Les eaux souterraines

Les eaux souterraines représentent généralement une excellente source d'approvisionnement en eau potable (**ROULEAU ET RASMUSSEN, 2006**). L'altération de l'environnement naturel, notamment le milieu aquifère est devenu progressivement une préoccupation mondiale. En Algérie la principale source de satisfaction de la demande en eau est l'eau souterraine, du fait de son exploitation relativement facile (**ABDELBAKI ET BOUKLI, 2007**).

Les 6900 millions de m³ des ressources estimées en eau souterraine (dont 4900 millions de m³ exploitable à partir de nappes faiblement renouvelables) sont divisées entre le Nord et le Sud. Contrairement à l'eau de surface, la plus grande partie des eaux souterraines est concentrée au Sud. On rapporte que 73% environ (5000 millions de m³) du total des ressources disponibles en eau souterraine se trouve au Sud, alors que 27% (1900 millions de m³) seulement se trouvent au Nord du pays (**ABDELBAKI ET BOUKLI, 2007**).

1.4. Utilisation des eaux

On peut diviser l'utilisation de l'eau en 2 catégories: utilisation non consommatrice de l'eau, qui laisse l'eau sur place comme par exemple : la pêche, les habitats fauniques, la production d'énergie hydro-électrique et les loisirs (baignade)... Mais dans d'autres, elle est consommée et ne peut donc être retournée (prélèvements qui retirent l'eau de son milieu naturel), comme l'alimentation en eau potable et c'est le cas notamment de l'irrigation, des utilisations ménagères et municipales, la production d'énergie et des activités de transformation (**ANONYME 1**).

1.4.1. Usage agricole

Les agriculteurs se fient le plus souvent aux sources naturelles locales, plus qu'aux systèmes publics de distribution, (MASSCHELEIN, 1996). La majeure partie des prélèvements mondiaux est destinée à l'irrigation celle-ci est une pratique très ancienne connue depuis l'Antiquité. Aujourd'hui dans le monde environ 15% des terres arables sont irriguées et cette proportion est beaucoup plus élevée dans certains pays comme le Pakistan (plus de $\frac{3}{4}$) et l'Egypte (ROUYRRE, 2003). L'irrigation aura pour effet de relever le niveau de production des terres et d'atténuer ou d'éliminer les aléas inhérents aux variations du climat et dans une certaine mesure aux autres particularités naturelles. L'inconvénient de l'eau d'irrigation est son incapacité à servir à d'autres usages (FABY, 1997 ; ROUYRRE, 2003). Les plantes se servent de l'eau pour développer leurs tissus à l'aide du processus de la photosynthèse et pour régulariser leur température, elles agissent à la manière des pompes tirant l'eau du sol et l'acheminant vers les feuilles,(Tableau 3)d'où elle s'évapore dans l'atmosphère, ainsi les variations de la quantité de l'eau du sol qu'utilisent les plantes se déterminent selon le type de la plante, la quantité de l'eau dans le sol pouvant être absorbée, ainsi que la quantité de l'eau que l'atmosphère peut tirer des plantes et du sol (ANONYME1).

Tableau n°3 : besoins en eau des diverses cultures pendant la période de croissance.

Culture	Utilisation moyenne d'eau (mm³)	Période de croissance (jour)
Luzernes	635	155
Graminées	610	150
Betteraves sucrières	559	155
Pomme de terre	508	140
Avoine	406	95
Orge	406	90
Pin	381	100
Maïs cultivé	381	120
Tomate	356	105
Pois de conserverie	330	80
Blé de printemps	457	100

(ANONYME 1)

1.4.2. Usage domestique

L'utilisation domestique de l'eau recouvre principalement la consommation d'eau potable, les bains, la cuisine, les usages sanitaires et le jardinage, cette consommation représente 8 à 10 % de la consommation totale sur la planète (**GUERREE ET GOMELLA, 1978**).

1.4.3. Usage Industriel

Généralement les industries transformatrices sont les plus consommatrices en eau (**GUERREE ET GOMELLA, 1978**). La plus grande part de l'eau qui est utilisée par l'industrie est épuisée dans les réserves naturelles (rivières) et 80 à 90% de celle-ci sert comme eau de refroidissement qui est, elle-même, restituée à 90% au milieu. Les besoins spécifiques de l'industrie sont énumérés dans la littérature ; 6 à 10 m³ par tonne d'acier, 0,3 m³ par tonne de pétrole raffiné, 40 à 80 m³ par tonne de papier... Et dans l'industrie chimique ; 450 m³ par tonne d'acide acétique et 900 m³ par tonne de sulfate d'ammonium. L'importance relative des besoins industrielles par rapport à la consommation domestique est largement dépendante des conditions régionales. Aux abords des agglomérations développées, la consommation industrielle se situe entre 10 à 50% du total, les zones portuaires emploient souvent plus d'eau brute industrielle (**MASSCHELEIN, 1996**).

1.4.4. Usage municipal

En distribution urbaine, l'utilisation de l'eau est quantifiée entre 5 et 55% du total de la consommation, aux fins du nettoyage des rues, des fontaines publiques, de l'arrosage des parcs de l'extinction des incendies et en certains lieux publics ou qui appartiennent à l'état, de l'usage non facturé de l'eau (**MASSCHELEIN, 1996**)... ces usages sous entendent la construction d'un réseau de distribution qui double au moins en partie le réseau d'eau potable (**ANONYME 1**).

1.5. La composition minérale de l'eau.

Les principaux ions présents peuvent être classés selon leur fréquence décroissante, (**Tableau 4**) cependant PO_4^- , NH_4^+ et NO_3^- , ne sont pas souvent présents et peuvent alors être l'indice d'une pollution (**BERNE, 1991**).

Tableau n°4 : composition minérale de l'eau.

Cations		Anions	
	Masse atomique		Masse atomique
Calcium Ca ²⁺	40	Hydrogénocarbonate Hco ³⁻	61
Magnesium Mg ²⁺	24	Chlorure Cl ⁻	35,5
Sodium Na ⁺	23	Sulfate So ₄ ⁻	96
Ammonium NH ₄ ⁺	18	Nitrate No ₃ ⁻	62
Potassium K ⁺	39	Fluorure F ⁻	19
Fer ferreux Fe ²⁺	56	Phosphate Po ₄ ⁻	95

(BERNE, 1991)

1.6. Propriétés physiques de l'eau et leur signification sur le plan écologique.

Tableau n°5: Propriétés physiques de l'eau et leur signification sur le plan écologique.

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

(RAMADE ,2002)

Introduction

De nos jours, les problèmes de pollution constituent un danger de plus en plus important pour l'homme (COULIBALY, 2005). Parmi ces problèmes, la pollution des eaux qui présente sans aucun doute l'un des aspects les plus inquiétants de la dégradation de l'environnement par la circulation technologique contemporaine (RAMADE, 2005).

Jadis, on s'interrogeait sur la qualité microbiologique des eaux, de nos jours on s'inquiète non seulement de la qualité microbiologique mais aussi de ces caractéristiques physicochimiques (MOUMOUNI-DJERMAKOYE, 2005).

2.1. Qualité de l'eau

2.1.1. Définition

Elle correspond à un ensemble de critères physicochimiques qui définissent le degré de pureté des eaux et par conséquent leur aptitude aux divers usages alimentaires, domestiques, agricoles ou industriels (RAMADE, 2002).

En fonction d'un degré croissant de pollution, les points d'usage concerneront en premier lieu la potabilité, puis l'aptitude des eaux de rivières à permettre le développement normal de la faune, ensuite l'impossibilité d'utilisation pour la baignade avec pour conséquence des pertes économiques au plan de tourisme, la perte d'usage agricole relative tant à l'utilisation des eaux pour abreuver les animaux domestiques qu'un degré ultérieur pour l'irrigation (RAMADE, 2002).

Enfin, il en résulte une perte d'usage industriel tout d'abord pour les industries agroalimentaires et ensuite pour la possibilité d'emploi des eaux pour les divers processus de fabrication tant dans les industries chimiques que métallurgiques et dans d'autres types de production (RAMADE, 2002).

2.1.2. Etude globale de la qualité de l'eau

Pour juger de la qualité de l'eau dans sa globalité, il est nécessaire de prendre en compte les critères énumérés dans (Tableau 6). (ZURLUTHE ET GIENGER, 2006). Une bonne eau présentera donc les caractéristiques suivantes :

Tableau n°6 : Caractéristiques d'une eau de bonne qualité.

Qualité chimique de l'eau	Qualité bactériologique de l'eau	Qualité physique de l'eau
Produits chimiques ▼	Bactéries ▼	Surface interne ▲
Minéraux * ▼	Virus ▼	Taille des gouttes ▼
Calcaires * ▼	Parasites ▼	Energie, forces attractives ▲
Oxygène ▲	Spores de champignons	Structure ▲
Acide carbonique * ▼		Pénétration de la lumière, activité bio photonique ▲
Composants odorants ▼		Informations extérieures ▼
Matière en suspension ▼		Forces contractives ▼
Rouille ▼		
Substances radioactives ▼		
Valeur du pH ♦		
Le plus faible possible ▼	Autant que possible ▲	Aussi équilibré que possible ♦

(ZURLUTHE ET GIENGER, 2006)

2.1.3. L'eau potable

A l'heure actuelle, la disponibilité en eau de bonne qualité est indispensable pour le bien être de l'homme. Hélas, sur la terre, aucune eau ne répond aux exigences qualitatives fixées pour l'eau potable ; autrement dit l'eau doit être :

- ☒ Claire, inodore, de saveur agréable.
- ☒ Pauvre en germes microbiens que possible en matières en suspension.
- ☒ Ne pas renfermer de substances chimiques pouvant provoquer des maladies.
- ☒ Ne pas contenir des substances la rendant inutilisable pour la cuisine et le blanchissage.
- ☒ Ne pas avoir des propriétés agressives vis-à-vis des canalisations (métaux, ciments)

(KETTAB, 1992).

On peut dire qu'il n'existe pas d'eau potable, mais seulement une eau conforme aux normes (DRISSI, 2008).

2.1.4. L'eau d'irrigation

Il n'existe pas de normes de qualité pour les eaux d'irrigation. En effet, les teneurs limites en sels dépendent de nombreux facteurs :

- la nature du sol.
- la nature de la récolte.
- le climat.
- les conditions d'irrigation (drain, aspersion, canaux, goutte à goutte) (MAUREL, 2006).

✓ **Qualité physique**

La plupart des eaux naturelles transportent des éléments minéraux ou organiques en suspension, susceptibles d'obstruer les filtres, les pompes ou les équipements de distribution, de se déposer dans les réservoirs et les canaux et sur les terres irriguées (SOUTTER, 2007).

Les teneurs en sédiments et en substances solubles de l'eau d'irrigation dépendent de son origine. Alors que les cours d'eau contiennent toujours des éléments en suspension, en quantité limitée, des substances en solution, les plans d'eau permettent la sédimentation des particules denses mais offrent fréquemment des conditions favorables à la prolifération des microorganismes. Les particules minérales, à l'exception des colloïdes, d'argile dispersée, sont retenues facilement par contraste de densité ou par filtration. La petite taille des microorganismes rend la filtration inopérante si bien qu'elle doit accompagner d'un traitement chimique (SOUTTER, 2007).

L'eau souterraine ne contient en général que peu d'éléments minéraux et organiques en suspension, mais peut présenter des concentrations en fer ou en calcium élevées (SOUTTER, 2007).

La température optimale de l'eau d'irrigation est de l'ordre de 20 à 25 ° (SOUTTER, 2007).

✓ **La qualité biologique**

La présence de microorganismes (cyanobactéries, champignons, etc.) peut contribuer à colmater les orifices de distribution en irrigation localisée, voire même à obturer plus ou moins gravement les conduites (SOUTTER, 2007).

✓ **Qualité chimique**

La présence de substances dissoutes dans l'eau (notamment le fer et le calcium) peut également être à l'origine de phénomène de colmatage des distributeurs ou présenter un risque de corrosion des parties métalliques. Par ailleurs, la qualité chimique des eaux d'irrigation, et plus précisément leur salinité, peut se traduire, dans certains contextes pédoclimatiques, par une accumulation de sels dans la zone racinaire des végétaux et entraîner une profonde modification des propriétés physicochimiques du sol conduisant à la stérilité. Une forte concentration en sels se traduit en effet

par un accroissement de la pression osmotique qui rend plus difficile l'extraction d'eau par les plantes et par une dégradation de certaines propriétés du sol (modification de l'état structural, réduction de la conductivité hydraulique, l'accroissement du pH, etc.). A cela, s'ajoute l'effet nocif de certains ions (B, Cl, Na, etc.) à l'égard de la croissance des plantes (**Tableau 7**) et des nuisances diverses, telles que l'influence d'un excès d'azote sur l'apparence et la qualité de certains fruits et légumes (**SOUTTER, 2007**).

Tableau n° 7: Indicateurs de qualité de l'eau d'irrigation et risques potentiels.

Problèmes potentiels	Aucun	Léger et modérés	et sérieux
Disponibilité de l'eau pour la plante			
Concentration totale [mg/l]	< 500	500 – 2000	> 2000
Toxicité spécifique			
Absorption par les racines			
Sodium [mg/l]	< 70	70 – 200	> 200
Chlorure [mg/l]	< 150	150 – 350	> 350
Bore [mg/l]	< 0.75	0.75 – 2	> 2
Absorption par les feuilles (Aspersion)			
Sodium [mg/l]	< 70	> 70	
Chlorure [mg/l]	< 100	> 100	
Nuisances diverses Bore [mg/l]	< 0.75	> 2	
Azote total [mg/l]	< 5	5 – 30	
Bicarbonate (aspersion) [mg/l]	< 90	90- 500	> 500
pH	6.5 - 8.5	< 6.5 et > 8.5	

(Soutter2007)

2.2. La pollution de l'eau

L'eau est le vecteur choisi par l'homme pour éliminer la majorité de ces déchets (**KOLLER, 2004**). En effet, elle est affectée de façon croissante par des matières minérales et organiques et même

des microorganismes dont certains sont pathogènes et donc dangereux pour la santé (COULIBALY, 2005).

Les eaux naturelles, ont en effet, un degré de pureté très variable, depuis les eaux des fontes des neiges ou de glaces jusqu'aux eaux issues de marécages très chargées en matière organique (LEYNAUD, 1976).

2.2.1. Définition

La définition de la pollution soulève cependant quelques difficultés et désaccords (LEYNAUD, 1976).

La pollution est une modification défavorable du milieu naturelle qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine, au travers les effets indirects ou directs altérants les critères de répartition des flux de l'énergie, des niveaux de radiations, de la constitution physicochimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou indirectement ou au travers les ressources agricoles, en eau et en produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il possède (RAMADE, 2002).

La notion de pollution ne se réfère donc pas à la "pureté" des eaux, ni même à leurs aptitudes, mais aux modifications de leurs caractéristiques dues aux activités humaines (LEYNAUD, 1976).

2.2.2. Origine de la pollution

A cause du cycle de l'eau, les écosystèmes aquatiques sont susceptibles d'être contaminés par des pollutions accidentelles ou chroniques. Suivant l'origine des substances polluantes on peut distinguer :

✓ Les phénomènes naturels

Certains phénomènes naturels peuvent être aussi à l'origine de la pollution des eaux et sont identifiés en relation avec les éruptions volcaniques, des épanchements sous-marins, d'hydrocarbures, le contact avec les filons, ou gisements d'éléments toxiques et la présence d'une thermo minérale (HABILA ,2008).

✓ La pollution domestique

Les rejets directs des eaux usées domestiques dans le milieu naturel perturbent l'équilibre aquatique en transformant les rivières en égouts à ciel ouvert (HABILA, 2008). Elle est caractérisée par :

- La présence de germes fécaux.
- Des sels minéraux.
- Des détergents.
- Des fortes teneurs en matière organique (HABILA, 2008).

✓ **La pollution urbaine**

Ce sont essentiellement les eaux pluviales, les résidus de traitement de la pollution domestique, ainsi que les résidus de traitement des ordures ménagères. Elle est caractérisée par:

- Une teneur importante de matières minérales en suspension.
- La présence de nombreux débris solides.
- Des fortes concentrations en toxiques et hydrocarbures, résidus d'échappements des véhicules, résidus de corrosion des équipements métalliques (**HABILA, 2008**).

✓ **Pollution d'origine agricole**

L'agriculture et l'aquaculture sont responsables des rejets de nombreux polluants dans les eaux de surface et souterraines. Ces contaminants comprenant à la fois des sédiments provenant de l'érosion des terres agricoles, des rejets de la matière organique, les engrais chimiques, des pesticides, des bactéries provenant des fumiers et purins d'animaux d'élevage et des métaux (**HABILA, 2008**).

Ces produits sont rarement rejetés directement dans les eaux de surfaces, mais leur épandage en excès pour des raisons d'agriculture intensive entraîne leur lessivage par les eaux de pluies et une pollution diffuse des cours d'eau et des eaux souterraines (**HABILA, 2008**).

✓ **Pollution industrielle**

Un grand nombre d'opérations industrielles et manufacturières rejettent des agents polluants directement ou indirectement dans les sources d'eau environnantes (**HABILA, 2008**).

Ces polluants sont caractérisés par une grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau dans le processus de refroidissement, de lavage, d'extraction, de mise en solution et de l'activité des usines. On peut trouver dans l'eau qui est un bon solvant, les sous-produits possibles d'activité humaine :

- Matières organiques et graisses.
- Hydrocarbures.
- Acides bases et produits chimiques divers.
- Eau chaude des centrales thermiques.
- Matière radioactive.
- Métaux lourds (**HABILA, 2008**).

2.2.2. Les polluants de l'eau

L'expansion et l'intensification des activités humaines sont à l'origine de l'accroissement de la dispersion de polluants dans les milieux naturels (**SIGG ET AL, 2000**).

Les polluants sont émis dans l'environnement sous forme de gaz et de substances dissoutes ou particulaires. Ils atteignent les milieux aquatiques par des voies diverses telles que les retombées

atmosphériques, le ruissellement, le lessivage des sols ou le déversement direct de déchets (LEVEQUE, 1996).

2.2.3.1. Les polluants physiques

Les trois principaux agents physiques de la pollution sont : la chaleur, le transport des matières solides en suspension et la radioactivité.

+ Pollution thermique

De nombreuses industries utilisent l'eau comme un fluide de refroidissement en "circuit ouvert" (centrales thermiques, sidérurgie, industries agricoles, etc.) et déversent ainsi dans le milieu récepteur des quantités importantes de chaleur (LEYNAUD, 1976).

La pollution thermique apparaît souvent comme mineur mais, avec l'augmentation des besoins industriels en liquide de refroidissement, un réel problème se pose (DEFRANCESCHI, 1996). Le rejet de chaleur dans l'environnement aquatique est susceptible de provoquer de véritables bouleversements biocénotiques (RAMADE, 2005), en favorisant le développement de certaines espèces végétales ou animales au détriment de certaines autres. Le réchauffement de l'eau favorise aussi le développement de certains microorganismes pathogènes pour l'homme ainsi que la diminution du taux de l'oxygène dissous (PEDOYA, 1990).

+ Matières en suspension

Elles désignent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau et la troublent. Les matières en suspension diminuent la luminosité dans l'eau donc freinent la photosynthèse. Elles proviennent des rejets de toute nature ainsi que les phénomènes d'érosion des sols en milieu rural. Elles sont maintenues en suspension par l'action de la turbulence et une fraction seulement décantable lorsque l'eau devient dormante (HABILA, 2008).

+ Les polluants radioactifs

Les déchets radioactifs demeurent le polluant physique le plus dangereux. Les centrales nucléaires ne dégagent que des quantités limitées de déchets, mais le risque d'accidents subsiste et les problèmes de stockage des déchets radioactifs sont loin d'être résolus. En effet, du fait de leurs propriétés radioactives, les déchets restent toxiques pendant des périodes allant de quelques siècles à plusieurs millions d'années (HABILA, 2008). La difficulté sur le plan écologique de la pollution radioactive est due au fait que le seul moyen de faire disparaître la radioactivité est de laisser l'élément de désintégrer spontanément (MOUMOUNI-DJERMAKOYE, 2005).

2.2.3.2. La pollution chimique

+ Les polluants organiques

Les composés organiques peuvent être naturels ou de synthèse (AMIRA, 2008). Ils constituent le principal polluant aquatique et il est de multiples sources : agricole, industrielle et humaine

(LEVEQUE, 1996). A l'inverse des MES, ces matières constituent une nourriture de choix pour les microorganismes de l'eau provoquant leur prolifération. Les matières se mettent alors à vider le milieu de son oxygène, ce qui s'avère fatal pour la vie aquatique. Lorsque les rejets de matières organiques sont trop importants, l'autoépuration devient insuffisante et la pollution apparaît et s'accroît (DAJOZ, 2006).

Eléments nutritifs

De très nombreux sels minéraux sont rejetés dans les eaux continentales ou marines par l'industrie et l'agriculture (engrais chimiques) (RAMADE, 2005).

Les composés minéraux et organiques du phosphore et de l'azote constituent les éléments nutritifs les plus importants et sont généralement considérés comme les facteurs principaux de l'eutrophisation (VIVIER, 1976).

- **Les nitrates**

Les nitrates sont des composés omniprésents de l'environnement dans lequel, ils subissent un véritable cycle de transformation (VILAGINES, 2003). Elles proviennent aussi bien de sources diffuses que de sources ponctuelles (LEVEQUE, 1996).

La pollution des eaux superficielles et souterraines par les nitrates a pour principaux responsables l'agriculture et l'élevage intensif (LEVEQUE, 1996).

- **Les nitrites**

Les nitrites sont répandus dans le sol, dans les eaux et dans les plantes mais en quantité relativement faible. En général, dans les eaux de surface, leur teneur excède rarement 1 mg/l (PETOLON ET ZYSMAN, 1998).

- **Le phosphore**

La civilisation moderne accrut la vitesse de circulation du phosphore. En effet, l'agriculture utilise comme engrais des tonnages considérables de divers phosphates (RAMADE, 2005). Les phosphates sont les responsables de l'eutrophisation dans le monde (LEVEQUE, 1996).

Les composés toxiques

- **Les composés toxiques minéraux**

Ce sont essentiellement :

- Les métaux lourds (Mercure, Plomb, Zinc, Vanadium, Chrome IV...etc.).
- Les minéraux d'origine agricole (organochlorés, organophosphorés et organométalliques).
- Les minéraux d'origine industrielle (MOUMOUNI-DJERMAKOYE, 2005).

➤ Les polluants organiques toxiques

• Pesticides

On désigne généralement sous le terme pesticide, tous les produits utilisés pour lutter contre les organismes qui portent atteinte à la santé publique en s'attaquant à tous les stades et toutes les matières, aux ressources végétales ou animales nécessaires à l'alimentation humaine, à l'industrie ou encore à la conservation de l'environnement (MOUMOUNI -DJERMAKOYE, 2005). Ils sont beaucoup plus toxiques que les détergents, puisque leur rôle est précisément la destruction des parasites des cultures qu'ils sont entraînés dans les eaux par ruissellement (ANGELIER, 2000).

• Détergents

Il s'agit de produits susceptibles de permettre des opérations de nettoyage. Les détergents sont des composés tensioactifs synthétiques dont la présence dans les eaux est due aux rejets d'effluents urbains et industriels (MOUMOUNI-DJERMAKOYE, 2005).

2.2.3.3. Les polluants biologiques

Ils sont constitués d'organismes libres et des agents pathogènes.

✚ Les organismes libres

Parmi les organismes libres présents dans l'eau, ceux qui importent sont : le plancton et les macro invertébrés (MOUMOUNI-DJERMAKOYE, 2005).

✚ Les agents pathogènes

Ils comprennent : les virus, les bactéries et les parasites. Le plus courants sont liés au péril fécal (MOUMOUNI-DJERMAKOYE, 2005).

• Les virus

Les virus sont des agents pathogènes extrêmement petits (MONOD, 1989). Ce sont les plus préoccupants en matière de transmission par l'eau des maladies infectieuses et sont essentiellement ceux qui se multiplient dans l'intestin « entérovirus ». Ils pénètrent dans l'eau par les effluents des égouts ou par contamination directe par les matières fécales (MOUMOUNI -DJERMAKOYE, 2005).

• Les bactéries

➤ Les coliformes

Les coliformes regroupent différentes espèces bactériennes appartenant à la famille des Enterobacteriaceae et dont la caractéristique est la fermentation du lactose avec production de gaz à 37 °C (CHAMPIAT ET LARPENT, 1988).

Les coliformes totaux sont des indicateurs de pollution d'origine organique dans les eaux de surface, les eaux souterraines, les sources d'approvisionnement ou les canalisations d'eau potable.

Une eau traitée ou une eau souterraine bien protégée ne devraient pas contenir de coliformes totaux, mais leur présence ne constitue pas un risque immédiat pour la santé. Le groupe des coliformes totaux inclut des espèces bactériennes qui résident dans l'intestin des animaux à sang chaud ainsi que de manière naturelle dans les sols, la végétation, l'eau des sources, les lacs et les rivières. Ce sont maintenant les coliformes fécaux où l'espèce type *Escherichia coli* qui sont les indicateurs qui conduisent à un avis d'ébullition (**CHAMPIAT ET LARPENT, 1988**).

E. coli est une espèce bactérienne appartenant au groupe des coliformes fécaux. Cette bactérie est toujours trouvée dans les matières fécales des animaux à sang chaud, mais, à la différence des coliformes totaux, elle n'est pas présente de manière naturelle dans l'environnement et ne colonise pas le biofilm des réseaux de distribution. *E. coli* est donc un indicateur spécifique d'une contamination fécale et sa présence dans l'eau indique la présence possible de microorganismes pathogènes entériques (**CHAMPIAT ET LARPENT, 1988**).

➤ Les streptocoques

Les streptocoques fécaux sont des streptocoques du groupe sérologique D de Lancefield. Ce sont des commensaux du tube digestif de l'homme et des animaux (**FERRON, 1983**) et d'excellents indicateurs de pollution fécale (**CHAMPIAT ET LARPENT, 1988**). Ce sont des coques Gram positif, en chaînettes, catalase négative et possédant l'antigène du groupe D (**LECLERC ET AL, 1983**). Cet antigène correspond au polyside C pariétal, caractéristique des streptocoques et support de la spécificité du groupe (**REJSEK, 2002**).

• Les parasites

C'est surtout le milieu physique (retenue d'eau, canal, etc.) et les caractéristiques physicochimiques qui créent les conditions propices à la prolifération des vecteurs et hôtes intermédiaires des parasites. Parmi les parasites pathogènes pour l'homme qui sont transmissibles par l'eau, les plus importants, sont : les protozoaires et les helminthes (**MOUMOUNI - DJERMAKOYE, 2005**).

➤ Protozoaires

Parmi les protozoaires intestinaux pathogènes pour l'homme et transmissibles par l'eau de boisson, on peut citer : *Entamoebahistololytica*, *Giardia intestinalis* et *Balantidium coli*. Tous ces protozoaires ont été associés à des manifestations épidémiques dues à l'eau de boisson (**MOUMOUNI-DJERMAKOYE, 2005**).

➤ Les helminthes

Une grande diversité d'œufs et de larves d'helminthes a été décelée dans l'eau de boisson. Ils ne sont pas nécessairement véhiculés par l'eau mais ceux pouvant être véhiculés par l'eau de boisson sont : les Trématodes, les Cestodes et les Nématodes (**MOUMOUNI-DJERMAKOYE, 2005**).

3. description de la zone d'étude

3.1. Présentation de la zone d'étude

3.1.1. Situation géographique

La zone d'étude s'étend de la jonction de l'oued el-Cheref et l'oued Bouhamdane au lieu dit Medjez Amar jusqu'à la jonction avec Oued Hammam Bradeaa d'une longueur de 20 km. C'est la plaine alluviale du haut Seybouse (**Figure 2**) (**ANNONYME 4**).

