

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

**BADJI MOKHTAR-ANNABA UNIVERSITY**  
**UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA**



جامعة باجي مختار- عنابة

Année 2020

Faculté des sciences de la terre  
Département de Géologie

# Thèse

En vue de l'obtention du diplôme de

**DOCTORAT EN SCIENCES**

Option : Hydrogéologie

**ETUDE D'IMPACT DES EFFLUENTS  
INDUSTRIELS DANS LE BASSIN VERSANT  
D'OUED SEYBOUSE**

Par

**LOUATI Brahim**

Directeur de thèse : MAHIA Mohamed

Pr. Université de Badji Mokhtar - Annaba

Co-encadreur : SAYAD Lamine

MCA. Université de Badji Mokhtar - Annaba

*Devant le jury :*

Président : SAAIDIA Bachir

Pr. Université BADJI Mokhtar - Annaba

Examineur : LABAR Sofiane

Pr. Université Chadli Bendjedid – El Tarf

Examineur : BAHROUN Sofia

MCA. Université Chadli Bendjedid - El Tarf

Examineur : ZENATI Noureddine

MCA. Université Med Cherif Messaadia-Souk Ahras

## **Dédicace**

*A mes parents auxquels je dois beaucoup et je ne rendrais jamais assez.*

*A la mémoire de ma mère, qui nous a quittés bien tôt. Qu'Allah puisse lui accorder sa sainte miséricorde et l'accueillir en son vaste paradis.*

### **A mon épouse**

*A mes enfants : Ayoub, Achraf, Imad Eddine et la petite Amira*

*A mes frères et sœurs*

*A toute ma famille et mes amis*

*A toute la famille LOUATI .*

## ملخص

يعتبر واد سيبوس أحد أهم الوديان في الشمال الشرقي للجزائر، إلا أنه يتعرض لأنواع مختلفة من التلوث، وخاصة التلوث الصناعي.

التطور الديموغرافي والصناعي في ولاية عنابة وقالمة، ولا سيما في صناعة المعادن، مع التوزيع غير المتجانس للصناعات من ناحية، والافتقار إلى أنظمة فعالة لجمع مياه الصرف الصحي والمعالجة من جانب آخر، زاد في حدة التلوث.

تركز هذه الدراسة على تأثير النفايات الصناعية السائلة على المياه السطحية في الحوض المائي للسيبوس، من خلال تحديد الوحدات الصناعية التي يحتمل أن تكون ملوثة (100 وحدة)، والموجودة في مجملها في وسط ومنخفض السيبوس.

تم إجراء تحاليل لعينات من المياه المستعملة خلال الفترة 2011-2014 على مستوى الوحدات الصناعية، واستناداً إلى نتائج التحاليل وحجم المياه المتدفقة، سمح لنا بتحديد كميات التلوث المتسرب من قبل مختلف الصناعات وخاصة مجمع الحديد والصلب لارسلور ميثال.

بالنسبة إلى السيبوس وسط، الأحمال الملوثة الناتجة عن هذه النفايات الصناعية تحتوي على ملوثات عضوية عالية، وناتجة من قطاع الأغذية الزراعية وخاصة من إنتاج الزيوت، المشروبات ومن وحدة السكر، والتي كلها تتدفق في الوسط الطبيعي دون أي معالجة فعالة.

في الجزء المنخفض من السيبوس، تبين أحمال التلوث عن وجود كميات عالية جداً من التلوث الغير القابل للتحلل الحيوي والسام ناتج من صناعة الحديد والصلب.

أين 600 طن سنوياً من دسء و 900 طن سنوياً من مءس و 25 طنًا / سنوياً من الزيوت و الهيدروكربونات ، وكذلك بعض المعادن الثقيلة منها الحديد 7.5 طن / سنة والنيكل 800 كغ/ سنة. بالإضافة إلى ذلك، هناك أحمال الملوثات عالية من التلوث العضوي، منبعث من صناعة الألبان الايدوغ وصناعة اللحوم.

ونتيجة لذلك، فإن الملوثات الناتجة عن النفايات الصناعية السائلة سواء التلوث العضوي أو الغير العضوي، تتجاوز معايير التفريغ الوطنية والدولية ولها تأثير سلبي على البيئة والتنمية المستدامة.