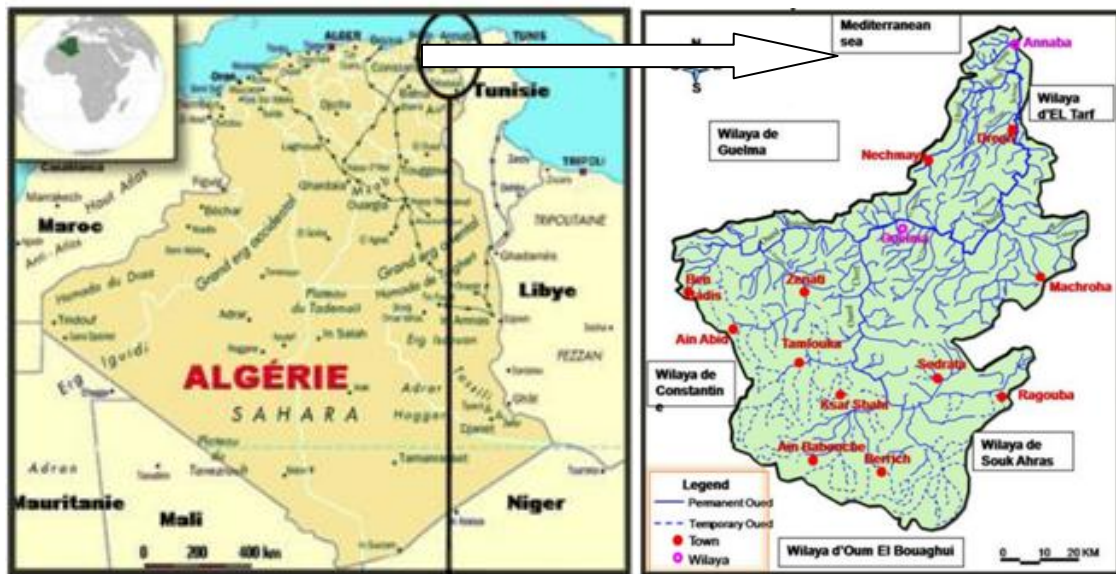


Figure n°2 : Carte de situation du bassin de la Seybous (**ANNONYME 4**)

Oued seybouse prend sa source à Medjez Amar (point de rencontre entre Oued Charef et Oued Bouhamdane) (**figure 3**). Il traverse la plaine Guelma – Bouchegouf sur plus de 45 Km du Sud au Nord. Son apport total est estimé à 408 millions m³/an à la station de Boudaroua (commune de Ain Ben Beida). (**ANONYME 3**).



Figure n°3 : oued Seybouse. (ANNONYME 4)

3.1.2. Situation géologique

Les terrains affleurant dans la région de Guelma sont représentés par des formations allant du Néocomien au Plio-Quaternaire (**RAOULT J.F., 1974**).

3.1.3. Lithologie

La région de Guelma s'inscrit dans le cycle de l'érosion, le principal agent modificateur est l'eau. Cette région présente des différents groupes lithologique qui dépendent des conditions climatiques, géologique et également de la tectonique :

- Roches résistantes : des dolomies noires jurassiques, calcaires et grés.
- Roches moyennement résistants : marno-calcaire, conglomérat et marnes.
- Roches meubles : marnes et argiles

Les principales formations superficielles observées dans cette région : éluvions, colluvions, alluvions, la haute terrasse, la moyenne terrasse et la basse terrasse (**AGID in BOUCHIHEB M.,2001**).

3.1.4. Climat

L'Algérie occupe une vaste étendue territoriale, sa superficie dépasse les deux millions de Km². Plus de 4/5 de sa superficie est désertique. D'où une large variété géographique et climatique allant du littoral au désert. La classification climatique en Algérie permet de distinguer quatre zones principales (**BOUKHROUH F, 1970**).

Zone A : Littoral marin.

Zone B : Arrière littoral montagne.

Zone C : Hauts plateaux.

Zone D : Pré-saharien et saharien.

Le climat de Guelma est celui de l'arrière littoral montagne (Zone B). Déterminé par des hivers plus froids et plus longs et des étés chauds et moins humides que ceux du littoral.

A rappeler que pour définir les climats on devra s'appuyer constamment sur les données moyennes et extrêmes. D'où peuvent se mesurer les amplitudes moyennes des températures annuelles entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid, et amplitude des extrêmes absolues de températures quotidiennes (entre le maximum diurne et minimum nocturne) (BOUKHROUH F, 1970).

3.1.4.1. Température

L'interprétation des données climatiques de Guelma, période 1995-2004 (**Figure n°6**) fait ressortir que la température annuelle moyenne est de 17.9°C avec 27.7°C en août (le mois le plus chaud) et 10°C en janvier (le mois le plus froid). Les extrêmes absolus enregistrés varient entre -3.5°C au mois de janvier à 47°C au mois de juillet. Les amplitudes mensuelles ne sont pas très contrastées comparées aux amplitudes annuelles qui dépassent les 31.6°C. Ce qui distingue la période chaude de la période froide. (BOUKHROUH F, 1970)

3.1.4.2. Précipitations

La répartition des précipitations à Guelma est marquée par une durée de sécheresse durant l'été, avec un minimum de 2.6mm enregistré en juillet. Le reste des saisons est marqué par des précipitations considérables. Le total annuel est de 688.3 mm avec un maximum de 137.7 mm enregistré en décembre. Près de 57% de la pluviométrie est enregistrée pendant la saison humide. (BOUKHROUH F, 1970).

3.1.4.3. Humidité

La moyenne mensuelle de l'humidité relative dépasse les 68.3 % avec une moyenne maximale de 94.2% et une moyenne minimale de 29.1%. Les valeurs des humidités moyennes maximales laissent penser à un climat humide ou sub-humide. D'après le calcul d'indice d'aridité de Martonne (Im) Donc le climat de Guelma est un climat sub-humide. (BOUKHROUH F, 1970).

3.1.4.4. Vents

Les vents prédominants à Guelma sont d'une vitesse moyenne qui varie de 1.46 à 2m/s pour une moyenne annuelle de 1.80 m/s. Mais il est enregistré 36.2 j/an de Sirocco.

Les vents à Guelma sont de diverses directions. Ceux de Nord-Ouest avec une moyenne de 23.77%, ils atteignent leur maximum au mois de décembre et leur minimum au mois de juillet avec 10.36%. A l'inverse les vents Nord-est sont plus fréquents au mois de juillet, avec un maximum de fréquences entre les mois d'octobre et février. Enfin le sirocco se manifeste au Nord plus qu'au Sud de la région, surtout en juillet de 6 à 7 jours en moyenne. C'est un vent chaud et desséchant très néfaste pour les cultures. (BOUKHROUH F, 1970).

3.1.4.5. Diagramme pluviothermique de Guelma

Le diagramme pluviothermique de Guelma (Figure 4), fait distinguer deux périodes : La première froide et humide où la courbe de précipitations est au dessus de celle des températures. La seconde est considérée chaude et sèche. La période humide débute d'octobre à avril et la période sèche s'étale de mai à octobre (DPAT, 2004 In BOUCHIHEB M., 2001).

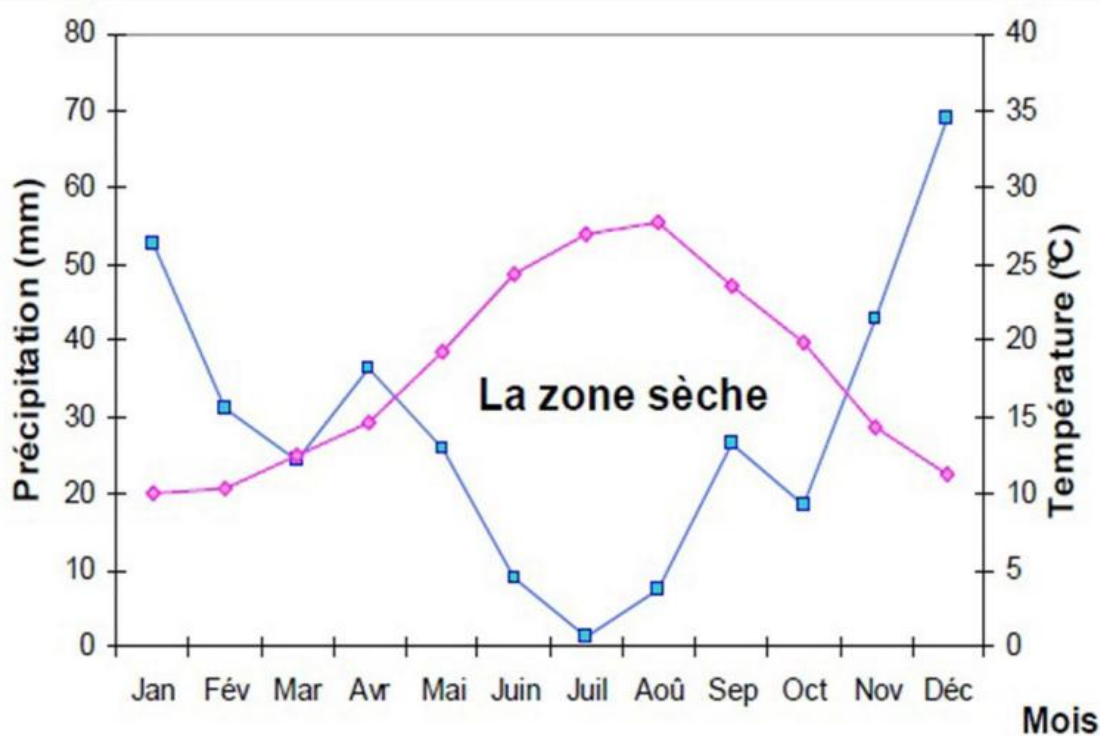


Figure n°4 : Diagramme pluviothermique de la région de Guelma. (DPAT, 2004 In BOUCHIHEB M., 2001).

3.1.4.6. Evaporation

L'évaporation mensuelle atteint un maximum de 186.8mm au mois de juillet et un minimum de 49.6mm en février. L'évapotranspiration potentielle (ETP) calculée est de l'ordre de 994 mm (ZEDDOURI A., 2003).

3.1.5. Microclimat

Le territoire Guelmois se caractérise par un microclimat sub-humide au centre et au Nord, et semi aride vers le Sud. La diversité des microclimats est due à l'influence de plusieurs

paramètres qui participent simultanément, surtout à l'élévation du taux d'humidité comme son rapprochement par rapport à la mer (60Km), la présence de oued Seybouse, le massif forestier intense, les sources thermales et les barrages (DPAT, 2004 In BOUCHIHEB M., 2001).

3.1.6. L'agriculture

D'une vocation essentiellement agricole, Guelma recèle un important potentiel. Avec 266.000 Ha de surface agricole totale, soit 72,15 % de la superficie totale.

La surface agricole utile est de près de 186.122.Ha. Une superficie de pacages et parcours de 53.473 Ha, soit 14,50 % de la superficie totale de la wilaya et 20,10 % de la SAT.

Les terres improductives de 26.405 Ha, soit 7,16 % de la superficie totale de la Wilaya et 9,92 % de la S.AT. La superficie irrigable est près de 17.343 Ha, soit 9,35 % de la SAU. (S.A.G, 2004 IN BOUCHIHEB M., 2001). (Figure 5).

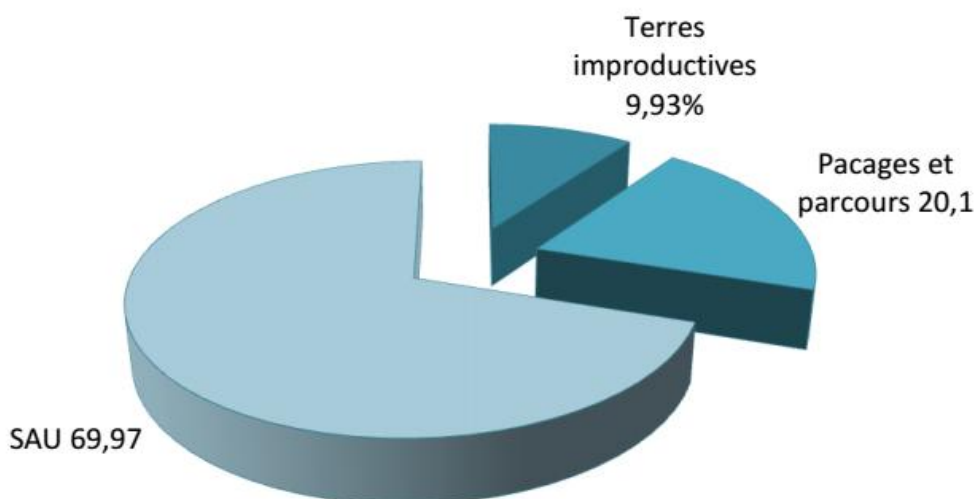


Figure n°5 : Répartition de la superficie agricole/STA de la région de Guelma (SERVICES AGRICOLES DE GUELMA, 2000 IN BOUCHIHEB M., 2001).

3.1.7. Occupation des sols

Les sols qui avoisinent l'oued Seybouse sont essentiellement à vocation agricole, de nombreux types de cultures sont présents : cultures fruitières, cultures maraîchères, Céréaliculture, cultures industrielles. L'ensemble de ces cultures sont irrigué et puise leur eau de l'oued de même que les eaux de drainage sont rejeté dans l'oued avec leur charge en e élément polluant (DPAT, 2004 In BOUCHIHEB M., 2001).

3.2 Technique d'échantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à la quelle le plus grand soin doit être apporté, il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène et représentatif, et ne pas modifier les caractéristiques physico – chimiques de l'eau (RODIER, 1984).

3.2.1 Critère de choix des sites

Les raisons qui sont à l'origine du choix des sites sont :

- le degré de saturation en eau (nappe souterraine ou superficielle).
- la représentativité des sites de prélèvement à l'ensemble de la zone.
- l'accessibilité plus au moins facile à ces milieux.

3.2.2. Les stations étudiées

Nous avons réalisé un échantillonnage le long d'un transect de 12 km de longueur qui commence de la jonction des deux affluents (Oued Charef et Oued Bouhamdane) et qui se termine au niveau de la jonction Oued Bradeaa et l'Oued Seybouse (Tableau 8) ; (Figure 6 et 7).

Tableau n°8 : Stations étudiées.

N°station	Nom	Latitude	Longitude	Altitude
1	Bouhamdane	36°26'35	7°18'37	254m
2	Charef	36°26'33	7°18'40	247m
3	La station de relevage	36°26'32	7°18'56	245m
4	Usine de carrelages	36°28'04	7°20'17	239m
5	Affluent de Seybouse	36°28'59	7°21'26	225m
6	Jonction Oued Lebradeaa	36°29'22	7°26'46	118m



Figure n°6 : les stations de prélèvement.

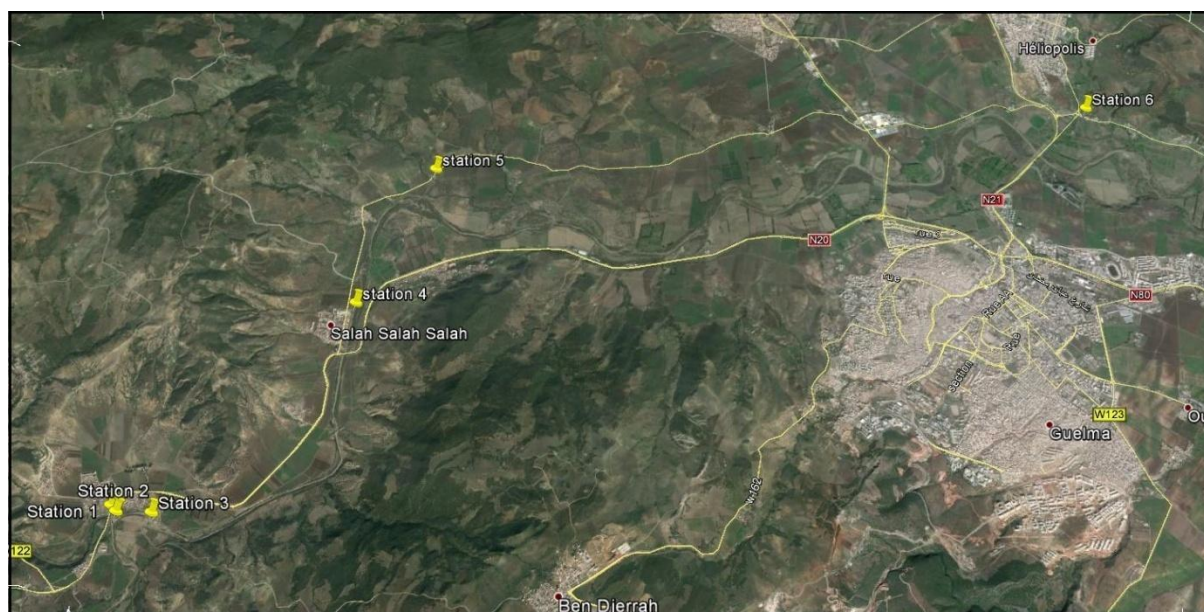


Figure n°7 : Répartition des stations étudiées le long de l'oued Seybouse.

3.2.3 Méthodes de prélèvement

les prélèvements ont été faits manuellement, à partir du plan d'eau, les bouteilles ont été plongées à une profondeur de 10-15 cm.

Elles ont été rincées plusieurs fois avec de l'eau à prélever puis remplies jusqu'au bord. Le bouchon sera placé de telle façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport (**RODIER, 1984**).

3.2.3.1 Choix du contenant

Les échantillons d'eau ont été prélevés dans des contenants en matière plastique pour trois raisons majeures :

- la facilité qu'ils présentent pour le transport.
- leur résistance par rapport au contenant en verre.
- la disponibilité (flacons de récupération).

3.2.3.2 Conservation des échantillons

Entre les prélèvements et analyses les échantillons ont été conservés à basse température (4°), la congélation a été également utilisée et ce à fin d'éviter les transformations chimiques, physiques ou biologiques qui peuvent avoir lieu (**RODIER, 1984**).

3.2.3.3 Période d'échantillonnage

L'opération d'échantillonnage a été réalisée en deux périodes établis selon le diagramme ombrothermique de fin de période humide qui correspond en même temps au début de la période sèche (**BOUCHIHEB M., 2001**).

C'est ainsi que l'opération d'échantillonnage s'est effectué, début de Mars pour la saison humide, et début de Mai pour la saison sèche.

3.4 Méthodes d'analyses

3.4.1 Examens préliminaires

a- Filtration

La filtration doit avoir lieu avant tout dosage et dès l'arrivée de l'échantillon au laboratoire car elle conditionne souvent la validité des résultats en diminuant les risques d'évolution des eaux

Les échantillons prélevés ont été filtrés sur papier filtre dont le diamètre des pores est de $0.45\mu\text{m}$ (CHELGHOUM, 1997).

b- Détermination des matières en suspension (MSE)

Méthode par filtration : l'eau est filtrée et le poids de matière retenu par le filtre est déterminé par pesée différentielle (RODIER, 1984).

c-Détermination du résidu sec

Une certaine quantité d'eau est évaporée dans capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé (RODIER, 1984).

3.4.2. Mesures physico-chimiques

a- pH (mesure électrométrique)

Le pH indique la concentration en ions H^+ présents dans l'eau (RODIER, 1978). Pour mesurer le pH, nous avons utilisé un pH-mètre étalonné.

b-La conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau est liée à la présence des ions et augmente avec la température et la concentration en sels dissous (RODIER, 1978). Elle est mesurée par un conductimètre étalonné.

3.4.3. Mesures chimiques

Les eaux naturelles contiennent toujours des sels minéraux, et une grande part de l'analyse chimique d'une eau consiste à doser les anions et les cations les plus abondants et qui forment ces sels minéraux (RODIER, 1978).

a-Dosages des anions

Les carbonates (CO_3^{2-}) et les bicarbonates (HCO_3^-) : les carbonates alcalins, facilement solubles à l'eau ne se trouvent que dans les sols salés à alcalis. Les carbonates alcalino-terreux, solubles dans l'eau chargée en gaz carbonique constituent l'essentiel des sols calcimagnésiques (RODIER, 1978)

Les chlorures (Cl^-) : le chlore est dosé par la méthode de MOHR (argentométrie) : on précipite le chlore par des nitrates d'argent titré en présence de chromate. L'apparition du précipité rouge de chrome d'argent indique la fin de la réaction (**RODIER,1978**).

Les sulfates (SO_4^{2-}) : le dosage des sulfates se fait par gravimétrie après précipitation à l'état de sulfate de baryum (**RODIER,1978**).

Les composés phosphorés : (les ortho-phosphates) : le phosphore peut exister dans les eaux en solution ou en suspension, à l'état minéral et organique, et sous la forme de différents composés (**RODIER, 1978**).

b- Dosages des cations

Le calcium (Ca^{++}) et le magnésium (Mg^{+2}) : par titrimétrie (**RODIER,1978**).

4. Résultats et discussion

Les résultats de mesures des différents paramètres sont présentés ci-dessous. Leur présentation graphique pour chacun des paramètres permet de mieux montrer les éventuelles variations et peuvent faciliter les interprétations.

4.1. Résultats des analyses physicochimiques

4.1.1. Mesure du pH

Les valeurs recueillies par le pH-mètre sont mentionnées dans le (Tableau 9) et La (Figure 8).

Tableau n°9: Résultats des mesures du pH des sites étudiés.

N° Station	1	2	3	4	5	6
Période 1	8.06	8.36	8.27	8.18	8.34	8.29
Période 2	7.48	7.67	7.64	7.68	Sec	7.74

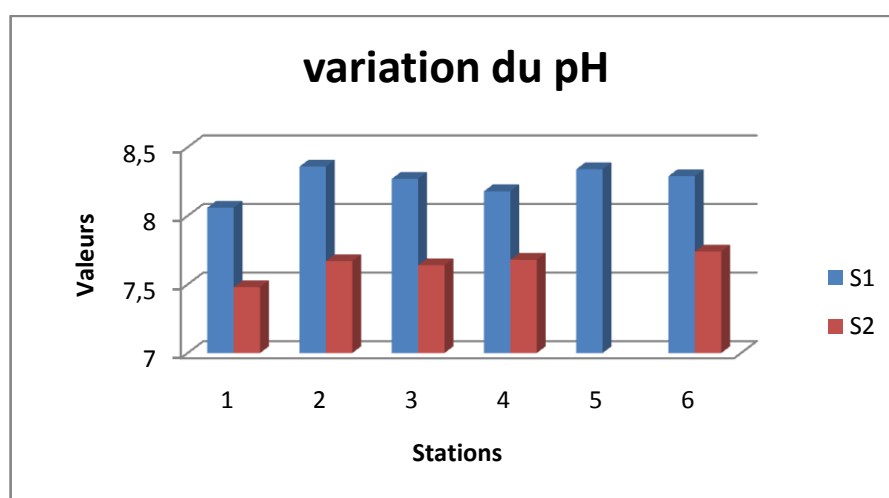


Figure n° 8 : Variation du pH selon les stations étudiées.

Le pH exprime l'acidité ou l'alcalinité d'une eau suivant respectivement quand sa valeur se trouve dans la bande de 0 à 7 ou de 7 à 14 et la valeur 7 correspond au pH neutre.

Les valeurs des mesures montrent que les eaux de nos stations sont basiques avec des valeurs supérieures à 8 durant la première période alors que la deuxième période les valeurs sont relativement neutralisées suite à la précipitation qu'a connue la région en fin du mois d'Avril.

Durant la première période se sont les eaux de l'oued Charef qui présentent plus d'alcalinité car ces eaux traversent des terrains riches en sels et en calcaire en particulier.

4.1.2. Mesure de la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Les résultats des mesures effectuées sont reportés dans Le (**Tableau 10**) et La (**Figure 9**).

Tableau n°10: Résultats des mesures de la conductivité électrique.

N° Station	1	2	3	4	5	6
Période 1	626	1092	842	902	740	760
Période 2	538	1394	813	966	Sec	825

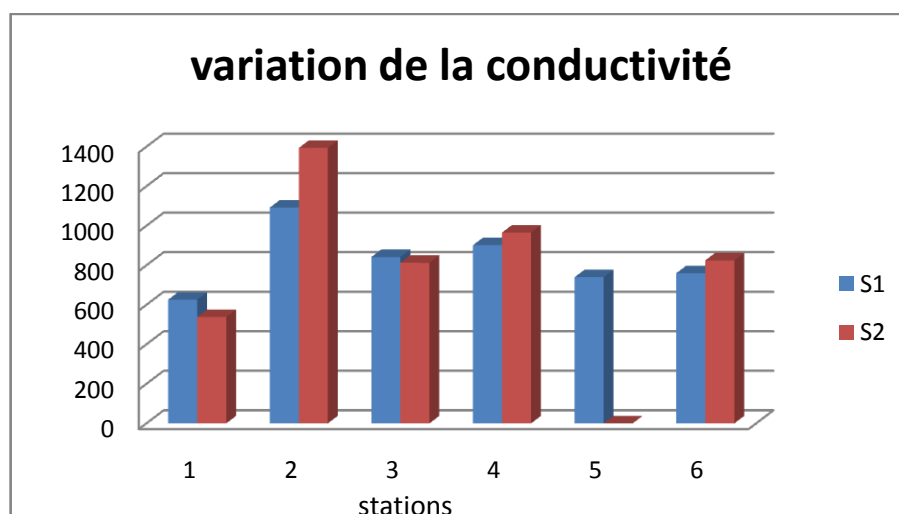


Figure n°9 : Variation de la conductivité électrique selon les stations étudiées.

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement la minéralisation globale de l'eau (**RODIER ,2007**). Sa mesure donne une estimation de la qualité de sels ionisables dissous (la salinité).

La conductivité est également fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente. (**RODIER ,2007**).

Les valeurs de la conductivité électrique des échantillons d'eau varient entre $626\mu\text{S}/\text{cm}$ « Oued Bouhamdane » et $1092\mu\text{S}/\text{cm}$ « Oued Charef » durant la première période, les autres stations ont des valeurs intermédiaires, tandis que durant la deuxième période les valeurs change peut et garde la même distribution.

Les valeurs obtenues ne présentent aucun risque actuel de salinisations des sols. Il est à remarquer que le maximum d'électrolyte son solubilisé dans les eaux de l'oued charef.

4.1.3. Mesure des matières en suspension (mg/l)

Les quantités de matières en suspension obtenues par cette analyse sont indiquées dans le (Tableau 11) et La (Figure 10).

Tableau n°11: Résultats des mesures des MES (mg /l).

N° Station	1	2	3	4	5	6
Période 1	0.0071	0.7393	0.2346	0.45	0.0004	0.002
Période 2	0.0078	0.0098	0.005	0.0032	Sec	0.0757

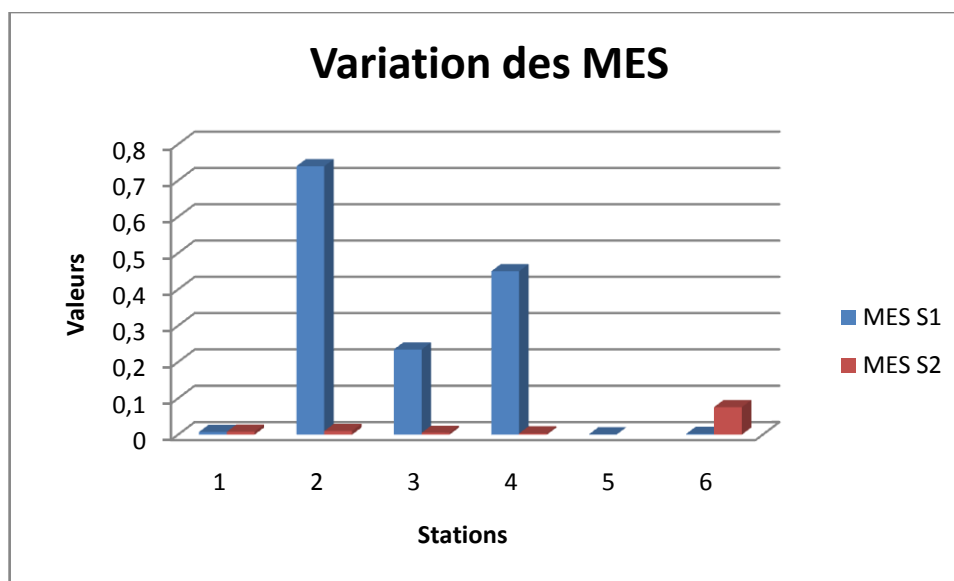


Figure n°10 : Variation quantitative des matières en suspension selon les stations étudiées.