**الكلمات المفتاحية:** التلوث، النفايات السائلة الصناعية، المعادن الثقيلة، البيئة و واد السيبوس.

## Résumé

L'Oued Seybouse est considéré comme l'un des plus importants cours d'eau du Nord Est de l'Algérie, cependant il subit différents types de pollution, en particulier, la pollution industrielle

L'évolution démographique et industrielle des wilayas de Guelma et Annaba, en particulier dans l'industrie de la métallurgie avec une répartition des industries spatialement hétérogène d'une part, et le manque des systèmes de collectes et de traitement des eaux résiduaires efficaces, d'autre part font que l'Oued Seybouse reçoit tous les rejets domestiques et industriels.

La présente étude porte sur l'impact des effluents industriels sur les eaux de surface dans le bassin versant de l'oued Seybouse. On a recensé, à travers l'identification des unités potentiellement polluantes, une centaine (environ 103) implantées dans la moyenne et la basse Seybouse.

Des campagnes de mesures ont été effectuées durant la période 2011-2014 chez les industriels. Les résultats de ces analyses et le volume d'eaux rejetées, nous permettent de quantifier la pollution déversée par les différentes industries et notamment le complexe sidérurgique d'IMETAL (ex. ARCELOR MITTAL).

Pour la moyenne Seybouse, les charges polluantes générées par ces effluents industriels présentent de fortes charges organiques, provenant du secteur agroalimentaire et en particulier de l'industrie du corps gras, production de boissons et l'unité de la sucrerie, qui se déversent dans le milieu naturel sans aucun traitement efficace.

Dans la basse Seybouse, les charges polluantes présentent des valeurs très élevés en pollution non biodégradable et toxique dues à :

- ♦ L'industrie sidérurgique, DCO (>600 T /an), MES (>900 tonnes /an),
- ♦ 25 tonnes/an d'huiles et hydrocarbures,
- ♦ Ainsi que certains métaux lourds, dont le fer (7.5 Tonnes/an) et le nickel (800 kg/an)
- ♦ En outre, des flux polluants élevés en pollution organique dû à l'industrie laitière (EDOUGH) et de l'industrie de viande.

En résumé, les flux générés par les effluents industriels sont supérieurs aux normes de rejets nationale et internationale, ce qui influe négativement sur l'environnement et le développement durable.

**Mots clés :** Pollution, effluents industriels, métaux lourds, environnement, Oued Seybouse.

## Abstract

The Seybouse river, considered as one of the most important water streams of north-eastern Algeria is, however, undergoing with different types of pollution, especially industrial pollution.

The demographic and industrial developmental of Guelma and particularly Annaba district in the metallurgical industry, faced with a especially heterogeneous distribution of industries on the one side, and lack of efficient waste water collection systems on the other hand.

The present study focuses on the impact of industrials effluents on surface water in the basin of seybouse.

About 103 industrial units located around middle and low of Seybouse river were identified as potentially sources of pollution.

Measurements compaigns were carried out during the 2011-2014 period among the industrials units, and based on the results of the analyses and the volume of waste water allowing us to quantify the pollution caused by the various industries, particularly the iron and steel factory "IMETAL".

Pollution loads produced by these industrial effluents exhibit high organic pollutants in the Seybouse middle, resulting from the food processing industry, especially from the production of oils, as well as beverages industry and sugar factory, all of which is thrown away into the natural environment spaces without any effective treatment.

In the low part of the Seybouse, pollution loads are very high in no biodegradable and toxic contamination from the iron and steel industry, where COD (>600 T /y), TSS (>900 T/y), and (25 T/y) of oils and hydrocarbons, and certain heavy metals such as iron (7.5 T / y) and Nickel (800 kg /y). In addition, there is a high contaminant load of organic pollution due to the dairy industry (IDOUGH) and the meat processing industry.

As conclusion, we can say that the flows generated by industrial effluents are higher than national or international standards values in terms of pollution accumulation, which have a negative impact on Seybouse river, the environment and sustainable development.

**Keywords:** Pollution, industrial effluents, heavy metals, environment, Seybouse river.

## Avant-Propos

Tous d'abord je remercie mon grand dieu pour le courage et la volonté qu'il m'a donnée pour achever mon travail.

Je tiens à remercier mes directeurs de thèse qui m'ont fait confiance. Merci pour la grande liberté qu'ils m'ont laissé afin de réaliser ce travail.

Monsieur MAHIA Mohamed Professeur à Université d'Annaba, mon directeur de thèse, qui m'a encouragée, pour ses conseils avisés et son suivi de près de cette thèse. Je tiens à lui exprimer ma plus profonde gratitude pour sa disponibilité pour répondre à mes interrogations et mes incertitudes, son enthousiasme, sa gentillesse et sa bonne humeur.