La teneur, l'origine et la composition minérale des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau.

Les matières en suspension sont définies comme étant l'ensemble de la matière non soluble qui reste en suspension ou se dépose dans le cours d'eau en absence de facteurs de turbulence.

Les teneurs enregistrées des matières en suspension des échantillons d'eau sont maximale (0.7 mg/l) au niveau de l'Oued Charef, diminue juste après la jonction et le long du cours d'eau cela pour la première période alors que durant la deuxième phase d'échantillonnage le cour d'eau semble moins chargé.

4.1.4. Mesure des résidus secs (mg/l)

Les quantités des résidus secs présentes dans l'eau des sites étudiés sont mentionnées dans Le (Tableau12) Et La (Figure11).

Tableau n°12: Résultats des mesures de résidus secs (mg /l).

N° Station	1	2	3	4	5	6
Période 1	0.0623	0.5459	0.2518	0.51	0.0118	0.0559
Période 2	0.018	0.0957	0.0489	0.0608	sec	0.105

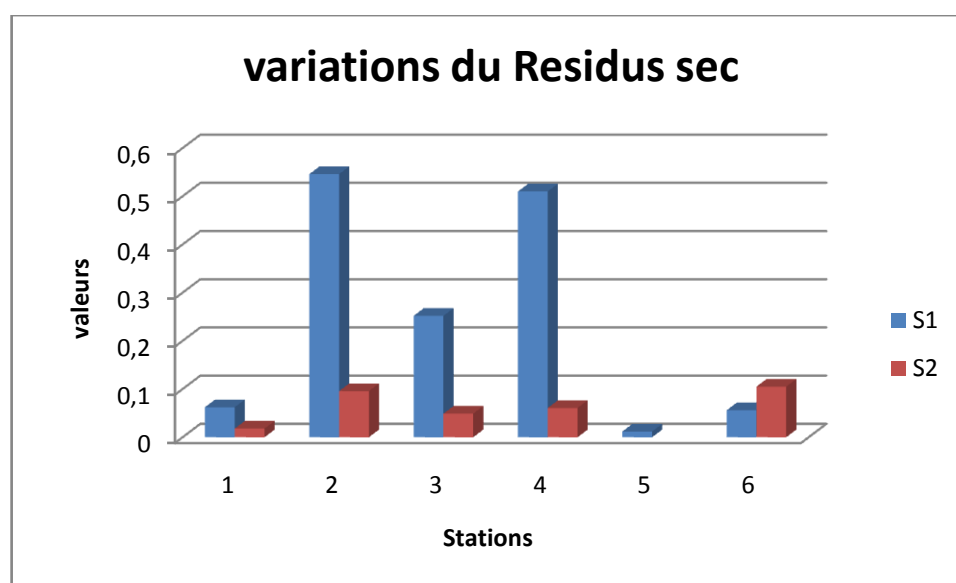


Figure n°11 : Variation quantitative des résidus secs selon les stations étudiées.

Le résidu sec représente la quantité d'éléments minéraux contenus dans les matières en suspensions de l'eau, les résultats montrent que notre eau est très riche en sels soluble dans l'Oued Charef avec une valeur maximale de 0.556 mg/l et très pauvre en sels dans l'Oued Bouhamdane avec une valeur minimale de 0.062 mg/l, le mélange des deux eaux permet un enrichissement des eaux de l'oued mais ce gain reste acceptable cela pour les deux périodes.

Cette richesse ne présente aucun risque pour utilisation de cette eau en irrigation.

4.1.5. Mesure des chlorures (Cl⁻)

Les valeurs de mesure de ce paramètre sont consignés dans le (Tableau 13) et la (Figure12)

Tableau n°13: Résultats des mesures de la concentration des chlorures (mg /l).

N° Station	1	2	3	4	5	6
Période 1	0.4	0.4	0.2	0.4	0.5	0.2
Période 2	1.6	1.2	3.8	2.2	Sec	0.6

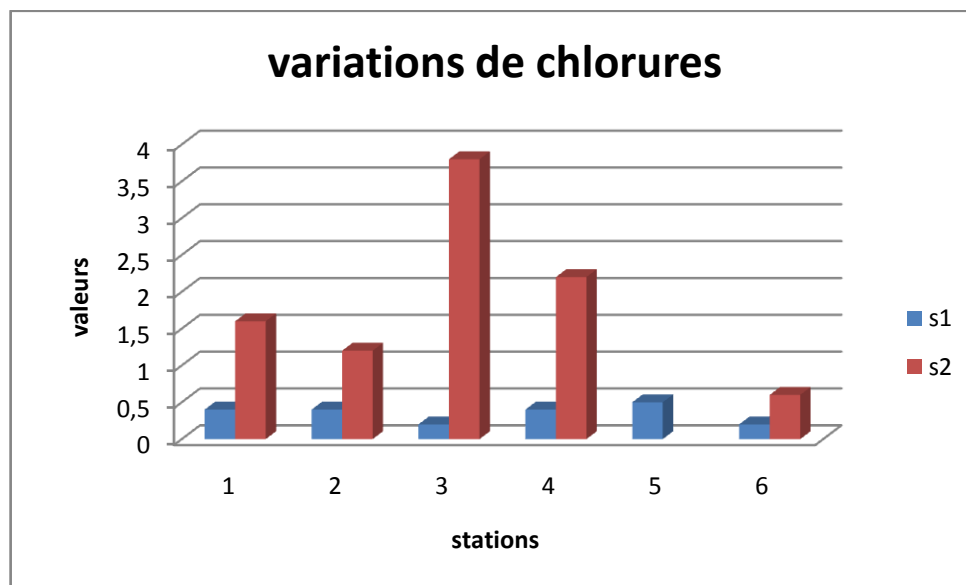


Figure n° 12 : Variation de la concentration en ions chlorures selon les stations étudiées.

Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés (RODIER ,2007).

On remarque que les teneurs en chlorures sont faibles et presque identique dans l'ensemble des stations étudiés durant la première période, alors que durant la second période nous enregistrons une augmentation sensible dans les eaux de l'oued cela est expliqué par la présence des engrais chloruré utilisé durant cette période.

4.6. Mesure des Sulfates (SO₄²⁻)

Les résultats des mesures qu'on a effectuées sont indiqués dans le (Tableau 14) et la (Figure13).

Tableau n°14: Résultats des mesures des ions sulfates (mg /l).

N° Station	1	2	3	4	5	6
Période 1	13.7	52.7	29.7	38.37	35.03	9.7
Période 2	191.37	215.37	142.33	129.37	sec	112.7

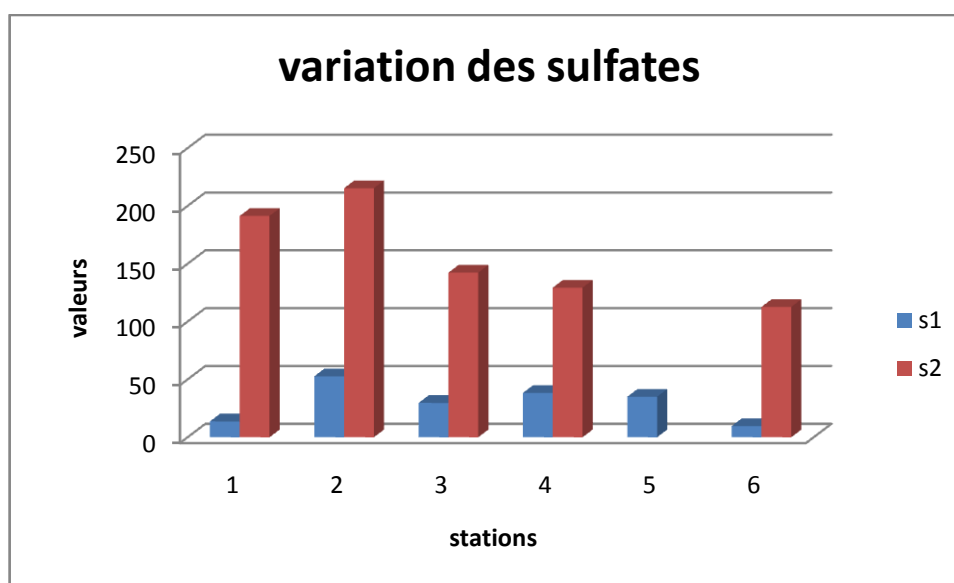


Figure n° 13 : Variation de la concentration en ions sulfates selon les stations étudiées.

La concentration en ions sulfate des eaux naturelles est très variable. Elle doit être liée aux éléments alcalins et alcalinoterreux de la minéralisation.

En ce qui concerne l'écotoxicité éventuelle des sulfates, les chercheurs Nisbet et Verneaux qualifient de « normales » les eaux présentant une concentration en sulfates inférieure ou égale à 20 mg/l et de « particulières, plus ou moins séléniteuses ou polluées » les eaux de concentration comprise entre 20 et 120 m/l (RODIER ,2007).

Les sulfates sont faible durant la première période dans l'ensemble du cours d'eau alors que durant la deuxième période nous enregistrons une augmentation sensible qui peut être liée au lessivage des engrais utilise sur les terrains agricoles voisins.

4.1.7. Mesure des carbonates (CO₃²⁻).

Les résultats des mesures qu'on a effectuées sont indiqués dans le (**Tableau15**) et la (**Figure 14**).

Tableau n°15: Résultats des mesures des ions carbonates (mg /l).

N° Station	1	2	3	4	5	6
Période 1	00	00	00	00	00	00
Période 2	30.4	29.6	33.6	32	sec	24

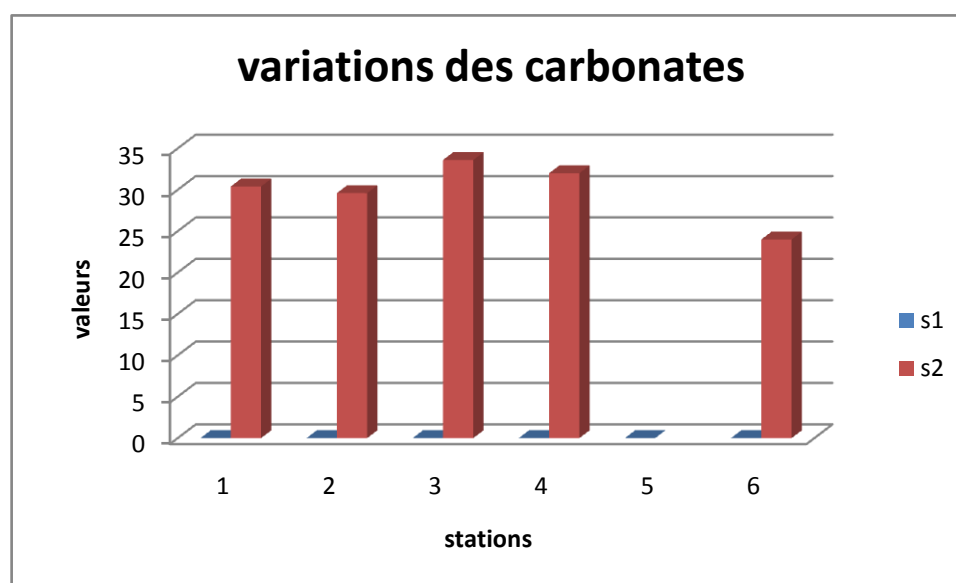


Figure n° 14 : Variation de la concentration en ions Carbonates selon les stations étudiées.

Les carbonates sont généralement issus de la dissociation des carbonates de calcium, durant la première période ces ions étaient totalement absents, mais au cours de la deuxième période nous avons noté une forte concentration dans l'ensemble des stations.

4.1.8. Mesure Bicarbonates (HCO_3^-).

Les résultats des mesures qu'on a effectuées sont indiqués dans le (**Tableau 17**) et la (**Figure16**).

Tableau n°16 : mesures des ions bicarbonates (mg /l).

N° Station	1	2	3	4	5	6
Période 1	00	00	00	00	00	00
Période 2	2.8	3.2	8.8	2	Sec	14.4

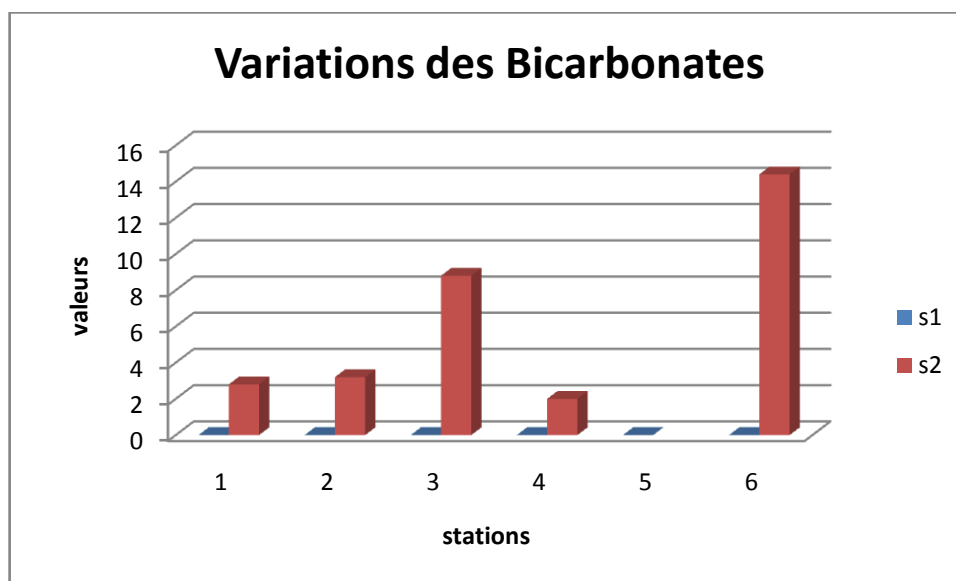


Figure n° 15 : Variation de la concentration en ions bicarbonates selon les stations étudiées.

Les bicarbonates sont généralement issus de la réduction des carbonates, durant la première période ces ions étaient totalement absents, mais au cours de la deuxième période nous avons noté une teneur qui augmente surtout au niveau de la dernière station (**Figure 15**).

4.1.8. Mesure des Ortho phosphates.

Les résultats des mesures qu'on a effectuées sont indiqués dans le (**Tableau 17**) et la (**Figure 16**).

Tableau n°17 : mesures des ions Ortho phosphates (mg /l).

N° Station	1	2	3	4	5	6
Période 1	0.0052	0.015	0.52	3.5	0.011	0.463
Période 2	0.984	0.063	0.042	0.068	sec	1.2

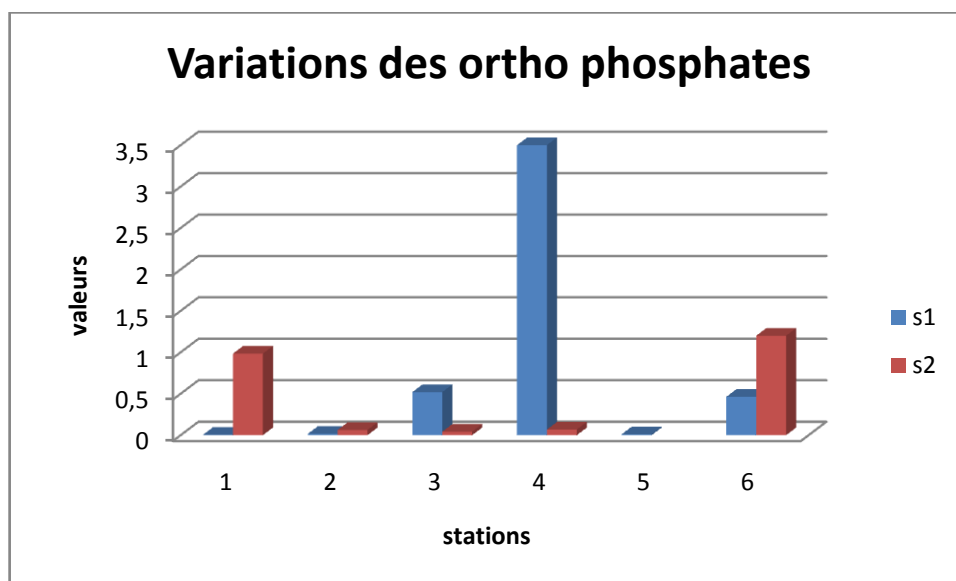


Figure n°16 : Variation de la concentration en ions des ortho-phosphates selon les stations étudiées. Généralement les ortho-phosphates proviennent soit des engrais apporté ou de la pollution.

Dans les stations étudiées et durant la première période les valeurs obtenues sont négligeable par contre durant la deuxième période, seule la station de l’unité de carrelage présente des valeurs très élevés.

4.1.9. Mesure du magnésium (Mg^{++})

Les résultats des mesures qu’on a effectuées sont indiqués dans le (**Tableau 18**) et la (**Figure 17**).

Tableau n°18 : Résultats des mesures des ions magnésium (mg /l).

N° Station	1	2	3	4	5	6
Période 1	6.4	11.5	6	9.4	12.2	7.2
Période 2	29.1	15.4	18.2	10.5	sec	17

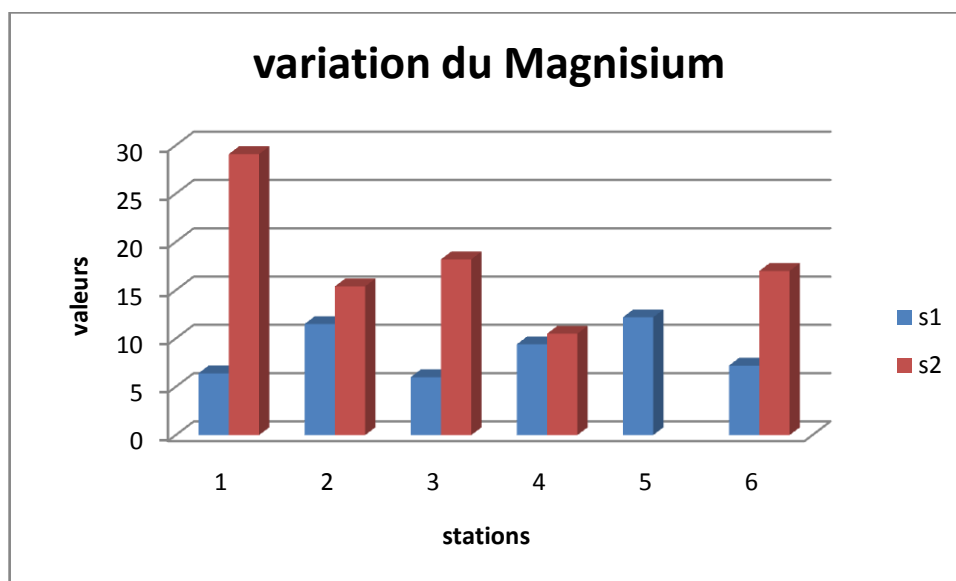


Figure n° 17 : Variation de la concentration en ions magnésium selon les stations étudiées.

Le magnésium est plus important dans l’Oued Charef qui traverse des roches calcaires et qui sont enrichis en Mg^{++} .durant la première période par contre durant la deuxième période, nous enregistrons une homogénéité dans les teneurs le long de l’oued sauf au niveau de Bouhamdane.

4.1.10. Mesure du Calcium (Ca^{++})

Les résultats obtenus du calcium sont mentionnés dans le (Tableau 19) Et La (Figure 18).

Tableau n°19: Résultats des mesures des ions calcium (mg /l).

N° Station	1	2	3	4	5	6
Période 1	11.5	18.1	12.9	11	16.2	19
Période 2	20.1	7.3	3.9	7.2	Sec	23.8

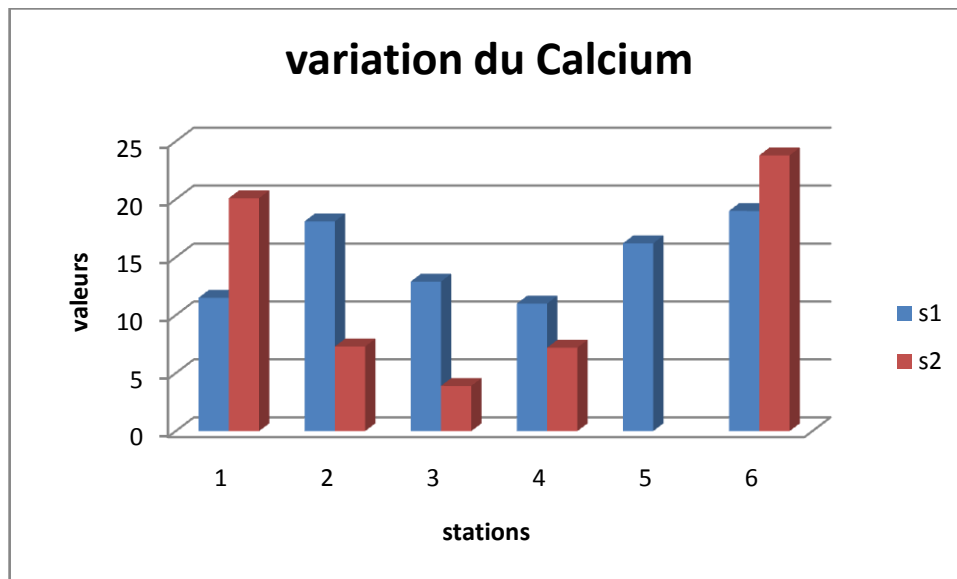


Figure n°18 : Variation de la concentration en ions calcium selon les stations étudiées.

Les résultats des analyses montrent que les teneurs en calcium sont très faibles dans les eaux de l'Oued quelque soit la période. Elle ne dépasse pas 25mg/l.

RESUME

La caractérisation physico-chimique des eaux de l'oued Seybouse, prélevée sur une partie longue de 12km qui commence avant la jonction de deux principaux affluant : Charef et Bouhamdane et se termine par la jonction avec Chaabat Hammam Bradaa.

Six stations ont été échantillonné quatre au niveau des eaux de l'oued alors que les dernières stations sont situé sur des affluant secondaire et qui draine les eaux de lessivage des terres agricole avoisinantes.

Les analyses réalisées ont porté sur des paramètres indiquant les possibilités de pollution en utilisant des protocoles appropriés

Les résultats obtenus révèlent que les eaux de l'oued Charef sont plus chargé en matière solide et en sel soluble que celle de Bouhamdane .

Il ressort de cette étude que la qualité des eaux de l'Oued Seybouse varie en fonction de son l'origine d'une part et en fonction des pratiques culturale, car le lessivage des engrais est décelable d'où la nécessité de contrôler les apports afin d'évité une pollution de l'eau et perte économique.

Mots clés : Eau, Oued Seybouse, Pollution.

ABSTRACT

The physicochemical characterization of the waters of the Oued Seybouse, taken from a 12km long part of that begins before the junction of two main tributary: Charef and bou hamdane and ends with the junction with Chaabat Hammam Bradaa.

Six stations were sampled at four of the waters of the river while the last resort is located on the secondary tributary that drains and leachate from surrounding agricultural land. The analyzes have focused on parameters indicating the possibilities of pollution using appropriate protocols

The results show that the waters of the Oued Charef are loaded solids and soluble salt than bou hamdane.

It appears from this study that the quality of water of the Oued Seybouse varies depending on its origin on the one hand and according to cultivation practices, as the leaching of fertilizers is detectable hence the need to control inputs avoided to water pollution and economic loss.

Key Words: Water, Seybouse, Pollution.

المخلص

الخصائص الفيزيوكيميائية لعينات المياه المأخوذة من جزء طويل يقدر بحوالي 12km من وادي سيبوس, و التي تبدأ قبل تقاطع التدفقين الرئيسيين لكل من : وادي الشارف و واد بوهمدان. و التي تنتهي مع تقاطع كل من شعبة حمام برادع.

أخذت عينات من ست محطات, أربع من مياه الوادي, بينما تقع المحطات الأخيرة على الجداول و التدفقات الثانوية والتي تستنزف مياه الرشح من الأراضي الزراعية المجاورة.

و قد ركزت التحاليل المستعملة على المعايير التي تشير الى احتمالات التلوث و هذا عن طريق استخدام بروتوكولات مناسبة.

و قد أظهرت النتائج المحصل عليها أن مياه وادي الشارف محملة بالمواد الصلبة و الملح القابل للذوبان أكثر من مياه وادي بوهمدان.

ويتضح من هذه الدراسة أن نوعية مياه وادي سيبوس تختلف تبعاً لمصدرها من جهة , و من جهة أخرى وفقاً للممارسات الزراعية, وهذا راجع لتسرب الأسمدة الغير قابلة للكشف وبالتالي يستلزم السيطرة على استهلاكها لمنع تلوث المياه والخسائر الاقتصادية.