Monsieur SAYAD Lamine Maître de conférences à l'université d'Annaba, mon co-directeur de thèse, pour ses idées scientifiques enrichissantes, son soutien, ses encouragements, sa bonne humeur et sa gentillesse. Je lui suis reconnaissant de l'opportunité qu'il m'a offerte pour réaliser ce travail.

Je tiens à exprimer mes remerciements à Mr SAAIDIA Bachir, professeur à l'université d'Annaba qui m'a fait l'honneur d'accepter de présider le jury.

J'adresse mes remerciements aussi à Mr LABAR Sofiane, Professeur à Université Chadli Bendjedid - El Tarf ; Mme BAHROUN Sofia, maître de conférences à l'Université Chadli Bendjedid - El Tarf et Mr ZENATI Noureddine, maître de conférences à l'Université Med Cherif Messaadia-Souk Ahras d'avoir accepté de juger et critiquer cette thèse, et qu'ils veuillent bien trouver l'expression de ma vive gratitude et mon profond respect.

Je tiens à remercier vivement messieurs les professeurs de la faculté des sciences de la terre- université d'Annaba : Belloulou L, Djabri L, Hani A, Chaffai H, Zouini D, Chaab S, BEN CHAAR S, Laouar R, Ben Hamza, Khanchoul K, Hanouch M`YhBUZJ`?`U]bg]`ei Y`hci g`les enseignants du département de géologie.

Je tiens à remercier Mme MAOU AMEL, Enseignante à l'université de Sétif, pour son aide dans la partie Hydro climatologie.

J'adresse aussi mes remerciements à Monsieur Franck Chevalier, directeur du Bureau de conseil « FCC-Chevalier conseil » pour son aide et ses conseils dans le traitement de surface.

Je remercie également mes collègues Chihani M. et Oulagha S, pour leur aide, dans la projection des cartes.

Mes meilleurs remerciements vont également aux personnes qui m'ont encouragé et aidé à la réalisation de ce travail, en particulier :

- ♦ Mr Amirache Med, Docteur à l'université d'Oum El Bouaghi,
- ♦ Mr Reda Chabbi, Enseignant à l'université d'Annaba,
- ♦ Mr Boutaghane Hamouda, Enseignant à l'université d'Annaba,
- ♦ Mrs Bouragaa Mansouf et Mourad, Chefs service au Complexe El Hadjar,
- ♦ Mr Boughrara Nabil, Enseignant à l'université d'Annaba,
- ♦ Mme Boudjebieur A, chef Service - Direction de l'Hydraulique de Guelma.

Mes remerciements à tous les membres du Laboratoire de géologie, université Badji Mokhtar-Annaba pour leur aide.

J'adresse aussi mes remerciements aux responsables du laboratoire de GNL-Sonatrach de Skikda, pour l'aide qu'ils m'ont apporté dans la réalisation des analyses.

Mes remerciements vont à l'équipe de Hydreaka, maitre des appareils de mesures (Appareils de météorologie) pour son aide ainsi que, j'adresse mes remerciements à mes collègues de l'équipe de SUEZ- TRACTEBEL

Je remercie tous mes collègues et mes amis qui m'ont soutenu pendant toute la durée de ma thèse : Boutalba S, Boufekroune F, Slimani A, Dejaghdar T, Dad F, Brakni N, S <YX^Y, Boulaakoud Z, ZOUITEN O, Boufarouk F, Boulahia A, Younes Y.

Je voudrais conclure ces remerciements par ma famille qui m'a toujours soutenu. Je tiens à exprimer mes sentiments les plus respectueux et ma profonde reconnaissance à ma femme,

Merci à mes sœurs ainsi qu'à mes frères et leurs enfants. Et enfin, un grand merci à mes parents. Merci pour les valeurs qu'ils m'ont transmises et qui me permettent d'être fier de ce que je suis aujourd'hui. Merci pour leur soutien infaillible.