الكلمات المفتاحية : ماء , واد سيبوس , التلوث.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Abdelbaki C. Et Boukli Hacène F. (2007). Etude Du Phénomène De Dégradation Des Eaux Souterraines Du Groupement Urbain De Tlemcen ; *Revue Des Energies Renouvelables Vol. 10 N°2 (2007) 257 – 263.*
 2. Amira W. (2008). *Degré De Contamination De L'eau De La Mare Redjla (Taher) Par Les Nitrates : Détermination De La Qualité Physicochimique Et Microbiologique De L'eau. Mémoire De Magister. Université De Jijel. 103 P.*
 3. Anonyme 1 : Université De Saskatchewan, 1984. Centre Du Développement De L'irrigation
 4. Anonyme2 : [Www.Wikipedia.Com](http://www.wikipedia.com).
 5. Anonyme 3 : [Http://En.Wikipedia.Org/Wiki/Seybouse_River](http://en.wikipedia.org/wiki/Seybouse_River).
 6. Anonyme 4 : [Www.Google-Map.Com](http://www.google-map.com).
 7. Angelier E. (2000). *Ecologie Des Eaux Courantes. Tec & Doc. 199 P.*
 8. Ayers R.S. Et Westcot D.W., 1994. Water Quality For Agriculture. Fao. Irrigation And Drainage Paper. N° 29 Rev. 1 Fao, Rome.
 9. Bahmed L., Djebabra M. Et Abibsi A. (2004). Démarche D'intégration Du Concept Qualité – Sécurité - Environnement Aux Systèmes D'alimentation En Eau Potable. *Larhyss Journal, N° 03. 115-128.*
 10. Baghdali L., 2007. La Réutilisation Des Eaux Usées Epurées Pour L'irrigation En Algérie Exposé A Rabat, 9-12 Juillet 2007.
 11. Bensaoula F., Adjim M. Et Bensalah M. (2007). L'importance Des Eaux Karstiques Dans L'approvisionnement En Eau De La Population De Tlemcen. *Larhyss Journal, N° 06, Pp. 57-64.*
 12. Berne F. ; Cordonnier J., 1991. Traitement Des Eaux, Epuration Des Eaux Résiduaire De Raffinage, Conditionnement Des Eaux De Réfrigération, Ed Technip, Paris, France.
 13. Bliefert C. Et Perraud R. (2001). *Chimie De L'environnement : Air, Eau, Sol, Déchets. 1^{ère} Edition. De Boeck & Larciensa, Bruxelles. 477 P.*
 14. Boeglin J.C. (2006). *Contrôle Des Eaux Douces Et De Consommation Humaine. Dans: Techniques De L'ingénieur W1: Technologie Des Eaux. Techniques De L'ingénieur. Chap.P4 210, Pp : 1-24.*
-

15. Boeglin J.C. (2006). *Propriétés Des Eaux Naturelles. Dans : Techniques De L'ingénieur WI : Technologie Des Eaux. Techniques De L'ingénieur. Chap.G1 110, Pp: 1-8.*
 16. Bouchiheb M., 2001. *Contribution A La Mise En Valeur Agricole Du Périmètre Irrigué De La Plaine De Guelma. Mémoire D'ingénieur, Option : Aménagement Rural Et Milieu Physique. Université Badji Mokhtar – Annaba.*
 17. Boudjadja A., Messahel M. Et Pauc K. (2003). *Les Ressources Hydriques En Algérie Du Nord. Revue Des Sciences De L'eau, 16/3. 285-304.*
 18. Boukrouh F., (Nd). *Etude Géologique Des Dépôts Evaporitiques Du Bassin De Guelma. Mémoire De Magistère, Option : Géologie Des Substances Utiles. Université Mentouri – Constantine*
 19. Bouziani, M. ,2000. *L'eau: De La Pénurie Aux Maladies. Editions Ibn -Khaldoun, Oran, Algérie.*
 20. Cardot C. (1999). *Les Traitements Des Eaux (Procédés Physicochimiques; Cours Et Problèmes Résolus), Ellipses. 247p.*
 21. Champiat D., Larpent J.P., 1994. *Biologie Des Eaux, Méthodes Et Techniques*18
Champiat D. Et Larpent. J.P. (1988). *Biologie Des Eaux ; Méthodes & Techniques. Masson. 375.*
 22. Coulibaly K. (2005). *Etude De La Qualité Physico-Chimique Et Bactériologique De L'eau Des Puits De Certains Quartiers Du District De Bamako. Thèse De Doctorat. Université De Bamako, 55 P.*
 23. Dajoz R. (2006). *Précis D'écologie; Cours Et Exercices Résoluéedunod. 300 P*
 24. Defranceschi M. (1996). *L'eau Dans Tous Ces Etats.Ellipses. Paris. 127 P. Desjardinsing R. (1997). Le Traitement Des Eaux. 2^{ème} Edition. Ecole Polytechnique De Montréal. 304 P.*
 25. Drissi S. (2008). *Qualité Ds Eaux De Quelques Sources Dans La Région De Souk-Ahras. Mémoire De Magister. Centre Universitaire De Souk Ahras. 69 P.*
 26. Duvigneaud P. (1980). *La Synthèse Ecologique, 2^{ème} édition, Doin Editeurs, Paris. 380 P.*
 27. Faby.J.A., 1997. *Utilisation Des Eaux Usées Epurées En Irrigation, Edit Fnad.*
 28. Faruqui, N., 2003. *La Gestion De L'eau Selon L'islam. Éditions Karthala, Paris, P144.*
 29. Ferron A. (1983). *Bactériologie Médicale A L'usage Des Etudiants En Médecine. 12^{ème} édition. Editions C Et R. 370 P.*
-

30. Gény P., Waechter P. Et Yatchinovsky A. (1992). *Environnement Et Développement Rural: Guide De La Gestion Des Ressources Naturelles, Editions Frison-Roche (Ministère De La Coopération Et Du Développement, Agence De Coopération Culturelle Et Technique). 418 P.*
 31. Guerree H., Gomella C., 1978. *Les Eaux Usées Dans Les Agglomérations Urbaines Ou Rurales : La Collecte.* Edition Eyrolles, Paris.
 32. Gouaidia L., 2008. *Influence De La Lithologie Et Des Conditions Climatiques Sur La Variation Des Paramètres Physico- Chimiques Des Eaux D'une Nappe En Zone Semi Aride, Cas De La Nappe De Meskiana Nord-Est Algérien.* Thèse De Doctorat, Option : Hdrogéologie. Université Badji Mokhtar – Annaba.
 33. Habila S. (2008). *Etude De L'impact Du Barrage Beni Haroun Sur L'environnement : Effets Eco- Toxicologique. Mémoire De Magister. Université De Jijel., 176 P.*
 34. Kettab A., 1981. *Traitement Des Eaux Potables.* Edition Opu. Algérie.
 35. Kettab A., 1992. *Traitement Des Eaux : Les Eaux Potables ;* Office Des Publications Universitaires, Ben Aknoun, Alger.
 36. Koller E., 2004. *Traitement Des Pollutions Industrielles ; Eau, Air, Déchets, Sols, Boues,* Edition Dunod, Par
 37. Leclerc H., Ilarad D., Husson M.O., Watte P., Jakubeza K., 1983. *Microbiologie .*
 38. Lévêque C. (1996). *Ecosystèmes Aquatiques.* Hachette, Paris. 159 P.
 39. Leynaud J. (1976). *Modification Du Milieu Aquatique Sous L'influence Des Pollutions. Dans : La Pollution Des Eaux Continentales; Incidences Sur Les Biocénoses Aquatiques. Pesson P. Bordas, Paris. Pp : 1-21.*
 40. Masschelein W.J., 1996. *Processus Unitaire Du Traitement De L'eau Potable,* Edition Cebedoc, Sprl Liège.
 41. Mat : Ministère De L'aménagement Du Territoire, 2000. *Rapport Sur L'état Et L'avenir De L'environnement,* Algérie.
 42. Maurel A. (2006). *Dessalement De L'eau De Mer Et Des Eaux Saumâtres Et Autres Procédés Non Conventionnels D'approvisionnement En Eau Douce. 2^{ème} Edition. Tec & Doc, Lavoisier, Paris. 286 P*
 43. Medkour M., 2002. *Réutilisation Des Eaux Usées Epurées.* Forum De La Gestion De La Demande En Eau : Réutilisation Des Eaux Usées. Rabat, 26 Et 27 Mars 2002. 11 P.
 44. Mena: Middle East And North Africa: The Way Forward. The World Bank, Mena Infrastructure Development Group, 24 P.
-

45. Monod J. (1989). *Mémento Technique De L'eau. 9^{ème} Edition. T1. Dégrément. France. 591 Pages.*
 46. Moumouni-Djermakoye H. (2005). *Les Eaux Résiduaires Des Tanneries Et Des Teintureries Caractéristiques Physico-Chimiques, Bactériologiques Et Impact Sur Les Eaux Souterraines Et Les Eaux De Surfaces. Thèse De Doctorat, Université De Bamako, Niger. 116 P.*
 47. Mre : Ministère Des Ressources En Eau, 2001. *Les Ressources En Eau D'algérie. Rapport De Synthèse. Alger, Algérie. 73 P.*
 48. Ngo C. ; Regent A., 2008. *Déchets, Effluents Et Pollution Impact Sur L'environnement, 2ème Edition.*
 49. Ngô C. Et Regent A. (2004). *Déchets Et Pollution, Impact Sur L'environnement Et La Santé. Dunod, Paris. 134p.*
 50. Pedoya Ch. (1990). *La Guerre De L'eau. Genèse, Mouvement Et Echanges, Pollution Et Pénuries. Frison Roche, Paris. 155 P.*
 51. Potelon J.L. Et Zysman K. (1998). *Le Guide Des Analyses De L'eau Potable. "La Lettre Du Cadre Territoriale". S.E.P.T Voiron, Cedex. 253 P.*
 52. Ramade. F (1984). *Eléments D'écologie : Ecologie Fondamentale. Mc Gaw-Hille, Paris. 397 P.*
 53. Ramade F. (2002). *Dictionnaire Encyclopédique De L'écologie Et Des Sciences De L'environnement. 2ème Edition, Dunod, Paris. 1075 P.*
 54. Ramade. F (2003). *Eléments D'écologie : Ecologie Fondamentale, 3ème Edition. Dunod, Paris. 690 P.*
 55. Ramade F. (2005). *Eléments D'écologie : Ecologie Appliquée. Dunod, Paris. 365 P.*
 56. Raoult J. F., 1974. *Géologie Du Centre De La Chaîne Numidique (Nord Du Constantinois, Algérie). Thèse Sciences, Paris (France), Mém. Soc Géol. Fr. Nouv. Série, N°121. Doctorat, Univ De Pierre Et Marie Curie, Paris Vi (France), 2 Vol, 665p. Pp 133-140.*
 57. Rejsek F. (2002). *Analyse Des Eaux : Aspects Réglementaires Et Techniques .Scérén, 360p.*
 58. Rodier J., 1975. *L'analyse De L'eau : Eaux Naturelles, Eaux Résiduaires, Eau De Mer. Tome 1, 5^{ème} Edition.*
 59. Rodier J. (1984). *L'analyse De L'eau; Eaux Naturelles, Eaux Résiduaires, Eaux De Mer. 7^{ème} Edition. Bordas, Paris. 1334 P.*
 60. Rodier J. Et Chamsaur H. (2007). *Interprétation Des Résultats Analytiques. Dans : L'analyse De L'eau : Eaux Naturelles, Eaux Résiduaires, Eaux De Mer, 8^{ème} Edition. J. Rodier Et Coll. Dunod. Chap. G, Pp.913-1199.*
-

61. Rouleau A. Et Rasmussen H. 2006. Introduction Dans *La Détermination D'aires D'alimentation Et De Protection De Captages D'eau Souterraine*. Rasmussen, H., Rouleau, A. Et Chevalier, S. (Editeurs Scientifiques).6 Pages. Document Diffusé Par Le Ministère Du Développement Durable, De L'environnement Et Des Parcs Du Québec. [Http://Www.Mddep.Gouv.Qc.Ca/Eau/Souterraines/Alim-Protoc/Index.Htm](http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/souterraines/alim-protoc/index.htm).
 62. Roux J. C. (1990). *Les Secrets De La Terre : L'eau Source De Vie*. Éditions De Brgm, Orléans Et La Compagnie Du Lierne, Paris. 64 P.
 63. Rouyrre C., 2003. Guide De L'eau,
 64. Sigg L., Behra Ph. Et Stumm W. (2000). *Chimie Des Milieux Aquatiques : Chimie Des Eaux Naturelles Et Des Interfaces Dans L'environnement*. 3^{ème} Edition. Dunod, Paris. 567 P.
 65. Soutter M., Mermoud A. Et Musy A. (2007). *Ingénierie Des Eaux Et Du Sol: Processus Et Aménagement*. Prosses Polytechniques Et Universitaires Romandes, Lausanne. 294 P.
 66. Tamrabet L., 2011. Contribution A L'étude De Valorisation Des Eaux Usées En Maraichage.Thèse De Doctorat, Option Hydraulique. Université Hadj Lakhdar – Batna.
 67. Teixeira J. (2006). *Les Mystères De L'eau*. Dans : *Techniques De L'ingénieur W1 : Technologie Des Eaux*. Techniques De L'ingénieur. Chap. Re 53, Pp : 1-8.
 68. Touchart L. (2003). *Hydrologie : Mers, Fleuves Et Lacs*. Armand Colin. Vuef. 190 P.
 69. Toumi A., Remini B. (2004). Barrage De Foum El Gherza Face Au Problème De Fuites D'eau, *Larhyss Journal*, N° 03. 25-38
 70. Vilaginès R. (2003). *Eau, Environnement Et Santé Publique; Introduction A L'hydrologie*. 2^{ème} Edition. Tec & Doc, Lavoisier, Paris. 198 P.
 71. Vivier P. (1976). *L'eutrophisation Des Lacs : Structure, Fonctionnement Et Evolution Des Lacs*. Dans : *La Pollution Des Eaux Continentales; Incidences Sur Les Biocénoses Aquatiques*. Pesson P. Bordas, Paris. Pp : 66-87.
 72. Zeddouri A., 2003. Contribution A L'étude Hydrogéologique Et Hydrochimique De La Plaine Alluviale De Guelma (Essai De Modélisation) » Thèse De Magister En Hydrogéologie Université Badji Mokhtar, Annaba.
 73. Zerluth J. Et Gienger M. (2006). *L'eau Et Ses Secrets; Nature Et Action De L'eau Pour Une Eau De Bonne Qualité*. Déris, France. 221 P.
-

"بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ"

** وَمَا تَوْفِيقِي إِلَّا بِاللَّهِ

عَلَيْهِ تَوَكَّلْتُ

وَإِلَيْهِ أُنِيبُ **

REMERCIEMENT

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir modeste travail.

*Nous remercions chaleureusement notre directrice de recherche **Mme IBNCHERIF HAYETTE** pour l'encadrement qu'elle a su nous apporter, pour sa sincérité et sa célérité. Son esprit d'analyse et sa curiosité intellectuelle nous ont beaucoup inspirée. Merci d'avoir accepté de nous accompagner dans cette recherche.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury le président **Mr BOUCHLEGHEM.H** et l'examinatrice **M^{elle} AZZOUZ.F** pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.*

*Nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail particulièrement : **Mr BENSLAMA MOHAMED, M^{elle} ZAHRA, Mme MERIEME, Mme Wafa** de l'université de **Badji Mokhtar -Annaba.***

DEDICACE

*Je dédie ce mémoire en premier lieu à ceux qui m'ont donné la vie, qui m'ont été
la source*

*De l'amour, de la tendresse, et du courage, qui m'ont soutenu durant 25 ans... Et
mes très*

Chers parents :

MOHAMED EL BACHIR et LOUIZA ...

En priant Dieu jour et nuit qu'il les garde et les protège pour moi

Et ceux qui n'ont jamais cessé de me chérir et me soutenir :

Mes frères mostafa et abd el madjid

Et celui qui m'a offert le soutien moral, qui a été toujours présent pour moi,

Mon fiancé mohamed

Ainsi que a qui m'a offert le soutien moral, qui a été toujours présente pour moi,

Et ma chère amie ibtissam

Et la lumière de ma vie, ma très chère grand-mère «Zina »

Et tous mes oncles, à toutes mes tantes et à tous mes cousins et toutes mes cousines

Et toutes mes amies et collègues sans exception

Et tous ceux que j'aime, et à ceux qui m'aiment... de près ou de loin.

Besma

DEDICACE

*Je dédie ce mémoire en premier lieu à ceux qui m'ont donné la vie, qui m'ont été
la source*

*De l'amour, de la tendresse, et du courage, qui m'ont soutenu durant 25 ans... Et
mes très*

Chers parents :

Abd el wahab et zahia ...

En priant Dieu jour et nuit qu'il les garde et les protège pour moi

Et ceux qui n'ont jamais cessé de me chérir et me soutenir :

Mes frères fatah et zaki

Ainsi qu'à mes sœurs samah , karima , ilhem , meriem , yousra

Et celui qui m'a offert le soutien moral, qui a été toujours présente pour moi,

Et ma chère amie bzama

Et la lumière de ma vie, mon grand-père «abd el kadër »

Et tous mes oncles, à toutes mes tantes et à tous mes cousins et toutes mes cousines

Et toutes mes amies et collègues sans exception.

Et tous ceux que j'aime, et à ceux qui m'aiment... de près ou de loin.

Besma

SOMMAIRE

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste d'abréviations

INTRODUCTION.....01

Chapitre : généralités sur l'eau

Introduction.....02

1.1.Le cycle de l'eau.....02

✓ **Evapotranspiration.....02**

✓ **Précipitations.....03**

✓ **Ruissellement.....03**

✓ **Infiltration.....03**

1.2. Etat et répartition de l'eau dans le monde.....04

1.2.1. Les ressources hydriques.....05

❖ **Les sources d'approvisionnement en eau05**

❖ **Les eaux de pluie.....05**

❖ **Les eaux de surface.....06**

❖ **Les eaux souterraines.....07**

1.3. Situation actuelle des ressources en eau en Algérie.....07

❖ **L'eau de surface.....09**

❖ **Les eaux souterraines.....09**

1.4. Utilisation des eaux.....09

1.4.1. Usage agricole.....10

1.4.2. Usage domestique.....11

1.4.3. Usage Industriel.....11

1.4.4. Usage municipal11

1.5. La composition minérale de l'eau.....12

1.6. Propriétés physiques de l'eau et leur signification sur le plan écologique12

Chapitre II : Qualité et pollution des eaux

Introduction13

2.1. Qualité de l'eau.....13

2.1.1. Définition.....	13
2.1.2. Etude globale de la qualité de l'eau.....	13
2.1.3. L'eau potable.....	14
2.1.4. L'eau d'irrigation.....	15
✓ Qualité physique.....	15
✓ qualité biologique.....	15
✓ Qualité chimique.....	15
2.2 .La pollution de l'eau.....	16
2.2.1. Définition.....	17
2.2.2. Origine de la pollution.....	17
✓ Les phénomènes naturels.....	17
✓ La pollution domestique.....	17
✓ La pollution urbaine.....	18
✓ Pollution d'origine agricole.....	18
✓ Pollution industrielle.....	18
2.2.3. Les polluants de l'eau.....	18
2.2.3.1. Les polluants physiques.....	19
✚ Pollution thermique.....	19
✚ Matières en suspension.....	19
✚ Les polluants radioactifs	19
2.2.3.2. La pollution chimique.....	19
✚ Les polluants organiques.....	19
✚ Eléments nutritifs.....	20
• Les nitrates.....	20
• Les nitrites	20
• Le phosphore.....	20
✚ Les composés toxiques	20
➤ Les composés toxiques minéraux.....	20
➤ Les polluants organiques toxiques	21
• Pesticides.....	21
• Détergents.....	21
2.2.3.3. Les polluants biologiques	21
✚ Les organismes libres	21
✚ Les agents pathogènes	21
• Les virus.....	21
• Les bactéries.....	21
➤ Les coliformes	21
➤ Les streptocoques.....	22
• Les parasites.....	22
➤ Protozoaires.....	22

➤ Les helminthes.....	23
Chapitre III : description de la zone d'étude	
3. description de la zone d'étude.....	24
3.1. Présentation de la zone d'étude.....	24
3.1.1. Situation géographique.....	24
3.1.2. Situation géologique.....	25
3.1.3. Lithologie.....	25
3.1.4. Climat	25
3.1.4.1. Température.....	26
3.1.4.2. Précipitations.....	26
3.1.4.3. Humidité.....	26
3.1.4.4. Vents.....	26
3.1.4.5. Diagramme ombrothermique de Guelma.....	27
3.1.4.6. Evaporation.....	27
3.1.5. Microclimat.....	27
3.1.6. L'agriculture	28
3.1.7. Occupation des sols	28
3.2 Technique d'échantillonnage.....	29
3.2.1 Critère de choix des sites.....	29
3.2.2. Les stations étudiées.....	29
3.2.3 Méthodes de prélèvement	30
3.2.3.1 Choix du contenant.....	30
3.2.3.2 Conservation des échantillons	30
3.2.3.3 Période d'échantillonnage	30
3.4 Méthodes d'analyses.....	31
3.4.1 Examens préliminaires	31
a- Filtration	31
b- Détermination des matières en suspension (MSE)	31
c-Détermination du résidu sec	31
3.4.2. Mesures physico-chimiques	31
a- pH (mesure électrométrique).....	31
b-La conductivité électrique.....	31
3.4.3. Mesures chimiques	31
a-Dosages des anions	31
Les carbonates (CO_3^{2-}) et les bicarbonates (HCO_3^-)	31
Le Les sulfates (SO_4^{2-})	32
Les chlorures (Cl)	32

Les composés phosphorés	32
b-Dosages des cations.....	32
Le calcium (Ca ⁺⁺) et le magnésium (Mg ⁺²)	32
Chapitre IV : Résultats et Discussion	
4. résultats et discussion	33
4.1. Résultats des analyses physicochimiques.....	33
4.1.1 Mesure du pH.....	33
4.1.2. Mesure de la conductivité électrique (µS/cm).....	34
4.1.3. Mesure des matières en suspension (mg/l).....	35
4.1.4. Mesure des résidus secs (mg/l)	36
4.1.5. Mesure des chlorures (Cl ⁻).....	37
4.1.6. Mesure des Sulfates (SO ₄ ²⁻).....	38
4.1.7. Mesure des carbonates (CO ₃ ⁻).....	39
4.1.8. Mesure Bicarbonates (HCO ₃ ⁻).....	39
4.1.9. Mesure des Ortho phosphates.....	40
4.1.10. Mesure du magnésium (Mg ⁺⁺).....	41
4.1.11. Mesure du Calcium (Ca ⁺⁺).....	42
CONCLUSION GENERALE.....	44
Références bibliographiques	
Résumé	
Abstract	
المخلص	

L'importance de l'eau dans l'économie ne cesse de croître et sa disponibilité devient de plus en plus difficile tant en raison des aléas climatiques que de l'accroissement rapide de la population. Le volume d'eau utilisée dans le monde a progressé plus de deux fois que le taux de croissance de la population.

L'eau, une ressource essentielle, est utilisée à des fins alimentaires, d'hygiène corporelle, ou récréatives, nécessitant un haut niveau de qualité physico-chimique, chimique et microbiologique. La qualité de l'eau est un problème de santé universel.

La qualité des eaux d'un hydro système dépend de nombreux facteurs et processus environnementaux. Elle est définie plus particulièrement par les caractéristiques géomorphologiques (altitude, pente ...), pédologiques et géologiques (origine et nature des terrains) et anthropiques (Urbanisation, activités industrielles, agricoles ...) du bassin versant.

En zone rurale, le mode d'occupation des sols (forêt, culture, élevage ...) joue un rôle prépondérant dans le fonctionnement hydrique du bassin versant, en agissant sélectivement sur les mécanismes de ruissellement et d'érosion. De ces derniers dépendront fortement les caractéristiques physico-chimiques des cours d'eau.

Ces différentes formes d'apports, enrichissent le milieu en éléments organiques et minéraux qui peuvent avoir un effet trophique (fertilisants agricoles, rejets de stations d'épuration ...) ou toxique (micropolluants : phytosanitaires, métaux lourds ...) sur le milieu aquatique récepteur créant ainsi une pollution.

Il est à souligner que la dégradation de la qualité de l'eau a des impacts majeurs sur les services environnementaux et sur leur valeur pour la société.

C'est dans cette optique que notre étude essaye d'apporter des réponses aux questions suivantes :

Quelles sont les caractéristiques physico-chimiques des eaux courantes de l'Oued Seybouse? Et existe-t-il une pollution dans cet Oued?

La démarche adoptée consiste à échantillonner l'eau le long d'un transect Nord-Sud. Pour cela, six (6) stations ont fait l'objet d'un échantillonnage et d'une analyse au laboratoire.

Les résultats obtenus sont consignés dans le document articulé en quatre chapitres. Le premier et le deuxième concernent des connaissances sur l'eau, ainsi que leur pollution, le troisième présente la zone sur laquelle l'étude se concentre ainsi que le matériels et les méthodes utilisés pour l'évaluation, quant au quatrième, il traite les résultats obtenus et leur discussion et nous terminons ce document par une conclusion.

Introduction

L'eau est un élément essentiel, indispensable à la vie des êtres vivants et surtout à celle de l'Homme. Elle est certainement la substance qui nous est la plus familière. La terre est une "planète bleue" qui, vue de l'espace, apparaît couverte par les océans et par les neiges. Même la biosphère, dont nous faisons partie, est composée principalement de l'eau, puisqu'elle représente 70% de la masse totale des organismes vivants (**TEIXEIRA, 2006**).

L'eau n'est pas seulement une source d'oxygène et d'hydrogène mais elle est le constituant le plus abondant des êtres : l'homme en contient 60% de son poids, un végétal jusqu'à 95%, les graminées des prairies en contiennent 79% (**DUVIGNAUD, 1980**).

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. (**NGO ET REGENT, 2004**).

1.1 .Le cycle de l'eau

La quantité totale d'eau existante dans le monde est de l'ordre de grandeur de 1350 millions de Km³, dont plus de 97% constituent la masse des océans. Toute eau vient des océans et y retrouve tôt ou tard, par un cycle hydrologique continu (**DUVIGNAUD, 1980**).

Le cycle de l'eau est la suite des procès autorisant le passage de l'eau d'un état à l'autre et d'un endroit à l'autre (**TOUCHART, 2003**). Ce cycle naturel en perpétuel mouvement, impliquant toutes les composantes de la synthèse climatique globale, l'atmosphère, les océans, les terres immergées et la biosphère continentale (**DRISSI, 2008**).

L'eau sous ses différents états physiques (gazeux, liquide, solide) suit un vaste cycle dans la nature (**Figure1**).

✓ Evapotranspiration

C'est la somme des pertes par transformation de l'eau en vapeur (**BOEGLIN, 2006**). Sous l'action du soleil, l'eau de mers, des lacs et des rivières s'évaporent. Les végétaux transpirent et rejettent eux aussi de la vapeur d'eau (**DRISSI, 2008**).

✓ Précipitations

La vapeur d'eau atmosphérique se condense en nuages qui engendrent des précipitations sous forme de pluies, de neige ou de grêles. Les précipitations qui constituent l'origine de presque toutes nos réserves en eau douce, sont variables d'une région à l'autre suivant le climat et le relief qui sont des facteurs essentiels (BOEGLIN, 2006).

✓ Ruissellement

Parvenue sur le sol, une partie des précipitations s'écoule à la surface vers le réseau hydrographique et les étendues d'eau libre (lacs, mers), c'est le ruissellement de surface (BOEGLIN, 2006).

✓ Infiltration

Une partie des précipitations pénètre dans le sol et le sous-sol (BOEGLIN, 2006). L'infiltration joue un rôle essentiel dans les écosystèmes terrestres puisqu'elle permet la réhydratation des sols. Elle assure aussi l'alimentation des nappes phréatiques et des rivières souterraines (GENY ET AL, 1992).

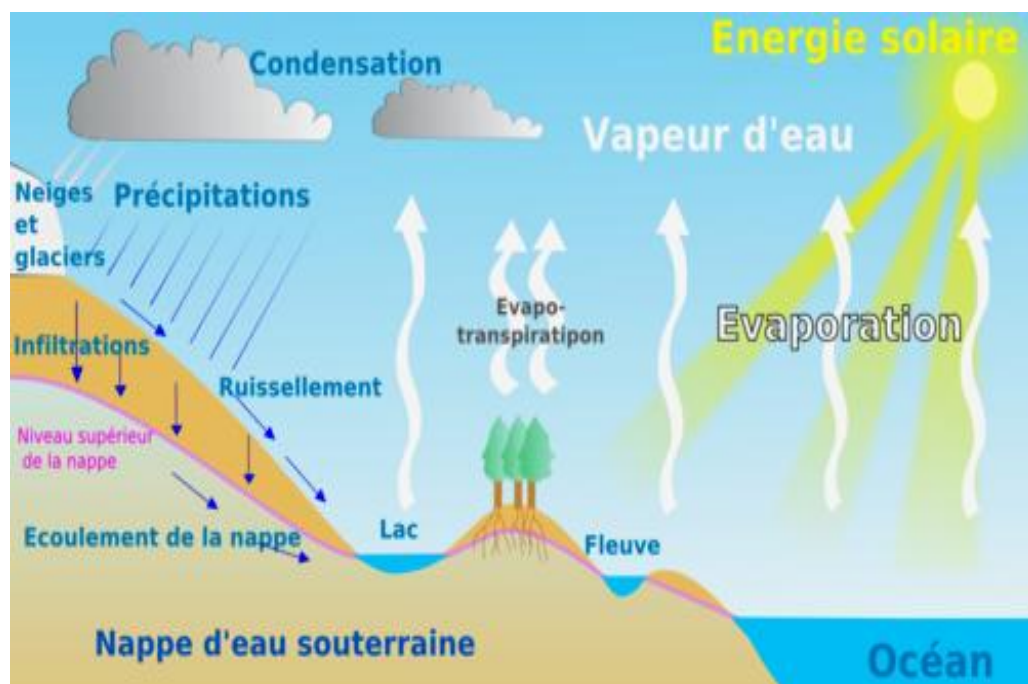


Figure n°1 : Schéma général du cycle de l'eau. (GENY ET AL, 1992).

1.2. Etat et répartition de l'eau dans le monde

L'eau constitue une ressource très mal répartie à l'échelle de la planète, ces inégalités dépendent évidemment du climat, notamment des précipitations et des écoulements qu'elles engendrent, (**Tableau1**) on peut ajouter également un déséquilibre lié au développement des populations humaines et de leurs activités (**ROUYRRE, 2003**). Ainsi 9 pays partagent 60% des ressources renouvelables d'eau douce dans monde : le Brésil, la Russie, les Etats Unies, le Canada, la Chine, l'Indonésie, l'Inde, la Colombie et le Pérou, tandis que certains ne disposent que de ressources extrêmement faibles (**UNESCO 1996 in TAMRABET L. 2011**).

Tableau n°1 : Volume et pourcentage d'eau terrestre sous forme liquide, solide et gazeuse.

	Volume (Km3)	(%)
Océans	1 348 000 000	97,39
Icebergs, glaciers	27 820 000	2,01
Nappe, humidité du sol	8 062 000	0,58
Lacs, rivières	225 000	0,02
atmosphère	13 000	0,001
Total	1 384 120 000	100,00
Eau douce	36 020 000	2,60

(**KETTAB, 1992**)

L'eau recouvre près de 70 % de la surface de la terre (dont 97 % est salée), essentiellement sous forme d'océans, mais aussi trouvée dans toutes sortes d'étendues d'eau, telles que les mers, les lacs, et les cours d'eau comme les fleuves, les rivières, les torrents, les canaux ou les étangs. La majorité de l'eau sur terre est de l'eau de mer.

L'eau est également présente dans l'atmosphère en phase liquide et vapeur. Elle existe aussi sous forme d'eaux souterraines et aquifères (**ANONYME 2**).

L'eau est indispensable pour la survie et pour le développement de la société moderne (**KETTAB, 1992**). Son importance dans l'économie humaine ne cesse de croître et l'approvisionnement en eau douce devient ainsi de plus en plus difficile, tant en raison de l'accroissement de la population et de son niveau de vie, que du développement accéléré des techniques industrielles modernes, sous la pression des besoins considérables de la civilisation moderne (**RODIER, 1975**).

Les eaux douces et océaniques sont devenues un réceptacle de pollutions multiples – chimiques, organiques, radioactive, microbiologique – et d'origines variées: urbaines, industrielles, agricole (**KOLLER, 2004**).

Nous ne trouvons pas l'eau qui répond aux paramètres qualitatifs exigés pour l'eau potable, (**KETTAB, 1981**). On est passé de l'emploi des eaux de sources et de nappes, à une utilisation de plus en plus poussée des eaux de surface. Parallèlement des recherches des eaux souterraines se sont développées, les méthodes de recyclage, et maintenant on se préoccupe de plus en plus de dessalement de l'eau de mer. Simultanément, les causes de pollution se sont étendues ; celle-ci est devenue plus massive, plus variée, plus insidieuse, ce qui a fait écrire que « le temps des rivières est finis, celui des égouts commence » (**RODIER, 1975**).

1.2.1. Les ressources hydriques

L'hydrosphère est l'enveloppe aqueuse de la terre, autrement dit la partie de l'enveloppe qui est avant tout constituée d'eau : les océans, les lacs, les cours d'eau, les nappes phréatiques, la glace polaire et les glaciers. Les 3 % de l'hydrosphère se trouvent sur les continents sous forme de glace, de neiges, des lacs, de fleuves ou de nappes phréatiques et plus de 95 % de l'eau se trouve dans les océans (**BLIEFERT ET PARRAUD, 2001**).

❖ Les sources d'approvisionnement en eau

L'eau est également un problème crucial ce qui explique qu'historiquement beaucoup de villes ont été construites au bord d'une rivière. Il faut environ 1litre d'eau par personne et par jour pour survivre mais, dans les pays développés, on utilise des volumes bien plus considérables pour aller jusqu'à plusieurs mètres cubes par habitant et par jour si on additionne tous les usages individuels, industriels et agricoles de l'eau (**NGO ET REGENT, 2004**).

❖ Les eaux de pluies

Les eaux de pluies peuvent être collectées à partir des toitures des maisons dans des récipients ou dans des impluviums. A l'origine ces eaux sont pures sur le plan microbiologique, mais sur le plan chimique, il leur manque souvent certains éléments indispensables à la santé comme le sodium, le magnésium, le manganèse, le fer et l'iode (**COULIBALY, 2005**).

❖ Les eaux de surface

Les eaux de surface se répartissent en eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (BOEGLIN, 2006). Elles se forment à partir, soit de l'émergence de nappes profondes en source, soit du rassemblement des eaux de ruissellement (CARDOT, 1999).

➤ Ces eaux se rassemblent en cours d'eau caractérisés par une surface de contact eau - atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable (BOEGLIN, 2006).

➤ Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (étangs, lacs) ou artificielles (retenues, barrages) caractérisées par une surface d'échange eau atmosphère quasiment immobiles, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour souvent élevé (BOEGLIN, 2006).

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants (MONOD, 1989; BOEGLIN, 2006; HABILA, 2008). Elles sont généralement riches en gaz dissous (CARDOT, 1999).

Ce qui caractérise les eaux superficielles sont :

⊗ Les variations saisonnières et à un degré moindre, journalières des paramètres physiques : température, turbidité et coloration. Les concentrations en matières solides finement dispersées ou à l'état colloïdal peuvent être importantes.

⊗ Le développement plus ou moins important du phytoplancton (algues), de zooplancton et dans certaines conditions d'une vie aquatique intense.

⊗ La présence fréquente de matières organiques d'origine naturelle provenant de la décomposition des organismes végétaux ou animaux après leur mort.

⊗ La fragilité de la ressource, très vulnérable à la pollution urbaine, industrielle et agricole, on y rencontre par suit très souvent une micropollution minérale ou organique pouvant avoir un caractère toxique ainsi que des substances azotées et phosphatées à l'origine des phénomènes d'eutrophisation (BOEGLIN, 2006).

Elles sont généralement des eaux de moins bonne qualité microbiologique et chimique, elles sont contaminées et doivent être correctement traitées avant toutes usage domestique (DRISSI, 2008).

❖ Les eaux souterraines

Ce sont les eaux qui ne sont ni ré évaporées, ni retournées à la mer par ruissellement s'infiltrant dans le sol et dans le sous-sol et s'y accumulées (**BOEGLIN, 2006**). Les eaux souterraines représentent 60% des eaux continentales, leur écoulement est estimé à 12000 milliards de m³/an, soit 30% du débit des fleuves. Leur renouvellement total est de 5000 ans en moyenne et de 300 ans pour les nappes superficielles les plus vives (**ROUX, 1990**).

Elles représentent une part importante du cycle de l'eau et participent de ce fait aux équilibres naturels. Elles constituent également une formidable ressource renouvelable, exploitée pour l'approvisionnement en eau potable, l'usage industriel ou agricole (**BENSAOULA ET AL, 2007**).

1.3. Situation actuelle des ressources en eau en Algérie

En Algérie, les ressources en eau douce sont rares et vulnérables et la disponibilité en eau potable par habitant est en décroissance inquiétante (**TAMRABET L., 2011; BOUZIANI, 2000**). Les ressources en eau existantes sont menacées par une pollution du fait de concentration des rejets d'eaux urbaines et industrielles dans les milieux récepteurs (**MRE, 2001; KETTAB, 1992**). Elles sont limitées et inégalement réparties, une pluviométrie totalise un volume annuel de 12,4 milliards de m³, essentiellement réservée à l'Algérie du Nord, les eaux de surface sont en outre inégalement réparties au niveau du Nord de l'Algérie, car elles diminuent de l'Ouest en Est et ne sont par ailleurs que très partiellement mobilisables (**MAT, 2000**).

Pour une population de 35 millions d'habitants, les ressources renouvelables en eau sont de 550 m³/an/habitant (**MEDKOUR, 2002**), cette moyenne est très faible comparée à la moyenne des pays du Moyen Orient et de l'Afrique du Nord (**MENA**) qui est de 1 250 m³ ou à la moyenne mondiale qui est de 7 500 m³ (**FARUQUI, 2003**). Le seuil de la rareté de l'eau est de 1000 m³/an/habitant, de ce fait, l'Algérie est un pays où l'eau est rare.

Dans ces conditions déficitaires en ressources en eau, le secteur de l'agriculture est le plus gros demandeur en eau (**AYERS AND WESTCOT, 1994; TAMRABET ET AL., 2003**). Il est noté qu'en 2006, 900 000 ha soit 10.5% de la SAU sont irrigués, (**Tableau 2**) et 78% de cette superficie l'est avec des eaux souterraines et 13% avec des eaux superficielles (**BAGHDALI, 2007**).

Tableau n°2 : Ressources hydriques en Algérie.

	Eaux mobilisables (%)	Eaux mobilisées (%)
Eau de surface	5,7	1,8
Eau souterraine	6,5	2,1
Total	12,2	3,9

(BOUZIANI, 2000)

A la suite des sécheresses graves et prolongées, les ressources en eau ont fortement diminuées ces vingt dernières années. Il y a des pénuries d'eau chronique et saisonnières aiguës dans la plupart des pays d'Afrique. La demande en eau augmente rapidement du fait de l'accroissement de la population, de l'urbanisation, de l'industrialisation et des besoins pour l'irrigation (BAHMED ET AL, 2004).

En Algérie, l'eau revêt un caractère stratégique du fait de sa rareté et d'un cycle naturellement perturbé et déséquilibré.

Qu'il s'agisse de l'eau souterraine ou de l'eau de surface, les ressources sont limitées et, compte tenu des problèmes démographiques et de l'occupation de l'espace (BOUDJADJA ET AL, 2002).

Les ressources en eau disponibles en Algérie sont évaluées à 19300 millions de m³ par an, dont 12400 millions de m³ constituent l'eau de surface et 6900 millions de m³ l'eau souterraine. Selon les normes mondiales (le seuil de rareté de l'eau se situant à 1000 m³/an/habitant), l'Algérie est un pays qui souffre de la rareté de l'eau. L'irrigation agricole est le principal secteur consommateur d'eau, suivi par les secteurs municipaux puis industriels (BOUDJADJA ET AL, 2002).

En termes de ressources mobilisables, l'Algérie dispose d'un plafond annuel de 11,5 milliards de m³ qui se répartissent comme suit :

- Mobilisation des eaux de surface (barrages) : 4,7 milliards de m³.
- Exploitation des nappes souterraines : 1,8 milliards de m³ (pour le nord de l'Algérie) et 5 milliards de m³ (pour le sud de l'Algérie), soit un total de 11,5 milliards de M³ (BAHMED ET AL, 2004).

❖ L'eau de surface

Les eaux de surface sont assez variables du fait des périodes de sécheresse tant chroniques qu'occasionnelles et ont des incidences différentielles sur les différents bassins d'eau.

La moyenne de l'eau de surface est évaluée à 12400 millions de m³ pour la période allant de 1910 à 1993. Les ressources en eau de surface sont mal réparties dans l'espace. On estime qu'environ 95% des ressources en eau de surface se trouvent au Nord tandis que seulement 5% des ressources sont au Sud (**BOUDJADJA ET AL, 2002**).

En plus de la faible quantité d'eau reçue par nos barrages à cause de la sécheresse qui a touché le pays depuis une vingtaine d'année, cette quantité se trouve menacée par trois problèmes hydrauliques majeurs qui sont l'évaporation intense, l'envasement accéléré et les fuites d'eau surtout à travers les appuis (**TOUMI ET REMINI, 2004**).

❖ Les eaux souterraines

Les eaux souterraines représentent généralement une excellente source d'approvisionnement en eau potable (**ROULEAU ET RASMUSSEN, 2006**). L'altération de l'environnement naturel, notamment le milieu aquifère est devenu progressivement une préoccupation mondiale. En Algérie la principale source de satisfaction de la demande en eau est l'eau souterraine, du fait de son exploitation relativement facile (**ABDELBAKI ET BOUKLI, 2007**).

Les 6900 millions de m³ des ressources estimées en eau souterraine (dont 4900 millions de m³ exploitable à partir de nappes faiblement renouvelables) sont divisées entre le Nord et le Sud. Contrairement à l'eau de surface, la plus grande partie des eaux souterraines est concentrée au Sud. On rapporte que 73% environ (5000 millions de m³) du total des ressources disponibles en eau souterraine se trouve au Sud, alors que 27% (1900 millions de m³) seulement se trouvent au Nord du pays (**ABDELBAKI ET BOUKLI, 2007**).

1.4. Utilisation des eaux

On peut diviser l'utilisation de l'eau en 2 catégories: utilisation non consommatrice de l'eau, qui laisse l'eau sur place comme par exemple : la pêche, les habitats fauniques, la production d'énergie hydro-électrique et les loisirs (baignade)... Mais dans d'autres, elle est consommée et ne peut donc être retournée (prélèvements qui retirent l'eau de son milieu naturel), comme l'alimentation en eau potable et c'est le cas notamment de l'irrigation, des utilisations ménagères et municipales, la production d'énergie et des activités de transformation (**ANONYME 1**).

1.4.1. Usage agricole

Les agriculteurs se fient le plus souvent aux sources naturelles locales, plus qu'aux systèmes publics de distribution, (MASSCHELEIN, 1996). La majeure partie des prélèvements mondiaux est destinée à l'irrigation celle-ci est une pratique très ancienne connue depuis l'Antiquité. Aujourd'hui dans le monde environ 15% des terres arables sont irriguées et cette proportion est beaucoup plus élevée dans certains pays comme le Pakistan (plus de $\frac{3}{4}$) et l'Egypte (ROUYRRE, 2003). L'irrigation aura pour effet de relever le niveau de production des terres et d'atténuer ou d'éliminer les aléas inhérents aux variations du climat et dans une certaine mesure aux autres particularités naturelles. L'inconvénient de l'eau d'irrigation est son incapacité à servir à d'autres usages (FABY, 1997 ; ROUYRRE, 2003). Les plantes se servent de l'eau pour développer leurs tissus à l'aide du processus de la photosynthèse et pour régulariser leur température, elles agissent à la manière des pompes tirant l'eau du sol et l'acheminant vers les feuilles,(Tableau 3)d'où elle s'évapore dans l'atmosphère, ainsi les variations de la quantité de l'eau du sol qu'utilisent les plantes se déterminent selon le type de la plante, la quantité de l'eau dans le sol pouvant être absorbée, ainsi que la quantité de l'eau que l'atmosphère peut tirer des plantes et du sol (ANONYME1).

Tableau n°3 : besoins en eau des diverses cultures pendant la période de croissance.

Culture	Utilisation moyenne d'eau (mm³)	Période de croissance (jour)
Luzernes	635	155
Graminées	610	150
Betteraves sucrières	559	155
Pomme de terre	508	140
Avoine	406	95
Orge	406	90
Pin	381	100
Maïs cultivé	381	120
Tomate	356	105
Pois de conserverie	330	80
Blé de printemps	457	100

(ANONYME 1)

1.4.2. Usage domestique

L'utilisation domestique de l'eau recouvre principalement la consommation d'eau potable, les bains, la cuisine, les usages sanitaires et le jardinage, cette consommation représente 8 à 10 % de la consommation totale sur la planète (**GUERREE ET GOMELLA, 1978**).

1.4.3. Usage Industriel

Généralement les industries transformatrices sont les plus consommatrices en eau (**GUERREE ET GOMELLA, 1978**). La plus grande part de l'eau qui est utilisée par l'industrie est épuisée dans les réserves naturelles (rivières) et 80 à 90% de celle-ci sert comme eau de refroidissement qui est, elle-même, restituée à 90% au milieu. Les besoins spécifiques de l'industrie sont énumérés dans la littérature ; 6 à 10 m³ par tonne d'acier, 0,3 m³ par tonne de pétrole raffiné, 40 à 80 m³ par tonne de papier... Et dans l'industrie chimique ; 450 m³ par tonne d'acide acétique et 900 m³ par tonne de sulfate d'ammonium. L'importance relative des besoins industrielles par rapport à la consommation domestique est largement dépendante des conditions régionales. Aux abords des agglomérations développées, la consommation industrielle se situe entre 10 à 50% du total, les zones portuaires emploient souvent plus d'eau brute industrielle (**MASSCHELEIN, 1996**).

1.4.4. Usage municipal

En distribution urbaine, l'utilisation de l'eau est quantifiée entre 5 et 55% du total de la consommation, aux fins du nettoyage des rues, des fontaines publiques, de l'arrosage des parcs de l'extinction des incendies et en certains lieux publics ou qui appartiennent à l'état, de l'usage non facturé de l'eau (**MASSCHELEIN, 1996**)... ces usages sous entendent la construction d'un réseau de distribution qui double au moins en partie le réseau d'eau potable (**ANONYME 1**).

1.5. La composition minérale de l'eau.

Les principaux ions présents peuvent être classés selon leur fréquence décroissante, (**Tableau 4**) cependant PO_4^- , NH_4^+ et NO_3^- , ne sont pas souvent présents et peuvent alors être l'indice d'une pollution (**BERNE, 1991**).

Tableau n°4 : composition minérale de l'eau.

Cations		Anions	
	Masse atomique		Masse atomique
Calcium Ca ²⁺	40	Hydrogénocarbonate Hco ³⁻	61
Magnesium Mg ²⁺	24	Chlorure Cl ⁻	35,5
Sodium Na ⁺	23	Sulfate So ₄ ⁻	96
Ammonium NH ₄ ⁺	18	Nitrate No ₃ ⁻	62
Potassium K ⁺	39	Fluorure F ⁻	19
Fer ferreux Fe ²⁺	56	Phosphate Po ₄ ⁻	95

(BERNE, 1991)

1.6. Propriétés physiques de l'eau et leur signification sur le plan écologique.

Tableau n°5: Propriétés physiques de l'eau et leur signification sur le plan écologique.

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

(RAMADE ,2002)

Introduction

De nos jours, les problèmes de pollution constituent un danger de plus en plus important pour l'homme (COULIBALY, 2005). Parmi ces problèmes, la pollution des eaux qui présente sans aucun doute l'un des aspects les plus inquiétants de la dégradation de l'environnement par la circulation technologique contemporaine (RAMADE, 2005).

Jadis, on s'interrogeait sur la qualité microbiologique des eaux, de nos jours on s'inquiète non seulement de la qualité microbiologique mais aussi de ces caractéristiques physicochimiques (MOUMOUNI-DJERMAKOYE, 2005).

2.1. Qualité de l'eau

2.1.1. Définition

Elle correspond à un ensemble de critères physicochimiques qui définissent le degré de pureté des eaux et par conséquent leur aptitude aux divers usages alimentaires, domestiques, agricoles ou industriels (RAMADE, 2002).

En fonction d'un degré croissant de pollution, les points d'usage concerneront en premier lieu la potabilité, puis l'aptitude des eaux de rivières à permettre le développement normal de la faune, ensuite l'impossibilité d'utilisation pour la baignade avec pour conséquence des pertes économiques au plan de tourisme, la perte d'usage agricole relative tant à l'utilisation des eaux pour abreuver les animaux domestiques qu'un degré ultérieur pour l'irrigation (RAMADE, 2002).

Enfin, il en résulte une perte d'usage industriel tout d'abord pour les industries agroalimentaires et ensuite pour la possibilité d'emploi des eaux pour les divers processus de fabrication tant dans les industries chimiques que métallurgiques et dans d'autres types de production (RAMADE, 2002).

2.1.2. Etude globale de la qualité de l'eau

Pour juger de la qualité de l'eau dans sa globalité, il est nécessaire de prendre en compte les critères énumérés dans (Tableau 6). (ZURLUTHE ET GIENGER, 2006). Une bonne eau présentera donc les caractéristiques suivantes :

Tableau n°6 : Caractéristiques d'une eau de bonne qualité.

Qualité chimique de l'eau	Qualité bactériologique de l'eau	Qualité physique de l'eau
Produits chimiques ▼ Minéraux * ▼ Calcaires * ▼ Oxygène ▲ Acide carbonique * ▼ Composants odorants ▼ Matière en suspension ▼ Rouille ▼ Substances radioactives ▼ Valeur du pH ◆	Bactéries ▼ Virus ▼ Parasites ▼ Spores de champignons	Surface interne ▲ Taille des gouttes ▼ Energie, forces attractives ▲ Structure ▲ Pénétration de la lumière, activité bio photonique ▲ Informations extérieures ▼ Forces contractives ▼
Le plus faible possible ▼	Autant que possible ▲	Aussi équilibré que possible ◆

(ZURLUTHE ET GIENGER, 2006)

2.1.3. L'eau potable

A l'heure actuelle, la disponibilité en eau de bonne qualité est indispensable pour le bien être de l'homme. Hélas, sur la terre, aucune eau ne répond aux exigences qualitatives fixées pour l'eau potable ; autrement dit l'eau doit être :

- ☒ Claire, inodore, de saveur agréable.
- ☒ Pauvre en germes microbiens que possible en matières en suspension.
- ☒ Ne pas renfermer de substances chimiques pouvant provoquer des maladies.
- ☒ Ne pas contenir des substances la rendant inutilisable pour la cuisine et le blanchissage.
- ☒ Ne pas avoir des propriétés agressives vis-à-vis des canalisations (métaux, ciments)

(KETTAB, 1992).

On peut dire qu'il n'existe pas d'eau potable, mais seulement une eau conforme aux normes (DRISSI, 2008).

2.1.4. L'eau d'irrigation

Il n'existe pas de normes de qualité pour les eaux d'irrigation. En effet, les teneurs limites en sels dépendent de nombreux facteurs :

- la nature du sol.
- la nature de la récolte.
- le climat.
- les conditions d'irrigation (drain, aspersion, canaux, goutte à goutte) (MAUREL, 2006).

✓ **Qualité physique**

La plupart des eaux naturelles transportent des éléments minéraux ou organiques en suspension, susceptibles d'obstruer les filtres, les pompes ou les équipements de distribution, de se déposer dans les réservoirs et les canaux et sur les terres irriguées (SOUTTER, 2007).

Les teneurs en sédiments et en substances solubles de l'eau d'irrigation dépendent de son origine. Alors que les cours d'eau contiennent toujours des éléments en suspension, en quantité limitée, des substances en solution, les plans d'eau permettent la sédimentation des particules denses mais offrent fréquemment des conditions favorables à la prolifération des microorganismes. Les particules minérales, à l'exception des colloïdes, d'argile dispersée, sont retenues facilement par contraste de densité ou par filtration. La petite taille des microorganismes rend la filtration inopérante si bien qu'elle doit accompagner d'un traitement chimique (SOUTTER, 2007).

L'eau souterraine ne contient en général que peu d'éléments minéraux et organiques en suspension, mais peut présenter des concentrations en fer ou en calcium élevées (SOUTTER, 2007).

La température optimale de l'eau d'irrigation est de l'ordre de 20 à 25 ° (SOUTTER, 2007).

✓ **La qualité biologique**

La présence de microorganismes (cyanobactéries, champignons, etc.) peut contribuer à colmater les orifices de distribution en irrigation localisée, voire même à obturer plus ou moins gravement les conduites (SOUTTER, 2007).

✓ **Qualité chimique**

La présence de substances dissoutes dans l'eau (notamment le fer et le calcium) peut également être à l'origine de phénomène de colmatage des distributeurs ou présenter un risque de corrosion des parties métalliques. Par ailleurs, la qualité chimique des eaux d'irrigation, et plus précisément leur salinité, peut se traduire, dans certains contextes pédoclimatiques, par une accumulation de sels dans la zone racinaire des végétaux et entraîner une profonde modification des propriétés physicochimiques du sol conduisant à la stérilité. Une forte concentration en sels se traduit en effet

par un accroissement de la pression osmotique qui rend plus difficile l'extraction d'eau par les plantes et par une dégradation de certaines propriétés du sol (modification de l'état structural, réduction de la conductivité hydraulique, l'accroissement du pH, etc.). A cela, s'ajoute l'effet nocif de certains ions (B, Cl, Na, etc.) à l'égard de la croissance des plantes (**Tableau 7**) et des nuisances diverses, telles que l'influence d'un excès d'azote sur l'apparence et la qualité de certains fruits et légumes (**SOUTTER, 2007**).

Tableau n° 7: Indicateurs de qualité de l'eau d'irrigation et risques potentiels.

Problèmes potentiels	Aucun	Léger et modérés	et sérieux
Disponibilité de l'eau pour la plante			
Concentration totale [mg/l]	< 500	500 – 2000	> 2000
Toxicité spécifique			
Absorption par les racines			
Sodium [mg/l]	< 70	70 – 200	> 200
Chlorure [mg/l]	< 150	150 – 350	> 350
Bore [mg/l]	< 0.75	0.75 – 2	> 2
Absorption par les feuilles (Aspersion)			
Sodium [mg/l]	< 70	> 70	
Chlorure [mg/l]	< 100	> 100	
Nuisances diverses Bore [mg/l]	< 0.75	> 2	
Azote total [mg/l]	< 5	5 – 30	
Bicarbonate (aspersion) [mg/l]	< 90	90- 500	> 500
pH	6.5 - 8.5	< 6.5 et > 8.5	

(Soutter2007)

2.2. La pollution de l'eau

L'eau est le vecteur choisi par l'homme pour éliminer la majorité de ces déchets (**KOLLER, 2004**). En effet, elle est affectée de façon croissante par des matières minérales et organiques et même

des microorganismes dont certains sont pathogènes et donc dangereux pour la santé (COULIBALY, 2005).

Les eaux naturelles, ont en effet, un degré de pureté très variable, depuis les eaux des fontes des neiges ou de glaces jusqu'aux eaux issues de marécages très chargées en matière organique (LEYNAUD, 1976).

2.2.1. Définition

La définition de la pollution soulève cependant quelques difficultés et désaccords (LEYNAUD, 1976).

La pollution est une modification défavorable du milieu naturelle qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine, au travers les effets indirects ou directs altérants les critères de répartition des flux de l'énergie, des niveaux de radiations, de la constitution physicochimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou indirectement ou au travers les ressources agricoles, en eau et en produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il possède (RAMADE, 2002).

La notion de pollution ne se réfère donc pas à la "pureté" des eaux, ni même à leurs aptitudes, mais aux modifications de leurs caractéristiques dues aux activités humaines (LEYNAUD, 1976).

2.2.2. Origine de la pollution

A cause du cycle de l'eau, les écosystèmes aquatiques sont susceptibles d'être contaminés par des pollutions accidentelles ou chroniques. Suivant l'origine des substances polluantes on peut distinguer :

✓ Les phénomènes naturels

Certains phénomènes naturels peuvent être aussi à l'origine de la pollution des eaux et sont identifiés en relation avec les éruptions volcaniques, des épanchements sous-marins, d'hydrocarbures, le contact avec les filons, ou gisements d'éléments toxiques et la présence d'une thermo minérale (HABILA ,2008).

✓ La pollution domestique

Les rejets directs des eaux usées domestiques dans le milieu naturel perturbent l'équilibre aquatique en transformant les rivières en égouts à ciel ouvert (HABILA, 2008). Elle est caractérisée par :

- La présence de germes fécaux.
- Des sels minéraux.
- Des détergents.
- Des fortes teneurs en matière organique (HABILA, 2008).

✓ **La pollution urbaine**

Ce sont essentiellement les eaux pluviales, les résidus de traitement de la pollution domestique, ainsi que les résidus de traitement des ordures ménagères. Elle est caractérisée par:

- Une teneur importante de matières minérales en suspension.
- La présence de nombreux débris solides.
- Des fortes concentrations en toxiques et hydrocarbures, résidus d'échappements des véhicules, résidus de corrosion des équipements métalliques (**HABILA, 2008**).

✓ **Pollution d'origine agricole**

L'agriculture et l'aquaculture sont responsables des rejets de nombreux polluants dans les eaux de surface et souterraines. Ces contaminants comprenant à la fois des sédiments provenant de l'érosion des terres agricoles, des rejets de la matière organique, les engrais chimiques, des pesticides, des bactéries provenant des fumiers et purins d'animaux d'élevage et des métaux (**HABILA, 2008**).