*MERCI aussi à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.*

# Table des matières

<b>AVANT-PROPOS</b> .....	<b>VI</b>
<b>TABLE DES MATIERES</b> .....	<b>VIII</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>XII</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>XIV</b>
<b>LISTE DES ABREVIATIONS</b> .....	<b>XVI</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	<b>1</b>
<b>1. CADRE GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE</b> .....	<b>4</b>
1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE :.....	4
1.2. CADRE DE L'ETUDE.....	4
1.2.1. LES GRANDS ENSEMBLES PHYSIQUES DU BASSIN DE LA SEYBOUSE.....	4
1.2.2. LES GRANDS ENSEMBLES PHYSIQUES DU BASSIN DE LA SEYBOUSE.....	5
1.3. HYDRODYNAMIQUE DES EAUX SOUTERRAINES.....	7
1.3.1. La nappe du cordon dunaire.....	7
1.3.2. La nappe phréatique et la nappe des graviers :.....	7
1.4.1. Le cadre géologique de la moyenne Seybouse :.....	9
1.4.2. Le cadre géologique de la basse Seybouse :.....	10
1.5. APERÇU LITHO STRATIGRAPHIQUE :.....	12
1.5.1. Le Paléozoïque :.....	12
1.5.2. Le Mésozoïque :.....	13
1.5.3. Le Cénozoïque :.....	13
1.5.4. Le Quaternaire :.....	14
1.6. COUVERT VEGETAL.....	15
1.7. CONTEXTE SOCIO-ECONOMIQUE.....	17
1.7.1. Agriculture.....	17
1.7.2. Industrie.....	19
1.7.3. Population.....	20
<b>2. APERÇU HYDRO CLIMATOLOGIQUE</b> .....	<b>22</b>
2.1 INTRODUCTION.....	22
2.2 LES FACTURES CLIMATIQUES :.....	22
2.2.1 Les précipitations :.....	22
2.2.2 La Température :.....	27
2.2.3 Diagramme Pluviothermique :.....	28
2.3 BILAN D'EAU :.....	31
2.3.1 L'évapotranspiration :.....	31
2.3.2 Le Ruissellement (R) :.....	38
2.3.3 L'Infiltration :.....	39
2.4 CONCLUSION :.....	40
<b>3. APERÇU HYDROLOGIQUE</b> .....	<b>41</b>
3.1 INTRODUCTION.....	41
3.2 Bassin versant de la Seybouse.....	42
3.3 Le réseau hydrographique :.....	43
3.3.1 Profil en long de l'oued Seybouse.....	46
3.3.2 Les densités de drainage.....	47
3.3.3 La dénivelée Spécifique (Ds) :.....	48
3.4 RESEAU HYDROMETRIQUE.....	49
3.4.1 Exploitation des données hydrométriques.....	49
3.4.2 Mesure des débits.....	50

3.4.3	Evolution des débits en fonction de la pluie à la station de Mirbeck .....	51
3.4.4	Les variations mensuelles du débit à station Mirbeck.....	53
3.4.5	Coefficient moyen de débit .....	53
3.4.6	Influence de la mise en eau du barrage de Bouhamdane sur Oued Seybouse .....	55
3.4.7	Conclusion : .....	56
<b>4.</b>	<b>CARACTERISATION DES EFFLUENTS INDUSTRIELS .....</b>	<b>57</b>
4.1	NATURE DES EFFLUENTS .....	57
4.1.1	Origine des effluents .....	57
4.1.2	Effluents généraux de fabrication.....	57
4.1.3	Effluents particuliers .....	57
4.1.4	Effluents de service généraux.....	57
4.2	TEXTES REGLEMENTAIRES .....	58
4.2.1	Les classes par activités et par risques .....	58
4.2.1.1	NOMENCLATURE ALGERIENNE DES ACTIVITES ET DES PRODUITS .....	58
4.2.1.2	NOMENCLATURE ALGERIENNE (ICPE).....	59
4.2.2	Documentation technique divers .....	59
4.2.3	Lois et réglementation sur l'eau et environnement .....	59
4.3	LES DIFFERENTS PARAMETRES DE LA POLLUTION DES EAUX RESIDUAIRES.....	60
4.3.1	Les paramètres de débit.....	60
4.3.2	Les paramètres in situ.....	61
4.3.3	Les principaux paramètres physico-chimiques.....	62
4.3.4	Métaux lourds et métalloïdes .....	65
4.4	LES PRINCIPAUX TYPES D'EAUX RESIDUAIRES ET LEURS POLLUANTS .....	65
4.4.1	Eaux Résiduaires biodégradables.....	65
4.4.1.1	Eaux usées domestiques.....	65
4.4.2	Eaux Résiduaires non biodégradables.....	67
4.5	CRITERES DE SELECTION RETENUS ET LEUR APPLICATION.....	74
4.5.1	Les multiples critères utilisés servent à qualifier les types de pollution.....	74
4.5.2	Seuils de rejets des effluents industriels.....	77
4.5.2.1	Cas de raccordement à une station d'épuration.....	78
4.5.3	Quantification et qualification de la pollution.....	79
<b>5.</b>	<b>INVESTIGATIONS INDUSTRIELLES ET L'IDENTIFICATION DES ETABLISSEMENTS INDUSTRIELS .....</b>	<b>81</b>
5.1.	METHODOLOGIE.....	81
5.2.	STRUCTURE DE LA BASE DE DONNEES : .....	82
5.3.	Définition de la zone d'étude .....	85
5.4.	IDENTIFICATION DES ETABLISSEMENTS INDUSTRIELS .....	88
5.4.2.	Répartition en fonction de la nature et du secteur d'activité.....	93
5.4.3.	Répartition des établissements selon le type de pollution.....	93
5.4.4.	Conclusion .....	94
5.5.	ENQUETES INDUSTRIELLES DANS LES UNITES POTENTIELLEMENT POLLUANTES .....	95
5.5.1.	Objectif .....	95
5.5.2.	Organisation et déroulement des enquêtes.....	96
5.5.3.	Description des enquêtes industrielles : .....	97
5.5.4.	Synthèse des enquêtes industrielles .....	106
<b>6.</b>	<b>MATERIELS ET METHODES.....</b>	<b>111</b>
6.1	OBJECTIF DE BILAN ET MESURES .....	111
6.2	ORGANISATION DES MESURES ET BILANS .....	111
6.2.1	Prélèvements .....	111
6.3	PROGRAMME DES MESURES.....	112
6.4	CHOIX DES POINTS DE MESURE.....	113
6.5	METHODOLOGIE.....	115
6.5.1	Mesures hydrauliques.....	115