Ces produits sont rarement rejetés directement dans les eaux de surfaces, mais leur épandage en excès pour des raisons d'agriculture intensive entraîne leur lessivage par les eaux de pluies et une pollution diffuse des cours d'eau et des eaux souterraines (**HABILA, 2008**).

✓ **Pollution industrielle**

Un grand nombre d'opérations industrielles et manufacturières rejettent des agents polluants directement ou indirectement dans les sources d'eau environnantes (**HABILA, 2008**).

Ces polluants sont caractérisés par une grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau dans le processus de refroidissement, de lavage, d'extraction, de mise en solution et de l'activité des usines. On peut trouver dans l'eau qui est un bon solvant, les sous-produits possibles d'activité humaine :

- Matières organiques et graisses.
- Hydrocarbures.
- Acides bases et produits chimiques divers.
- Eau chaude des centrales thermiques.
- Matière radioactive.
- Métaux lourds (**HABILA, 2008**).

2.2.2. Les polluants de l'eau

L'expansion et l'intensification des activités humaines sont à l'origine de l'accroissement de la dispersion de polluants dans les milieux naturels (**SIGG ET AL, 2000**).

Les polluants sont émis dans l'environnement sous forme de gaz et de substances dissoutes ou particulaires. Ils atteignent les milieux aquatiques par des voies diverses telles que les retombées

atmosphériques, le ruissellement, le lessivage des sols ou le déversement direct de déchets (LEVEQUE, 1996).

2.2.3.1. Les polluants physiques

Les trois principaux agents physiques de la pollution sont : la chaleur, le transport des matières solides en suspension et la radioactivité.

✚ Pollution thermique

De nombreuses industries utilisent l'eau comme un fluide de refroidissement en "circuit ouvert" (centrales thermiques, sidérurgie, industries agricoles, etc.) et déversent ainsi dans le milieu récepteur des quantités importantes de chaleur (LEYNAUD, 1976).

La pollution thermique apparaît souvent comme mineur mais, avec l'augmentation des besoins industriels en liquide de refroidissement, un réel problème se pose (DEFRANCESCHI, 1996). Le rejet de chaleur dans l'environnement aquatique est susceptible de provoquer de véritables bouleversements biocénotiques (RAMADE, 2005), en favorisant le développement de certaines espèces végétales ou animales au détriment de certaines autres. Le réchauffement de l'eau favorise aussi le développement de certains microorganismes pathogènes pour l'homme ainsi que la diminution du taux de l'oxygène dissous (PEDOYA, 1990).

✚ Matières en suspension

Elles désignent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau et la troublent. Les matières en suspension diminuent la luminosité dans l'eau donc freinent la photosynthèse. Elles proviennent des rejets de toute nature ainsi que les phénomènes d'érosion des sols en milieu rural. Elles sont maintenues en suspension par l'action de la turbulence et une fraction seulement décantable lorsque l'eau devient dormante (HABILA, 2008).

✚ Les polluants radioactifs

Les déchets radioactifs demeurent le polluant physique le plus dangereux. Les centrales nucléaires ne dégagent que des quantités limitées de déchets, mais le risque d'accidents subsiste et les problèmes de stockage des déchets radioactifs sont loin d'être résolus. En effet, du fait de leurs propriétés radioactives, les déchets restent toxiques pendant des périodes allant de quelques siècles à plusieurs millions d'années (HABILA, 2008). La difficulté sur le plan écologique de la pollution radioactive est due au fait que le seul moyen de faire disparaître la radioactivité est de laisser l'élément de désintégrer spontanément (MOUMOUNI-DJERMAKOYE, 2005).

2.2.3.2. La pollution chimique

✚ Les polluants organiques

Les composés organiques peuvent être naturels ou de synthèse (AMIRA, 2008). Ils constituent le principal polluant aquatique et il est de multiples sources : agricole, industrielle et humaine

(LEVEQUE, 1996). A l'inverse des MES, ces matières constituent une nourriture de choix pour les microorganismes de l'eau provoquant leur prolifération. Les matières se mettent alors à vider le milieu de son oxygène, ce qui s'avère fatal pour la vie aquatique. Lorsque les rejets de matières organiques sont trop importants, l'autoépuration devient insuffisante et la pollution apparaît et s'accroît (DAJOZ, 2006).

Eléments nutritifs

De très nombreux sels minéraux sont rejetés dans les eaux continentales ou marines par l'industrie et l'agriculture (engrais chimiques) (RAMADE, 2005).

Les composés minéraux et organiques du phosphore et de l'azote constituent les éléments nutritifs les plus importants et sont généralement considérés comme les facteurs principaux de l'eutrophisation (VIVIER, 1976).

- **Les nitrates**

Les nitrates sont des composés omniprésents de l'environnement dans lequel, ils subissent un véritable cycle de transformation (VILAGINES, 2003). Elles proviennent aussi bien de sources diffuses que de sources ponctuelles (LEVEQUE, 1996).

La pollution des eaux superficielles et souterraines par les nitrates a pour principaux responsables l'agriculture et l'élevage intensif (LEVEQUE, 1996).

- **Les nitrites**

Les nitrites sont répandus dans le sol, dans les eaux et dans les plantes mais en quantité relativement faible. En général, dans les eaux de surface, leur teneur excède rarement 1 mg/l (PETOLON ET ZYSMAN, 1998).

- **Le phosphore**

La civilisation moderne accrue la vitesse de circulation du phosphore. En effet, l'agriculture utilise comme engrais des tonnages considérables de divers phosphates (RAMADE, 2005). Les phosphates sont les responsables de l'eutrophisation dans le monde (LEVEQUE, 1996).

Les composés toxiques

- **Les composés toxiques minéraux**

Ce sont essentiellement :

- Les métaux lourds (Mercure, Plomb, Zinc, Vanadium, Chrome IV...etc.).
- Les minéraux d'origine agricole (organochlorés, organophosphorés et organométalliques).
- Les minéraux d'origine industrielle (MOUMOUNI-DJERMAKOYE, 2005).

➤ Les polluants organiques toxiques

• Pesticides

On désigne généralement sous le terme pesticide, tous les produits utilisés pour lutter contre les organismes qui portent atteinte à la santé publique en s'attaquant à tous les stades et toutes les matières, aux ressources végétales ou animales nécessaires à l'alimentation humaine, à l'industrie ou encore à la conservation de l'environnement (MOUMOUNI -DJERMAKOYE, 2005). Ils sont beaucoup plus toxiques que les détergents, puisque leur rôle est précisément la destruction des parasites des cultures qu'ils sont entraînés dans les eaux par ruissellement (ANGELIER, 2000).

• Détergents

Il s'agit de produits susceptibles de permettre des opérations de nettoyage. Les détergents sont des composés tensioactifs synthétiques dont la présence dans les eaux est due aux rejets d'effluents urbains et industriels (MOUMOUNI-DJERMAKOYE, 2005).

2.2.3.3. Les polluants biologiques

Ils sont constitués d'organismes libres et des agents pathogènes.

✚ Les organismes libres

Parmi les organismes libres présents dans l'eau, ceux qui importent sont : le plancton et les macro invertébrés (MOUMOUNI-DJERMAKOYE, 2005).

✚ Les agents pathogènes

Ils comprennent : les virus, les bactéries et les parasites. Le plus courants sont liés au péril fécal (MOUMOUNI-DJERMAKOYE, 2005).

• Les virus

Les virus sont des agents pathogènes extrêmement petits (MONOD, 1989). Ce sont les plus préoccupants en matière de transmission par l'eau des maladies infectieuses et sont essentiellement ceux qui se multiplient dans l'intestin « entérovirus ». Ils pénètrent dans l'eau par les effluents des égouts ou par contamination directe par les matières fécales (MOUMOUNI -DJERMAKOYE, 2005).

• Les bactéries

➤ Les coliformes

Les coliformes regroupent différentes espèces bactériennes appartenant à la famille des Enterobacteriaceae et dont la caractéristique est la fermentation du lactose avec production de gaz à 37 °C (CHAMPIAT ET LARPENT, 1988).

Les coliformes totaux sont des indicateurs de pollution d'origine organique dans les eaux de surface, les eaux souterraines, les sources d'approvisionnement ou les canalisations d'eau potable.

Une eau traitée ou une eau souterraine bien protégée ne devraient pas contenir de coliformes totaux, mais leur présence ne constitue pas un risque immédiat pour la santé. Le groupe des coliformes totaux inclut des espèces bactériennes qui résident dans l'intestin des animaux à sang chaud ainsi que de manière naturelle dans les sols, la végétation, l'eau des sources, les lacs et les rivières. Ce sont maintenant les coliformes fécaux où l'espèce type *Escherichia coli* qui sont les indicateurs qui conduisent à un avis d'ébullition (**CHAMPIAT ET LARPENT, 1988**).

E. coli est une espèce bactérienne appartenant au groupe des coliformes fécaux. Cette bactérie est toujours trouvée dans les matières fécales des animaux à sang chaud, mais, à la différence des coliformes totaux, elle n'est pas présente de manière naturelle dans l'environnement et ne colonise pas le biofilm des réseaux de distribution. *E. coli* est donc un indicateur spécifique d'une contamination fécale et sa présence dans l'eau indique la présence possible de microorganismes pathogènes entériques (**CHAMPIAT ET LARPENT, 1988**).

➤ Les streptocoques

Les streptocoques fécaux sont des streptocoques du groupe sérologique D de Lancefield. Ce sont des commensaux du tube digestif de l'homme et des animaux (**FERRON, 1983**) et d'excellents indicateurs de pollution fécale (**CHAMPIAT ET LARPENT, 1988**). Ce sont des coques Gram positif, en chaînettes, catalase négative et possédant l'antigène du groupe D (**LECLERC ET AL, 1983**). Cet antigène correspond au polyside C pariétal, caractéristique des streptocoques et support de la spécificité du groupe (**REJSEK, 2002**).

• Les parasites

C'est surtout le milieu physique (retenue d'eau, canal, etc.) et les caractéristiques physicochimiques qui créent les conditions propices à la prolifération des vecteurs et hôtes intermédiaires des parasites. Parmi les parasites pathogènes pour l'homme qui sont transmissibles par l'eau, les plus importants, sont : les protozoaires et les helminthes (**MOUMOUNI - DJERMAKOYE, 2005**).

➤ Protozoaires

Parmi les protozoaires intestinaux pathogènes pour l'homme et transmissibles par l'eau de boisson, on peut citer : *Entamoebahistolytica*, *Giardia intestinalis* et *Balantidium coli*. Tous ces protozoaires ont été associés à des manifestations épidémiques dues à l'eau de boisson (**MOUMOUNI-DJERMAKOYE, 2005**).

➤ Les helminthes

Une grande diversité d'œufs et de larves d'helminthes a été décelée dans l'eau de boisson. Ils ne sont pas nécessairement véhiculés par l'eau mais ceux pouvant être véhiculés par l'eau de boisson sont : les Trématodes, les Cestodes et les Nématodes (**MOUMOUNI-DJERMAKOYE, 2005**).

3. description de la zone d'étude

3.1. Présentation de la zone d'étude

3.1.1. Situation géographique

La zone d'étude s'étend de la jonction de l'oued el-Cheref et l'oued Bouhamdane au lieu dit Medjez Amar jusqu'à la jonction avec Oued Hammam Bradeaa d'une longueur de 20 km. C'est la plaine alluviale du haut Seybouse (**Figure 2**) (ANNONYME 4).

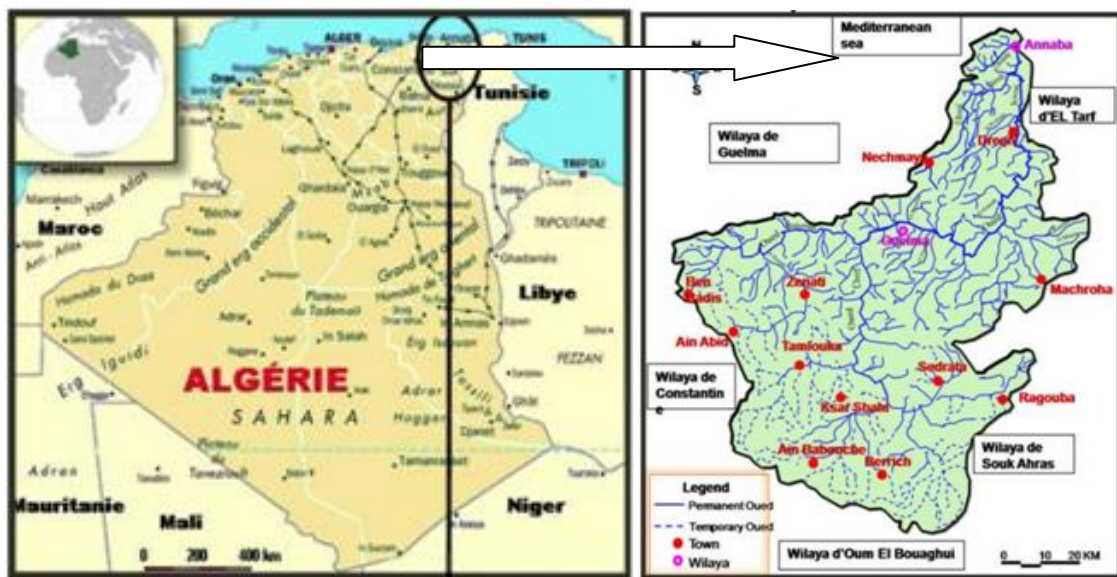


Figure n°2 : Carte de situation du bassin de la Seybous (ANNONYME 4)

Oued seybouse prend sa source à Medjez Amar (point de rencontre entre Oued Charef et Oued Bouhamdane) (**figure 3**). Il traverse la plaine Guelma – Bouchegouf sur plus de 45 Km du Sud au Nord. Son apport total est estimé à 408 millions m³/an à la station de Boudaroua (commune de Ain Ben Beida). (ANONYME 3).



Figure n°3 : oued Seybouse. (ANNONYME 4)

3.1.2. Situation géologique

Les terrains affleurant dans la région de Guelma sont représentés par des formations allant du Néocomien au Plio-Quaternaire (**RAOULT J.F., 1974**).

3.1.3. Lithologie

La région de Guelma s'inscrit dans le cycle de l'érosion, le principal agent modificateur est l'eau. Cette région présente des différents groupes lithologique qui dépendent des conditions climatiques, géologique et également de la tectonique :

- Roches résistantes : des dolomies noires jurassiques, calcaires et grés.
- Roches moyennement résistants : marno-calcaire, conglomérat et marnes.
- Roches meubles : marnes et argiles

Les principales formations superficielles observées dans cette région : éluvions, colluvions, alluvions, la haute terrasse, la moyenne terrasse et la basse terrasse (**AGID in BOUCHIHEB M.,2001**).

3.1.4. Climat

L'Algérie occupe une vaste étendue territoriale, sa superficie dépasse les deux millions de Km². Plus de 4/5 de sa superficie est désertique. D'où une large variété géographique et climatique allant du littoral au désert. La classification climatique en Algérie permet de distinguer quatre zones principales (**BOUKHROUH F, 1970**).

Zone A : Littoral marin.

Zone B : Arrière littoral montagne.

Zone C : Hauts plateaux.

Zone D : Pré-saharien et saharien.

Le climat de Guelma est celui de l'arrière littoral montagne (Zone B). Déterminé par des hivers plus froids et plus longs et des étés chauds et moins humides que ceux du littoral.

A rappeler que pour définir les climats on devra s'appuyer constamment sur les données moyennes et extrêmes. D'où peuvent se mesurer les amplitudes moyennes des températures annuelles entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid, et amplitude des extrêmes absolues de températures quotidiennes (entre le maximum diurne et minimum nocturne) (**BOUKHROUH F, 1970**).

3.1.4.1. Température

L'interprétation des données climatiques de Guelma, période 1995-2004 (**Figure n°6**) fait ressortir que la température annuelle moyenne est de 17.9°C avec 27.7°C en août (le mois le plus chaud) et 10°C en janvier (le mois le plus froid). Les extrêmes absolus enregistrés varient entre -3.5°C au mois de janvier à 47°C au mois de juillet. Les amplitudes mensuelles ne sont pas très contrastées comparées aux amplitudes annuelles qui dépassent les 31.6°C. Ce qui distingue la période chaude de la période froide. (**BOUKHROUH F, 1970**)

3.1.4.2. Précipitations

La répartition des précipitations à Guelma est marquée par une durée de sécheresse durant l'été, avec un minimum de 2.6mm enregistré en juillet. Le reste des saisons est marqué par des précipitations considérables. Le total annuel est de 688.3 mm avec un maximum de 137.7 mm enregistré en décembre. Près de 57% de la pluviométrie est enregistrée pendant la saison humide. (**BOUKHROUH F, 1970**).

3.1.4.3. Humidité

La moyenne mensuelle de l'humidité relative dépasse les 68.3 % avec une moyenne maximale de 94.2% et une moyenne minimale de 29.1%. Les valeurs des humidités moyennes maximales laissent penser à un climat humide ou sub-humide. D'après le calcul d'indice d'aridité de Martonne (Im) Donc le climat de Guelma est un climat sub-humide. (**BOUKHROUH F, 1970**).

3.1.4.4. Vents

Les vents prédominants à Guelma sont d'une vitesse moyenne qui varie de 1.46 à 2m/s pour une moyenne annuelle de 1.80 m/s. Mais il est enregistré 36.2 j/an de Sirocco.

Les vents à Guelma sont de diverses directions. Ceux de Nord-Ouest avec une moyenne de 23.77%, ils atteignent leur maximum au mois de décembre et leur minimum au mois de juillet avec 10.36%. A l'inverse les vents Nord-est sont plus fréquents au mois de juillet, avec un maximum de fréquences entre les mois d'octobre et février. Enfin le sirocco se manifeste au Nord plus qu'au Sud de la région, surtout en juillet de 6 à 7 jours en moyenne. C'est un vent chaud et desséchant très néfaste pour les cultures. (BOUKHROUH F, 1970).

3.1.4.5. Diagramme pluviothermique de Guelma

Le diagramme pluviothermique de Guelma (Figure 4), fait distinguer deux périodes : La première froide et humide où la courbe de précipitations est au dessus de celle des températures. La seconde est considérée chaude et sèche. La période humide débute d'octobre à avril et la période sèche s'étale de mai à octobre (DPAT, 2004 In BOUCHIHEB M., 2001).

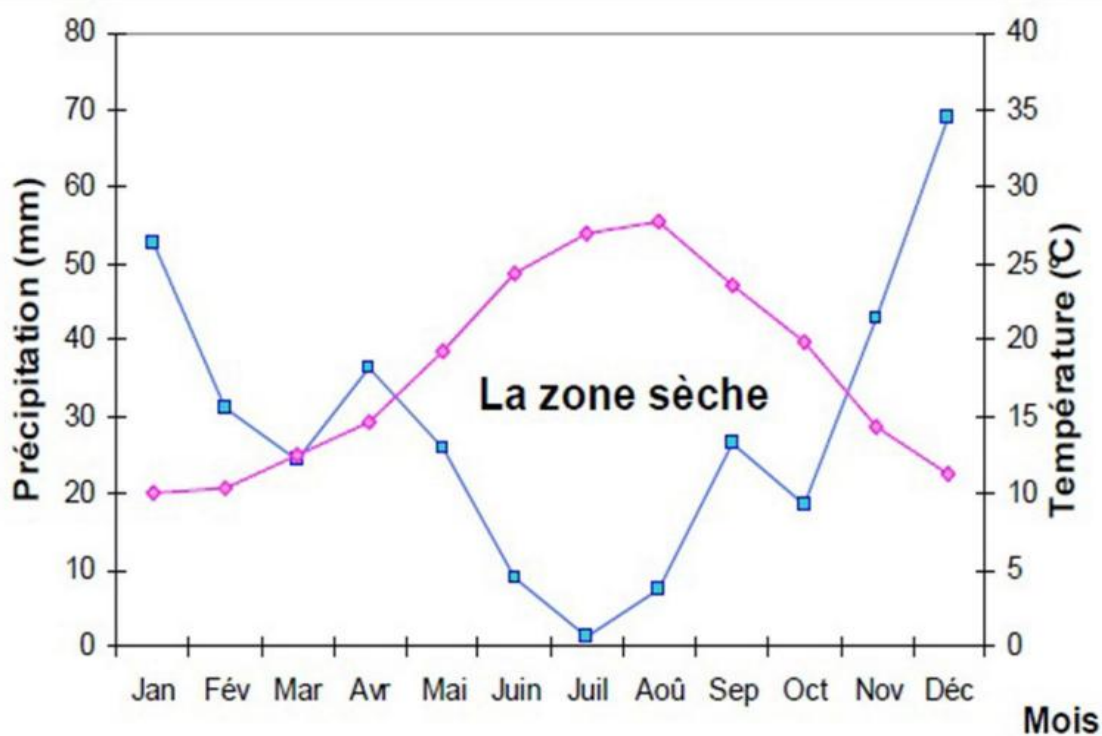


Figure n°4 : Diagramme pluviothermique de la région de Guelma. (DPAT, 2004 In BOUCHIHEB M., 2001).

3.1.4.6. Evaporation

L'évaporation mensuelle atteint un maximum de 186.8mm au mois de juillet et un minimum de 49.6mm en février. L'évapotranspiration potentielle (ETP) calculée est de l'ordre de 994 mm (ZEDDOURI A., 2003).

3.1.5. Microclimat

Le territoire Guelmois se caractérise par un microclimat sub-humide au centre et au Nord, et semi aride vers le Sud. La diversité des microclimats est due à l'influence de plusieurs

paramètres qui participent simultanément, surtout à l'élévation du taux d'humidité comme son rapprochement par rapport à la mer (60Km), la présence de oued Seybouse, le 49massif forestier intense, les sources thermales et les barrages (DPAT, 2004 In BOUCHIHEB M., 2001).

3.1.6. L'agriculture

D'une vocation essentiellement agricole, Guelma recèle un important potentiel. Avec 266.000 Ha de surface agricole totale, soit 72,15 % de la superficie totale.

La surface agricole utile est de près de 186.122.Ha. Une superficie de pacages et parcours de 53.473 Ha, soit 14,50 % de la superficie totale de la wilaya et 20,10 % de la SAT.

Les terres improductives de 26.405 Ha, soit 7,16 % de la superficie totale de la Wilaya et 9,92 % de la S.AT. La superficie irrigable est près de 17.343 Ha, soit 9,35 % de la SAU. (S.A.G, 2004 IN BOUCHIHEB M., 2001). (Figure 5).

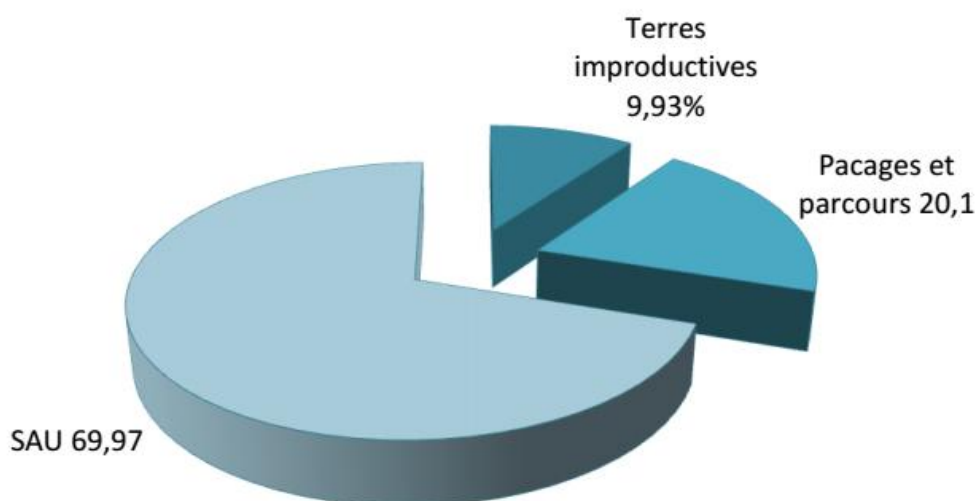


Figure n°5 : Répartition de la superficie agricole/STA de la région de Guelma (SERVICES AGRICOLES DE GUELMA, 2000 IN BOUCHIHEB M., 2001).

3.1.7. Occupation des sols

Les sols qui avoisinent l'oued Seybouse sont essentiellement à vocation agricole, de nombreux types de cultures sont présents : cultures fruitières, cultures maraîchères, Céréaliculture, cultures industrielles. L'ensemble de ces cultures sont irrigué et puise leur eau de l'oued de même que les eaux de drainage sont rejeté dans l'oued avec leur charge en e élément polluant (DPAT, 2004 In BOUCHIHEB M., 2001).

3.2 Technique d'échantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à la quelle le plus grand soin doit être apporté, il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène et représentatif, et ne pas modifier les caractéristiques physico – chimiques de l'eau (RODIER, 1984).

3.2.1 Critère de choix des sites

Les raisons qui sont à l'origine du choix des sites sont :

- le degré de saturation en eau (nappe souterraine ou superficielle).
- la représentativité des sites de prélèvement à l'ensemble de la zone.
- l'accessibilité plus au moins facile à ces milieux.

3.2.2. Les stations étudiées

Nous avons réalisé un échantillonnage le long d'un transect de 12 km de longueur qui commence de la jonction des deux affluents (Oued Charef et Oued Bouhamdane) et qui se termine au niveau de la jonction Oued Bradeaa et l'Oued Seybouse (Tableau 8) ; (Figure 6 et 7).

Tableau n°8 : Stations étudiées.

N°station	Nom	Latitude	Longitude	Altitude
1	Bouhamdane	36°26'35	7°18'37	254m
2	Charef	36°26'33	7°18'40	247m
3	La station de relevage	36°26'32	7°18'56	245m
4	Usine de carrelages	36°28'04	7°20'17	239m
5	Affluent de Seybouse	36°28'59	7°21'26	225m
6	Jonction Oued Lebradeaa	36°29'22	7°26'46	118m



Figure n°6 : les stations de prélèvement.

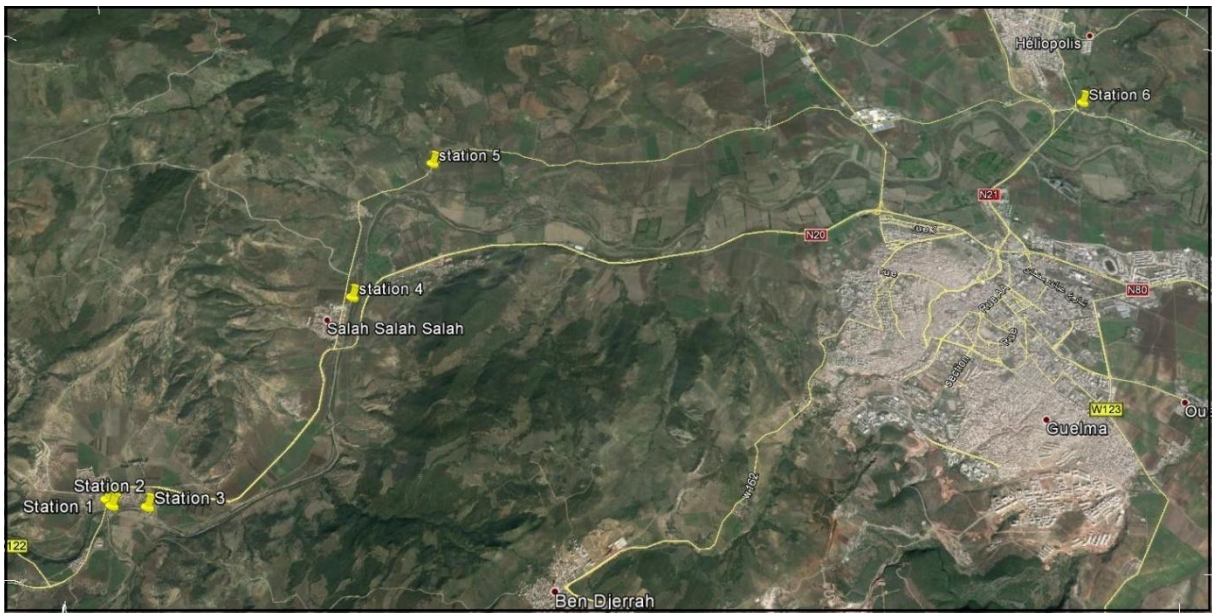


Figure n°7 : Répartition des stations étudiées le long de l'oued Seybouse.

3.2.3 Méthodes de prélèvement

les prélèvements ont été faits manuellement, à partir du plan d'eau, les bouteilles ont été plongées à une profondeur de 10-15 cm.

Elles ont été rincées plusieurs fois avec de l'eau à prélever puis remplies jusqu'au bord. Le bouchon sera placé de telle façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport (**RODIER, 1984**).

3.2.3.1 Choix du contenant

Les échantillons d'eau ont été prélevés dans des contenants en matière plastique pour trois raisons majeures :

- la facilité qu'ils présentent pour le transport.
- leur résistance par rapport au contenant en verre.
- la disponibilité (flacons de récupération).

3.2.3.2 Conservation des échantillons

Entre les prélèvements et analyses les échantillons ont été conservés à basse température (4°), la congélation a été également utilisée et ce à fin d'éviter les transformations chimiques, physiques ou biologiques qui peuvent avoir lieu (**RODIER, 1984**).

3.2.3.3 Période d'échantillonnage

L'opération d'échantillonnage a été réalisée en deux périodes établis selon le diagramme ombrothermique de fin de période humide qui correspond en même temps au début de la période sèche (**BOUCHIHEB M., 2001**).

C'est ainsi que l'opération d'échantillonnage s'est effectué, début de Mars pour la saison humide, et début de Mai pour la saison sèche.

3.4 Méthodes d'analyses

3.4.1 Examens préliminaires

a- Filtration

La filtration doit avoir lieu avant tout dosage et dès l'arrivée de l'échantillon au laboratoire car elle conditionne souvent la validité des résultats en diminuant les risques d'évolution des eaux

Les échantillons prélevés ont été filtrés sur papier filtre dont le diamètre des pores est de $0.45\mu\text{m}$ (CHELGHOUM, 1997).

b- Détermination des matières en suspension (MSE)

Méthode par filtration : l'eau est filtrée et le poids de matière retenu par le filtre est déterminé par pesée différentielle (RODIER, 1984).

c-Détermination du résidu sec

Une certaine quantité d'eau est évaporée dans capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé (RODIER, 1984).

3.4.2. Mesures physico-chimiques

a- pH (mesure électrométrique)

Le pH indique la concentration en ions H^+ présents dans l'eau (RODIER, 1978). Pour mesurer le pH, nous avons utilisé un pH-mètre étalonné.

b-La conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau est liée à la présence des ions et augmente avec la température et la concentration en sels dissous (RODIER, 1978). Elle est mesurée par un conductimètre étalonné.

3.4.3. Mesures chimiques

Les eaux naturelles contiennent toujours des sels minéraux, et une grande part de l'analyse chimique d'une eau consiste à doser les anions et les cations les plus abondants et qui forment ces sels minéraux (RODIER, 1978).

a-Dosages des anions

Les carbonates (CO_3^{2-}) et les bicarbonates (HCO_3^-) : les carbonates alcalins, facilement solubles à l'eau ne se trouvent que dans les sols salés à alcalis. Les carbonates alcalino-terreux, solubles dans l'eau chargée en gaz carbonique constituent l'essentiel des sols calcimagnésiques (RODIER, 1978)

Les chlorures (Cl⁻) : le chlore est dosé par la méthode de MOHR (argentométrie) : on précipite le chlore par des nitrates d'argent titré en présence de chromate. L'apparition du précipité rouge de chrome d'argent indique la fin de la réaction (**RODIER,1978**).

Les sulfates (SO₄²⁻) : le dosage des sulfates se fait par gravimétrie après précipitation à l'état de sulfate de baryum (**RODIER,1978**).

Les composés phosphorés : (les ortho-phosphates) : le phosphore peut exister dans les eaux en solution ou en suspension, à l'état minéral et organique, et sous la forme de différents composés (**RODIER, 1978**).

b- Dosages des cations

Le calcium (Ca⁺⁺) et le magnésium (Mg⁺²) : par titrimétrie (**RODIER,1978**).

4. Résultats et discussion

Les résultats de mesures des différents paramètres sont présentés ci-dessous. Leur présentation graphique pour chacun des paramètres permet de mieux montrer les éventuelles variations et peuvent faciliter les interprétations.

4.1. Résultats des analyses physicochimiques

4.1.1. Mesure du pH

Les valeurs recueillies par le pH-mètre sont mentionnées dans le (Tableau 9) et La (Figure 8).

Tableau n°9: Résultats des mesures du pH des sites étudiés.

N° Station	1	2	3	4	5	6
Période 1	8.06	8.36	8.27	8.18	8.34	8.29
Période 2	7.48	7.67	7.64	7.68	Sec	7.74

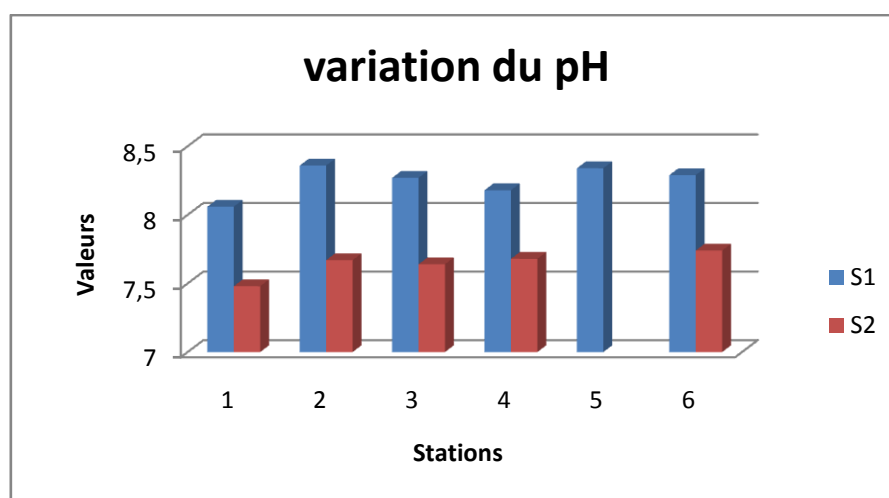


Figure n° 8 : Variation du pH selon les stations étudiées.

Le pH exprime l'acidité ou l'alcalinité d'une eau suivant respectivement quand sa valeur se trouve dans la bande de 0 à 7 ou de 7 à 14 et la valeur 7 correspond au pH neutre.

Les valeurs des mesures montrent que les eaux de nos stations sont basiques avec des valeurs supérieures à 8 durant la première période alors que la deuxième période les valeurs sont relativement neutralisées suite à la précipitation qu'a connue la région en fin du mois d'Avril.

Durant la première période se sont les eaux de l'oued Charef qui présentent plus d'alcalinité car ces eaux traversent des terrains riches en sels et en calcaire en particulier.

4.1.2. Mesure de la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Les résultats des mesures effectuées sont reportés dans Le (**Tableau 10**) et La (**Figure 9**).

Tableau n°10: Résultats des mesures de la conductivité électrique.

N° Station	1	2	3	4	5	6
Période 1	626	1092	842	902	740	760
Période 2	538	1394	813	966	Sec	825

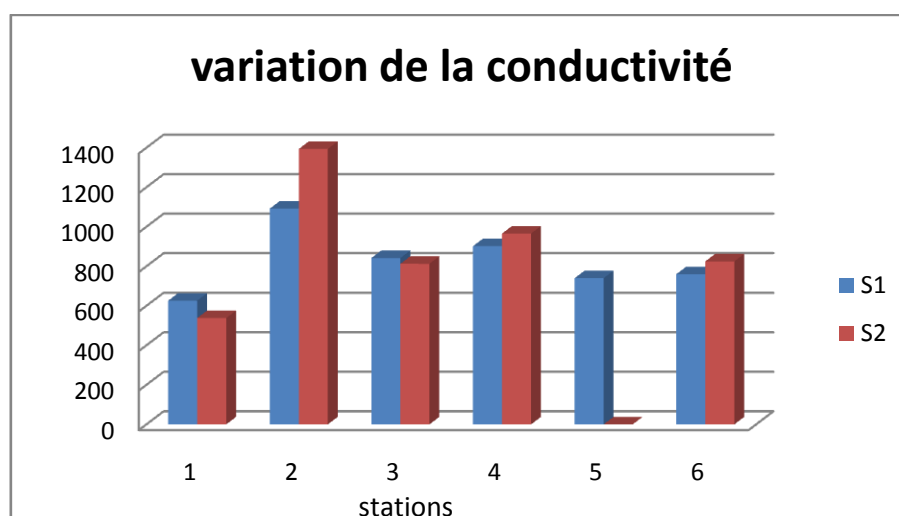


Figure n°9 : Variation de la conductivité électrique selon les stations étudiées.

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement la minéralisation globale de l'eau (**RODIER ,2007**). Sa mesure donne une estimation de la qualité de sels ionisables dissous (la salinité).

La conductivité est également fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente. (**RODIER ,2007**).

Les valeurs de la conductivité électrique des échantillons d'eau varient entre $626\mu\text{S}/\text{cm}$ « Oued Bouhamdane » et $1092\mu\text{S}/\text{cm}$ « Oued Charef » durant la première période, les autres stations ont des valeurs intermédiaires, tandis que durant la deuxième période les valeurs change peut et garde la même distribution.

Les valeurs obtenues ne présentent aucun risque actuel de salinisations des sols. Il est à remarquer que le maximum d'électrolyte son solubilisé dans les eaux de l'oued charef.

4.1.3. Mesure des matières en suspension (mg/l)

Les quantités de matières en suspension obtenues par cette analyse sont indiquées dans le (Tableau 11) et La (Figure 10).

Tableau n°11: Résultats des mesures des MES (mg /l).

N° Station	1	2	3	4	5	6
Période 1	0.0071	0.7393	0.2346	0.45	0.0004	0.002
Période 2	0.0078	0.0098	0.005	0.0032	Sec	0.0757

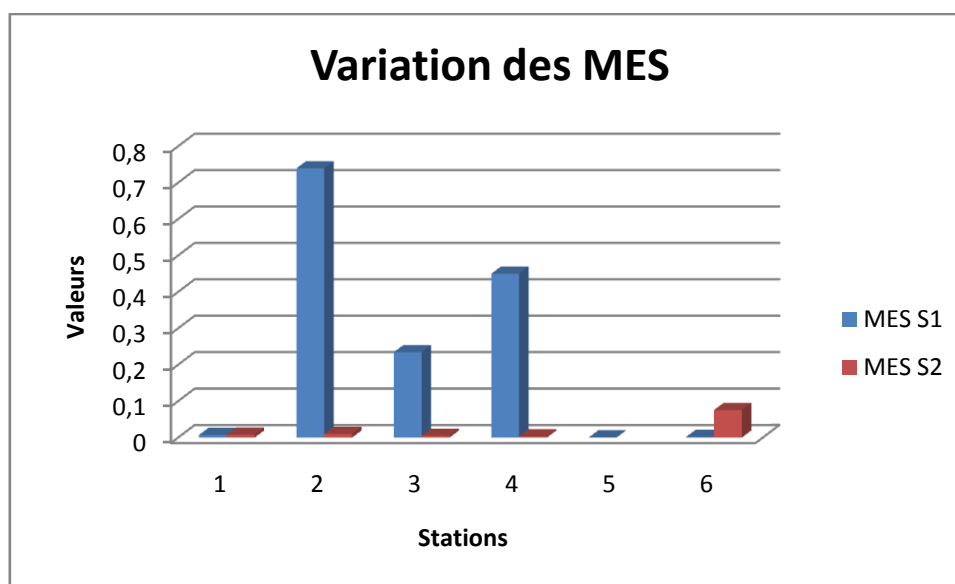


Figure n°10 : Variation quantitative des matières en suspension selon les stations étudiées.

La teneur, l'origine et la composition minérale des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau.

Les matières en suspension sont définies comme étant l'ensemble de la matière non soluble qui reste en suspension ou se dépose dans le cours d'eau en absence de facteurs de turbulence.

Les teneurs enregistrées des matières en suspension des échantillons d'eau sont maximale (0.7 mg/l) au niveau de l'Oued Charef, diminue juste après la jonction et le long du cours d'eau cela pour la première période alors que durant la deuxième phase d'échantillonnage le cour d'eau semble moins chargé.

4.1.4. Mesure des résidus secs (mg/l)

Les quantités des résidus secs présentes dans l'eau des sites étudiés sont mentionnées dans Le (Tableau12) Et La (Figure11).

Tableau n°12: Résultats des mesures de résidus secs (mg /l).

N° Station	1	2	3	4	5	6
Période 1	0.0623	0.5459	0.2518	0.51	0.0118	0.0559
Période 2	0.018	0.0957	0.0489	0.0608	sec	0.105

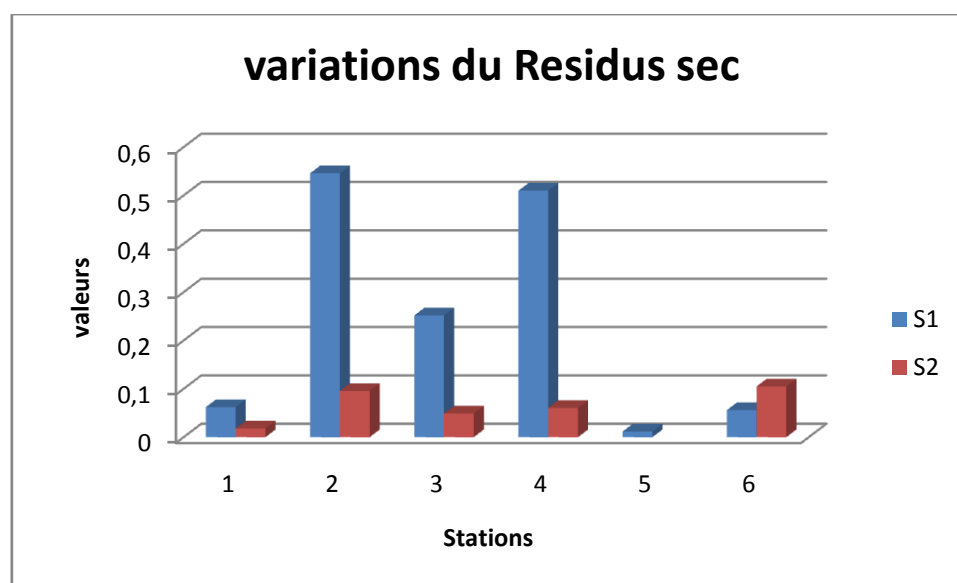


Figure n°11 : Variation quantitative des résidus secs selon les stations étudiées.

Le résidu sec représente la quantité d'éléments minéraux contenus dans les matières en suspensions de l'eau, les résultats montrent que notre eau est très riche en sels soluble dans l'Oued Charef avec une valeur maximale de 0.556 mg/l et très pauvre en sels dans l'Oued Bouhamdane avec une valeur minimale de 0.062 mg/l, le mélange des deux eaux permet un enrichissement des eaux de l'oued mais ce gain reste acceptable cela pour les deux périodes.

Cette richesse ne présente aucun risque pour utilisation de cette eau en irrigation.

4.1.5. Mesure des chlorures (Cl)

Les valeurs de mesure de ce paramètre sont consignés dans le (**Tableau 13**) et la (**Figure12**)

Tableau n°13: Résultats des mesures de la concentration des chlorures (mg /l).

N° Station	1	2	3	4	5	6
Période 1	0.4	0.4	0.2	0.4	0.5	0.2
Période 2	1.6	1.2	3.8	2.2	Sec	0.6

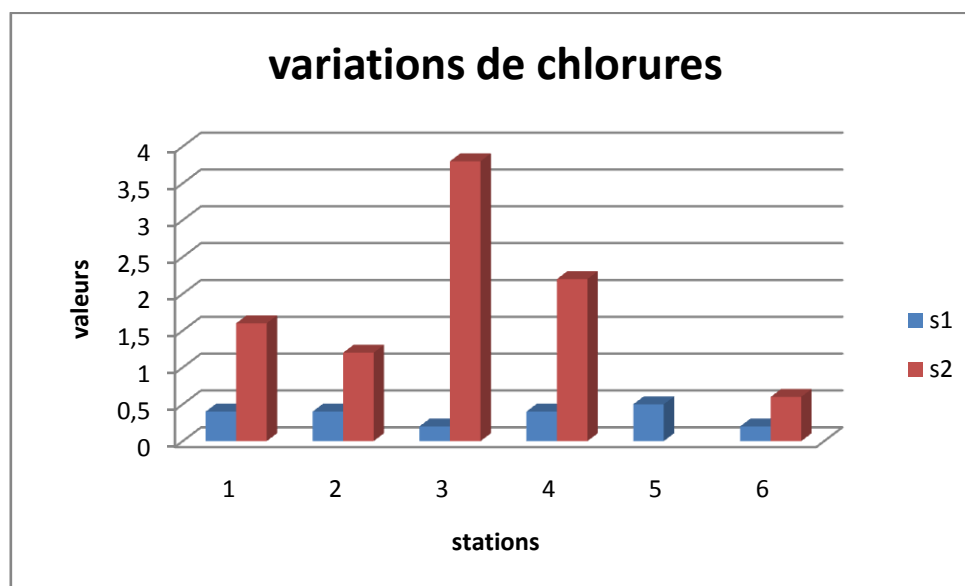


Figure n° 12 : Variation de la concentration en ions chlorures selon les stations étudiées.

Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés (**RODIER ,2007**).

On remarque que les teneurs en chlorures sont faibles et presque identique dans l'ensemble des stations étudiés durant la première période, alors que durant la second période nous enregistrons une augmentation sensible dans les eaux de l'oued cela est expliqué par la présence des engrais chloruré utilisé durant cette période.

4.6. Mesure des Sulfates (SO_4^{2-})

Les résultats des mesures qu'on a effectuées sont indiqués dans le (**Tableau 14**) et la (**Figure13**).

Tableau n°14: Résultats des mesures des ions sulfates (mg /l).

N° Station	1	2	3	4	5	6
Période 1	13.7	52.7	29.7	38.37	35.03	9.7
Période 2	191.37	215.37	142.33	129.37	sec	112.7

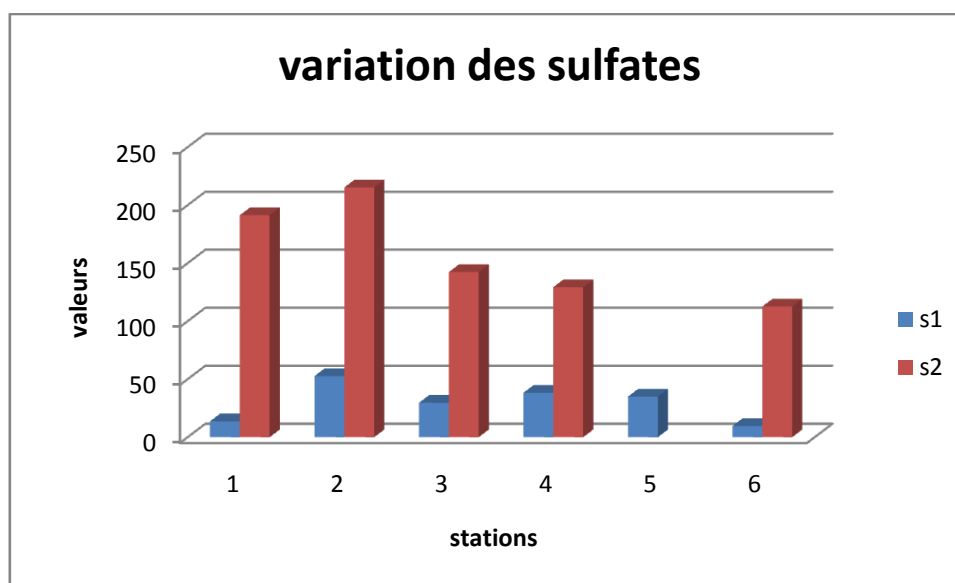


Figure n° 13 : Variation de la concentration en ions sulfates selon les stations étudiées.

La concentration en ions sulfate des eaux naturelles est très variable. Elle doit être liée aux éléments alcalins et alcalinoterreux de la minéralisation.

En ce qui concerne l'écotoxicité éventuelle des sulfates, les chercheurs Nisbet et Verneaux qualifient de « normales » les eaux présentant une concentration en sulfates inférieure ou égale à 20 mg/l et de « particulières, plus ou moins séléniteuses ou polluées » les eaux de concentration comprise entre 20 et 120 m/l (**RODIER ,2007**).

Les sulfates sont faible durant la première période dans l'ensemble du cours d'eau alors que durant la deuxième période nous enregistrons une augmentation sensible qui peut être liée au lessivage des engrais utilise sur les terrains agricoles voisins.

4.1.7. Mesure des carbonates (CO₃²⁻).

Les résultats des mesures qu'on a effectuées sont indiqués dans le (Tableau15) et la (Figure 14).

Tableau n°15: Résultats des mesures des ions carbonates (mg /l).

N° Station	1	2	3	4	5	6
Période 1	00	00	00	00	00	00
Période 2	30.4	29.6	33.6	32	sec	24

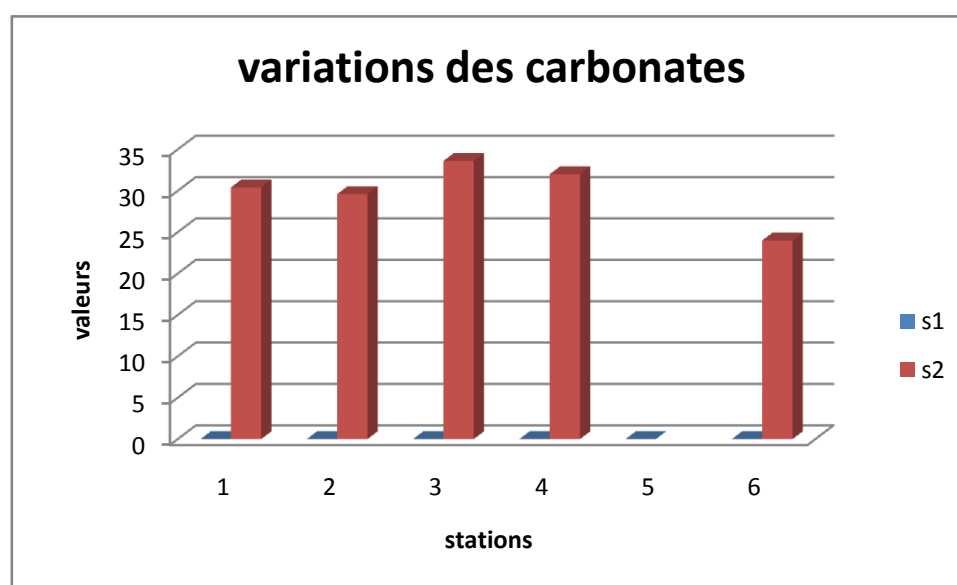


Figure n° 14 : Variation de la concentration en ions Carbonates selon les stations étudiées.

Les carbonates sont généralement issus de la dissociation des carbonates de calcium, durant la première période ces ions étaient totalement absents, mais au cours de la deuxième période nous avons noté une forte concentration dans l'ensemble des stations.

4.1.8. Mesure Bicarbonates (HCO_3^-).

Les résultats des mesures qu'on a effectuées sont indiqués dans le (Tableau 17) et la (Figure16).

Tableau n°16 : mesures des ions bicarbonates (mg /l).

N° Station	1	2	3	4	5	6
Période 1	00	00	00	00	00	00
Période 2	2.8	3.2	8.8	2	Sec	14.4

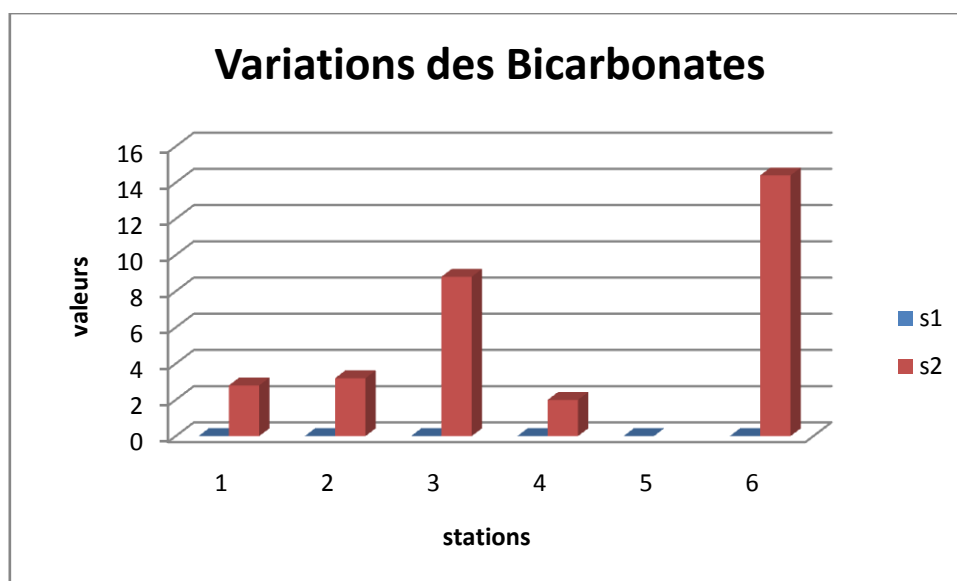


Figure n° 15 : Variation de la concentration en ions bicarbonates selon les stations étudiées.

Les bicarbonates sont généralement issus de la réduction des carbonates, durant la première période ces ions étaient totalement absents, mais au cours de la deuxième période nous avons noté une teneur qui augmente surtout au niveau de la dernière station (**Figure 15**).

4.1.8. Mesure des Ortho phosphates.

Les résultats des mesures qu'on a effectuées sont indiqués dans le (**Tableau 17**) et la (**Figure 16**).

Tableau n°17 : mesures des ions Ortho phosphates (mg /l).

N° Station	1	2	3	4	5	6
Période 1	0.0052	0.015	0.52	3.5	0.011	0.463
Période 2	0.984	0.063	0.042	0.068	sec	1.2

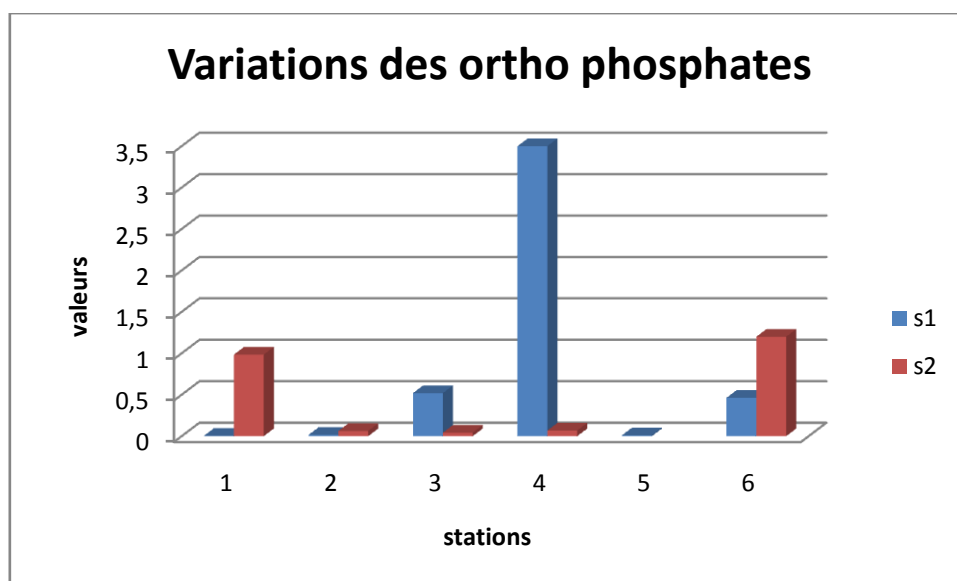


Figure n°16 : Variation de la concentration en ions des ortho-phosphates selon les stations étudiées. Généralement les ortho-phosphates proviennent soit des engrais apporté ou de la pollution.

Dans les stations étudiées et durant la première période les valeurs obtenues sont négligeable par contre durant la deuxième période, seule la station de l’unité de carrelage présente des valeurs très élevés.

4.1.9. Mesure du magnésium (Mg^{++})

Les résultats des mesures qu’on a effectuées sont indiqués dans le (**Tableau 18**) et la (**Figure 17**).

Tableau n°18 : Résultats des mesures des ions magnésium (mg /l).

N° Station	1	2	3	4	5	6
Période 1	6.4	11.5	6	9.4	12.2	7.2
Période 2	29.1	15.4	18.2	10.5	sec	17

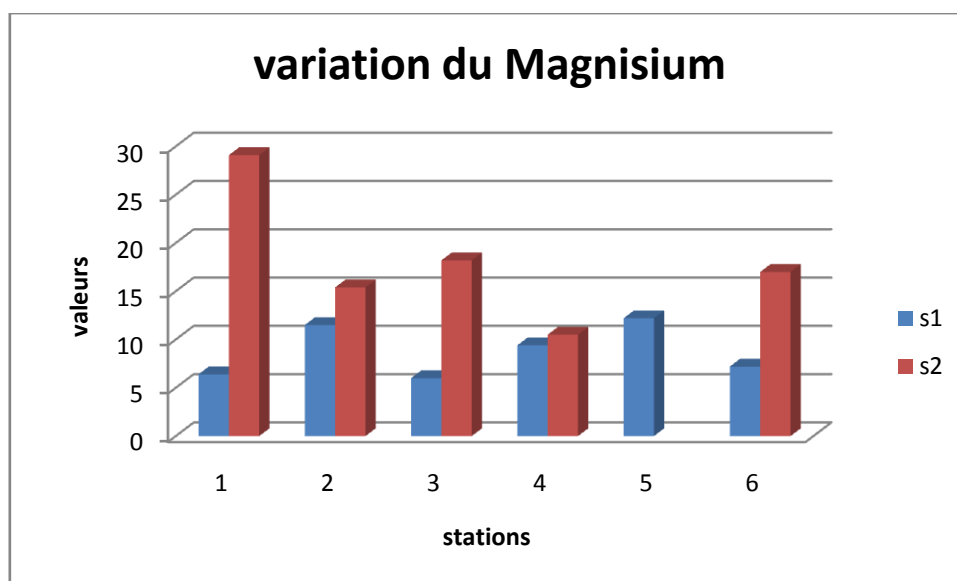


Figure n° 17 : Variation de la concentration en ions magnésium selon les stations étudiées.

Le magnésium est plus important dans l’Oued Charef qui traverse des roches calcaires et qui sont enrichis en Mg^{++} .durant la première période par contre durant la deuxième période, nous enregistrons une homogénéité dans les teneurs le long de l’oued sauf au niveau de Bouhamdane.

4.1.10. Mesure du Calcium (Ca^{++})

Les résultats obtenus du calcium sont mentionnés dans le (**Tableau 19**) Et La (**Figure 18**).

Tableau n°19: Résultats des mesures des ions calcium (mg /l).

N° Station	1	2	3	4	5	6
Période 1	11.5	18.1	12.9	11	16.2	19
Période 2	20.1	7.3	3.9	7.2	Sec	23.8

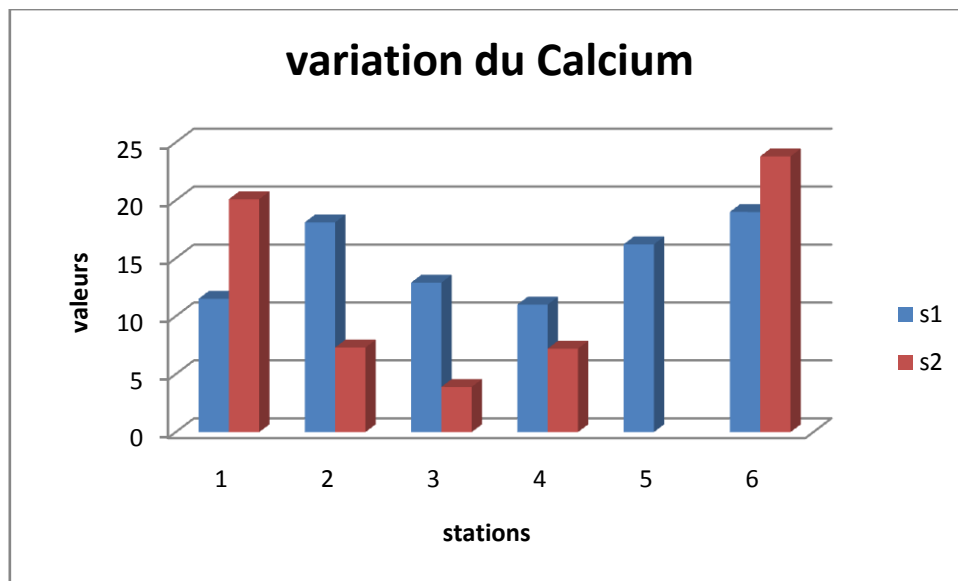


Figure n°18 : Variation de la concentration en ions calcium selon les stations étudiées.

Les résultats des analyses montrent que les teneurs en calcium sont très faible dans les eaux de l'Oued quelque soit la période. Elle ne dépasse pas 25mg/l.

La caractérisation physico-chimique des eaux de l'oued Seybouse, aborde sur un tranchant long de 12km et qui commence par la jonction de deux principaux affluents : Cheref et Bouhamdane et se termine par la jonction de la châba de Hammam Bradeaa.

Six stations ont été retenues pour être échantillonnées en deux périodes.

Les analyses réalisées ont porté sur des paramètres indiquant les possibilités de pollution.

Les résultats obtenus révèlent l'existence de l'effet période d'une part et de la différence dans la qualité des eaux des deux affluents, ce montre le rôle des structures géologiques des terres traversées par les cours d'eau.

Le maximum de charge solide et des sels solubles semble être transporté par l'oued Cheref qui prend ses sources en zone semi aride avec des roches calcaires et la présence du trias d'une part et d'un couvert végétal assez dispersé protégeant mal les formations lithologiques qui s'altèrent sous l'effet des aléas climatiques.

Dans les stations situées au niveau de la zone agricole (Station 3-6), un effet de lessivage des ions et cations issu de l'apport des engrais ou de la pollution peut être noté.

A l'issue de cette étude il ressort que la qualité des eaux de l'Oued Seybouse varie en fonction de l'origine d'une part et en fonction des pratiques culturales d'autre part. Un suivi mensuel le long du cours d'eau peut donner une image plus au moins nette sur la qualité de ces eaux.

D'une manière générale nous pouvons dire que le lessivage des engrais est décelable d'où la nécessité de contrôler les apports afin d'éviter une pollution de l'eau et perte économique.

RESUME

La caractérisation physico-chimique des eaux de l'oued Seybouse, prélevée sur une partie longue de 12km qui commence avant la jonction de deux principaux affluent : Charef et Bouhamdane et se termine par la jonction avec Chaabat Hammam Bradaa.

Six stations ont été échantillonné quatre au niveau des eaux de l'oued alors que les dernières stations sont situé sur des affluent secondaire et qui draine les eaux de lessivage des terres agricole avoisinantes.

Les analyses réalisées ont porté sur des paramètres indiquant les possibilités de pollution en utilisant des protocoles appropriés

Les résultats obtenus révèlent que les eaux de l'oued Charef sont plus chargé en matière solide et en sel soluble que celle de Bouhamdane .

Il ressort de cette étude que la qualité des eaux de l'Oued Seybouse varie en fonction de son l'origine d'une part et en fonction des pratiques culturale, car le lessivage des engrais est décelable d'où la nécessité de contrôler les apports afin d'évité une pollution de l'eau et perte économique.

Mots clés : Eau, Oued Seybouse, Pollution.

ABSTRACT

The physicochemical characterization of the waters of the Oued Seybouse, taken from a 12km long part of that begins before the junction of two main tributary: Charef and bou hamdane and ends with the junction with Chaabat Hammam Bradaa.

Six stations were sampled at four of the waters of the river while the last resort is located on the secondary tributary that drains and leachate from surrounding agricultural land. The analyzes have focused on parameters indicating the possibilities of pollution using appropriate protocols

The results show that the waters of the Oued Charef are loaded solids and soluble salt than bou hamdane.

It appears from this study that the quality of water of the Oued Seybouse varies depending on its origin on the one hand and according to cultivation practices, as the leaching of fertilizers is detectable hence the need to control inputs avoided to water pollution and economic loss.

Key Words: Water, Seybouse, Pollution.

المخلص

الخصائص الفيزيوكيميائية لعينات المياه المأخوذة من جزء طويل يقدر بحوالي 12km من وادي سيبوس, و التي تبدأ قبل تقاطع التدفقين الرئيسيين لكل من : وادي الشارف و واد بوهمدان. و التي تنتهي مع تقاطع كل من شعبة حمام برادع.

أخذت عينات من ست محطات, أربع من مياه الوادي, بينما تقع المحطات الأخيرة على الجداول و التدفقات الثانوية والتي تستنزف مياه الرشح من الأراضي الزراعية المجاورة.

و قد ركزت التحاليل المستعملة على المعايير التي تشير الى احتمالات التلوث و هذا عن طريق استخدام بروتوكولات مناسبة.

و قد أظهرت النتائج المحصل عليها أن مياه وادي الشارف محملة بالمواد الصلبة و الملح القابل للذوبان أكثر من مياه وادي بوهمدان.

ويتضح من هذه الدراسة أن نوعية مياه وادي سيبوس تختلف تبعاً لمصدرها من جهة , و من جهة أخرى وفقاً للممارسات الزراعية, وهذا راجع لتسرب الأسمدة الغير قابلة للكشف وبالتالي يستلزم السيطرة على استهلاكها لمنع تلوث المياه والخسائر الاقتصادية.

الكلمات المفتاحية : ماء , واد سيبوس , التلوث.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Abdelbaki C. Et Boukli Hacène F. (2007). Etude Du Phénomène De Dégradation Des Eaux Souterraines Du Groupement Urbain De Tlemcen ; *Revue Des Energies Renouvelables Vol. 10 N°2 (2007) 257 – 263.*
 2. Amira W. (2008). *Degré De Contamination De L'eau De La Mare Redjla (Taher) Par Les Nitrates : Détermination De La Qualité Physicochimique Et Microbiologique De L'eau. Mémoire De Magister. Université De Jijel. 103 P.*
 3. Anonyme 1 : Université De Saskatchewan, 1984. Centre Du Développement De L'irrigation
 4. Anonyme2 : [Www.Wikipedia.Com](http://www.wikipedia.com).
 5. Anonyme 3 : [Http://En.Wikipedia.Org/Wiki/Seybouse_River](http://en.wikipedia.org/wiki/Seybouse_River).
 6. Anonyme 4 : [Www.Google-Map.Com](http://www.google-map.com).
 7. Angelier E. (2000). *Ecologie Des Eaux Courantes. Tec & Doc. 199 P.*
 8. Ayers R.S. Et Westcot D.W., 1994. Water Quality For Agriculture. Fao. Irrigation And Drainage Paper. N° 29 Rev. 1 Fao, Rome.
 9. Bahmed L., Djebabra M. Et Abibsi A. (2004). Démarche D'intégration Du Concept Qualité – Sécurité - Environnement Aux Systèmes D'alimentation En Eau Potable. *Larhyss Journal, N° 03. 115-128.*
 10. Baghdali L., 2007. La Réutilisation Des Eaux Usées Epurées Pour L'irrigation En Algérie Exposé A Rabat, 9-12 Juillet 2007.
 11. Bensaoula F., Adjim M. Et Bensalah M. (2007). L'importance Des Eaux Karstiques Dans L'approvisionnement En Eau De La Population De Tlemcen. *Larhyss Journal, N° 06, Pp. 57-64.*
 12. Berne F. ; Cordonnier J., 1991. Traitement Des Eaux, Epuration Des Eaux Résiduaire De Raffinage, Conditionnement Des Eaux De Réfrigération, Ed Technip, Paris, France.
 13. Bliefert C. Et Perraud R. (2001). *Chimie De L'environnement : Air, Eau, Sol, Déchets. 1^{ère} Edition. De Boeck & Larciarsa, Bruxelles. 477 P.*
 14. Boeglin J.C. (2006). *Contrôle Des Eaux Douces Et De Consommation Humaine. Dans: Techniques De L'ingénieur W1: Technologie Des Eaux. Techniques De L'ingénieur. Chap.P4 210, Pp : 1-24.*
-

15. Boeglin J.C. (2006). *Propriétés Des Eaux Naturelles. Dans : Techniques De L'ingénieur WI : Technologie Des Eaux. Techniques De L'ingénieur. Chap.G1 110, Pp: 1-8.*
 16. Bouchiheb M., 2001. *Contribution A La Mise En Valeur Agricole Du Périmètre Irrigué De La Plaine De Guelma. Mémoire D'ingénieur, Option : Aménagement Rural Et Milieu Physique. Université Badji Mokhtar – Annaba.*
 17. Boudjadja A., Messahel M. Et Pauc K. (2003). *Les Ressources Hydriques En Algérie Du Nord. Revue Des Sciences De L'eau, 16/3. 285-304.*
 18. Boukrouh F., (Nd). *Etude Géologique Des Dépôts Evaporitiques Du Bassin De Guelma. Mémoire De Magistère, Option : Géologie Des Substances Utiles. Université Mentouri – Constantine*
 19. Bouziani, M. ,2000. *L'eau: De La Pénurie Aux Maladies. Editions Ibn -Khaldoun, Oran, Algérie.*
 20. Cardot C. (1999). *Les Traitements Des Eaux (Procédés Physicochimiques; Cours Et Problèmes Résolus), Ellipses. 247p.*
 21. Champiat D., Larpent J.P., 1994. *Biologie Des Eaux, Méthodes Et Techniques*18
Champiat D. Et Larpent. J.P. (1988). *Biologie Des Eaux ; Méthodes & Techniques. Masson. 375.*
 22. Coulibaly K. (2005). *Etude De La Qualité Physico-Chimique Et Bactériologique De L'eau Des Puits De Certains Quartiers Du District De Bamako. Thèse De Doctorat. Université De Bamako, 55 P.*
 23. Dajoz R. (2006). *Précis D'écologie; Cours Et Exercices Résoluéedunod. 300 P*
 24. Defranceschi M. (1996). *L'eau Dans Tous Ces Etats.Ellipses. Paris. 127 P.* Desjardinsing R. (1997). *Le Traitement Des Eaux. 2^{ème} Edition. Ecole Polytechnique De Montréal. 304 P.*
 25. Drissi S. (2008). *Qualité Ds Eaux De Quelques Sources Dans La Région De Souk-Ahras. Mémoire De Magister. Centre Universitaire De Souk Ahras. 69 P.*
 26. Duvigneaud P. (1980). *La Synthèse Ecologique, 2^{ème} édition, Doin Editeurs, Paris. 380 P.*
 27. Faby.J.A., 1997. *Utilisation Des Eaux Usées Epurées En Irrigation, Edit Fnad.*
 28. Faruqui, N., 2003. *La Gestion De L'eau Selon L'islam. Éditions Karthala, Paris, P144.*
 29. Ferron A. (1983). *Bactériologie Médicale A L'usage Des Etudiants En Médecine. 12^{ème} édition. Editions C Et R. 370 P.*
-

30. Gény P., Waechter P. Et Yatchinovsky A. (1992). *Environnement Et Développement Rural: Guide De La Gestion Des Ressources Naturelles, Editions Frison-Roche (Ministère De La Coopération Et Du Développement, Agence De Coopération Culturelle Et Technique). 418 P.*
 31. Guerree H., Gomella C., 1978. *Les Eaux Usées Dans Les Agglomérations Urbaines Ou Rurales : La Collecte.* Edition Eyrolles, Paris.
 32. Gouaidia L., 2008. *Influence De La Lithologie Et Des Conditions Climatiques Sur La Variation Des Paramètres Physico- Chimiques Des Eaux D'une Nappe En Zone Semi Aride, Cas De La Nappe De Meskiana Nord-Est Algérien.* Thèse De Doctorat, Option : Hdrogéologie. Université Badji Mokhtar – Annaba.
 33. Habila S. (2008). *Etude De L'impact Du Barrage Beni Haroun Sur L'environnement : Effets Eco- Toxicologique. Mémoire De Magister. Université De Jijel., 176 P.*
 34. Kettab A., 1981. *Traitement Des Eaux Potables.* Edition Opu. Algérie.
 35. Kettab A., 1992. *Traitement Des Eaux : Les Eaux Potables ;* Office Des Publications Universitaires, Ben Aknoun, Alger.
 36. Koller E., 2004. *Traitement Des Pollutions Industrielles ; Eau, Air, Déchets, Sols, Boues,* Edition Dunod, Par
 37. Leclerc H., Ilarad D., Husson M.O., Watte P., Jakubeza K., 1983. *Microbiologie .*
 38. Lévêque C. (1996). *Ecosystèmes Aquatiques.* Hachette, Paris. 159 P.
 39. Leynaud J. (1976). *Modification Du Milieu Aquatique Sous L'influence Des Pollutions. Dans : La Pollution Des Eaux Continentales; Incidences Sur Les Biocénoses Aquatiques. Pesson P. Bordas, Paris. Pp : 1-21.*
 40. Masschelein W.J., 1996. *Processus Unitaire Du Traitement De L'eau Potable,* Edition Cebedoc, Sprl Liège.
 41. Mat : Ministère De L'aménagement Du Territoire, 2000. *Rapport Sur L'état Et L'avenir De L'environnement,* Algérie.
 42. Maurel A. (2006). *Dessalement De L'eau De Mer Et Des Eaux Saumâtres Et Autres Procédés Non Conventionnels D'approvisionnement En Eau Douce. 2^{ème} Edition. Tec & Doc, Lavoisier, Paris. 286 P*
 43. Medkour M., 2002. *Réutilisation Des Eaux Usées Epurées.* Forum De La Gestion De La Demande En Eau : Réutilisation Des Eaux Usées. Rabat, 26 Et 27 Mars 2002. 11 P.
 44. Mena: Middle East And North Africa: The Way Forward. The World Bank, Mena Infrastructure Development Group, 24 P.
-

45. Monod J. (1989). *Mémento Technique De L'eau. 9^{ème} Edition. T1. Dégrément. France. 591 Pages.*
 46. Moumouni-Djermakoye H. (2005). *Les Eaux Résiduaires Des Tanneries Et Des Teintureries Caractéristiques Physico-Chimiques, Bactériologiques Et Impact Sur Les Eaux Souterraines Et Les Eaux De Surfaces. Thèse De Doctorat, Université De Bamako, Niger. 116 P.*
 47. Mre : Ministère Des Ressources En Eau, 2001. *Les Ressources En Eau D'algérie. Rapport De Synthèse. Alger, Algérie. 73 P.*
 48. Ngo C. ; Regent A., 2008. *Déchets, Effluents Et Pollution Impact Sur L'environnement, 2^{ème} Edition.*
 49. Ngô C. Et Regent A. (2004). *Déchets Et Pollution, Impact Sur L'environnement Et La Santé. Dunod, Paris. 134p.*
 50. Pedoya Ch. (1990). *La Guerre De L'eau. Genèse, Mouvement Et Echanges, Pollution Et Pénuries. Frison Roche, Paris. 155 P.*
 51. Potelon J.L. Et Zysman K. (1998). *Le Guide Des Analyses De L'eau Potable. "La Lettre Du Cadre Territoriale". S.E.P.T Voiron, Cedex. 253 P.*
 52. Ramade. F (1984). *Eléments D'écologie : Ecologie Fondamentale. Mc Gaw-Hille, Paris. 397 P.*
 53. Ramade F. (2002). *Dictionnaire Encyclopédique De L'écologie Et Des Sciences De L'environnement. 2^{ème} Edition, Dunod, Paris. 1075 P.*
 54. Ramade. F (2003). *Eléments D'écologie : Ecologie Fondamentale, 3^{ème} Edition. Dunod, Paris. 690 P.*
 55. Ramade F. (2005). *Eléments D'écologie : Ecologie Appliquée. Dunod, Paris. 365 P.*
 56. Raoult J. F., 1974. *Géologie Du Centre De La Chaîne Numidique (Nord Du Constantinois, Algérie). Thèse Sciences, Paris (France), Mém. Soc Géol. Fr. Nouv. Série, N°121. Doctorat, Univ De Pierre Et Marie Curie, Paris Vi (France), 2 Vol, 665p. Pp 133-140.*
 57. Rejsek F. (2002). *Analyse Des Eaux : Aspects Réglementaires Et Techniques .Scérén, 360p.*
 58. Rodier J., 1975. *L'analyse De L'eau : Eaux Naturelles, Eaux Résiduaires, Eau De Mer. Tome 1, 5^{ème} Edition.*
 59. Rodier J. (1984). *L'analyse De L'eau; Eaux Naturelles, Eaux Résiduaires, Eaux De Mer. 7^{ème} Edition. Bordas, Paris. 1334 P.*
 60. Rodier J. Et Chamsaur H. (2007). *Interprétation Des Résultats Analytiques. Dans : L'analyse De L'eau : Eaux Naturelles, Eaux Résiduaires, Eaux De Mer, 8^{ème} Edition. J. Rodier Et Coll. Dunod. Chap. G, Pp.913-1199.*
-

61. Rouleau A. Et Rasmussen H. 2006. Introduction Dans *La Détermination D'aires D'alimentation Et De Protection De Captages D'eau Souterraine*. Rasmussen, H., Rouleau, A. Et Chevalier, S. (Editeurs Scientifiques).6 Pages. Document Diffusé Par Le Ministère Du Développement Durable, De l'environnement Et Des Parcs Du Québec. [Http://Www.Mddep.Gouv.Qc.Ca/Eau/Souterraines/Alim-Protoc/Index.Htm](http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/souterraines/alim-protoc/index.htm).
 62. Roux J. C. (1990). *Les Secrets De La Terre : L'eau Source De Vie*. Éditions De Brgm, Orléans Et La Compagnie Du Lierne, Paris. 64 P.
 63. Rouyrre C., 2003. Guide De L'eau,
 64. Sigg L., Behra Ph. Et Stumm W. (2000). *Chimie Des Milieux Aquatiques : Chimie Des Eaux Naturelles Et Des Interfaces Dans L'environnement*. 3^{ème} Edition. Dunod, Paris. 567 P.
 65. Soutter M., Mermoud A. Et Musy A. (2007). *Ingénierie Des Eaux Et Du Sol: Processus Et Aménagement*. Prosses Polytechniques Et Universitaires Romandes, Lausanne. 294 P.
 66. Tamrabet L., 2011. Contribution A L'étude De Valorisation Des Eaux Usées En Maraichage.Thèse De Doctorat, Option Hydraulique. Université Hadj Lakhdar – Batna.
 67. Teixeira J. (2006). *Les Mystères De L'eau*. Dans : *Techniques De L'ingénieur W1 : Technologie Des Eaux*. Techniques De L'ingénieur. Chap. Re 53, Pp : 1-8.
 68. Touchart L. (2003). *Hydrologie : Mers, Fleuves Et Lacs*. Armand Colin. Vuef. 190 P.
 69. Toumi A., Remini B. (2004). Barrage De Foum El Gherza Face Au Problème De Fuites D'eau, *Larhyss Journal*, N° 03. 25-38
 70. Vilaginès R. (2003). *Eau, Environnement Et Santé Publique; Introduction A L'hydrologie*. 2^{ème} Edition. Tec & Doc, Lavoisier, Paris. 198 P.
 71. Vivier P. (1976). *L'eutrophisation Des Lacs : Structure, Fonctionnement Et Evolution Des Lacs*. Dans : *La Pollution Des Eaux Continentales; Incidences Sur Les Biocénoses Aquatiques*. Pesson P. Bordas, Paris. Pp : 66-87.
 72. Zeddouri A., 2003. Contribution A L'étude Hydrogéologique Et Hydrochimique De La Plaine Alluviale De Guelma (Essai De Modélisation) » Thèse De Magister En Hydrogéologie Université Badji Mokhtar, Annaba.
 73. Zerluth J. Et Gienger M. (2006). *L'eau Et Ses Secrets; Nature Et Action De L'eau Pour Une Eau De Bonne Qualité*. Déris, France. 221 P.
-

LISTE DES ABREVIATIONS

AGID : Agence national de réalisation et de gestion des infrastructures hydraulique.

Pour l'irrigation et le drainage.

DPAT : Direction de Planification et d'Aménagement du Territoire de Guelma.

ETP: Evapotranspiration potentielle.

Im : indice d'aridité de Martonne.

MAT : Ministère de l'aménagement du territoire.

MENA: Middle East and North Africa.

MES: Matière en suspension.

MRE: Ministère des Ressources en Eau.

SAG : Service agricole de Guelma.

SAT : Superficie Agricole totale.

SAU: Superficie Agricole Utilisable.

UNESCO : Organisation des Nations Unies pour l'Enfance et la Culture.

Liste des tableaux

1. Volume et pourcentage d'eau terrestre sous forme liquide, solide et gazeuse.....	04
2. Ressources hydriques en Algérie.....	08
3. besoins en eau des diverses cultures pendant la période de croissance.....	10
4. Composition minérale de l'eau.....	12
5. Propriétés physiques de l'eau et leur signification sur le plan écologique	12
6. Caractéristiques d'une eau de bonne qualité.....	14
7. Indicateurs de qualité de l'eau d'irrigation et risques potentiels.....	16
8. Stations étudiées.....	29
9. Résultats des mesures du pH des sites étudiés.....	33
10. Résultats des mesures de la conductivité électrique.....	34
11. Résultats des mesures des MES (mg /l).....	35
12. Résultats des mesures de résidus secs (mg /l).....	36
13. Résultats des mesures de la concentration des chlorures (mg /l).....	37
14. Résultats des mesures des ions sulfates (mg /l).....	38
15. Résultats des mesures des ions carbonates (mg /l).....	39
16. résultat des mesures des ions des bicarbonates(HCO_3^-) (mg /l).....	39
17. résultat des mesures des ions des ORTHO PHOSPHATE (mg /l).....	40
18. Résultats des mesures des ions magnésium (mg /l).....	41
19. Résultats des mesures des ions calcium (mg /l).....	42

LISTES DES FIGURES

1. cycle de l'eau des figures.....	03
2. carte de Situation du bassin de la Seybouse.....	24
3. oued Seybouse.....	25
4. Diagramme pluviothermique de la région de Guelma.....	27
5. Répartition de la superficie agricole/STA de la région de Guelma.....	28
6. les stations de prélèvement.....	29
7. Répartition des stations étudiées le long de l'oued Seybouse.....	30
8. Variation du pH selon les stations étudiées.....	33
9. Variation de la conductivité électrique selon les stations étudiées.....	34
10. Variation quantitative des matières en suspension selon les stations étudiées.....	35
11. Variation quantitative des résidus secs selon les stations étudiées.....	36
12. variation de la concentration en ions chlorures selon les stations étudiées.....	37
13. Variation de la concentration en ions sulfates selon les stations étudiées.....	38
14. Variation de la concentration en ions Carbonates selon les stations étudiées.....	39
15. variation de la concentration en ions bicarbonates selon les stations étudiées.....	40
16. Variation de la concentration en ions ortho phosphates selon les stations étudiées.....	41
17. Variation de la concentration en ions magnésium selon les stations étudiées.....	42
18. Variation de la concentration en ions calcium selon les stations étudiées.....	43