6.5.2	Mesures qualitatives.....	120
6.6	REALISATION DE MESURES ET BILANS .....	122
6.6.1	Prélèvements réalisés .....	123
6.6.2	Exemples des Points de rejets : .....	123
6.6.3	Détail des bilans de pollution par secteur NAA .....	124
6.6.4	Répartition des bilans de pollution par zone : .....	125
6.6.5	Contraintes et remarques constatés durant les campagnes des mesures.....	127
6.6.6	Secteur Chimie et divers .....	128
6.7	TRAITEMENT DES RESULTATS ET L'ESTIMATION DES CHARGES POLLUANTES.....	129
6.7.1	Généralités.....	129
6.7.2	Méthodes de références .....	129
6.7.3	Détermination de la charge polluante.....	130
6.7.4	Résultats des analyses chez les industriels .....	130
6.8	CONCLUSION :.....	131
<b>7.</b>	<b>RESULTATS ET DISCUSSION.....</b>	<b>133</b>
7.1	LA ZONE HAUTE DU B.V D'OUED SEYBOUSE :.....	133
7.2	LA MOYENNE SEYBOUSE : .....	133
7.2.1	Qualité de l'eau Oued Seybouse et leur affluents principaux.....	133
7.2.2	Secteur Agroalimentaire.....	134
7.2.3	Secteur chimique et divers .....	141
7.2.4	Charges totales de la moyenne Seybouse.....	144
7.3	LA BASSE SEYBOUSE : .....	145
7.3.1	Secteur Agroalimentaire.....	145
7.3.2	Industrie de viandes,.....	145
7.3.3	Secteur chimie et divers .....	152
7.3.4	Cas Particulier, Complexe sidérurgique IMETAL (ex : Arcelor Mittal).....	155
7.3.5	Charges totales Secteur chimie et divers .....	164
7.3.6	Charges totales de la basse Seybouse.....	166
7.3.7	Prélèvement d'eau d'Oued Seybouse.....	167
<b>8.</b>	<b>CALCUL ET INTERPRETATION DES OBJECTIFS ENVIRONNEMENTAUX DES REJETS .....</b>	<b>168</b>
8.1	INTRODUCTION.....	168
8.2	DESCRIPTION DE LA METHODE DES OER.....	168
8.3	USAGES DE L'EAU DE SURFACE .....	169
8.4	CRITERES DE QUALITE DE L'EAU DE SURFACE.....	171
8.4.1	Critères de qualité pour la prévention de l'eau et des organismes aquatiques - CPC.....	171
8.4.2	Critères de qualité pour la protection de la vie aquatique (CVAA).....	171
8.4.3	Critères de qualité pour la protection de la faune terrestre piscivore (CFTP) .....	172
8.4.4	Critères de qualité pour la protection des activités récréatives et d'esthétique (CARE).....	173
8.4.5	Critères de toxicité globale de l'effluent .....	173
8.5	OBJECTIFS ENVIRONNEMENTAUX DE REJET : APPROCHE LOCALE .....	175
8.5.1	Calcul des OER pour les contaminants chimiques.....	176
8.5.2	Débit d'étiage d'oued Seybouse.....	177
8.5.3	Analyse fréquentielle des débits d'étiage.....	178
8.5.4	Méthode de détermination du débit d'effluent du complexe sidérurgique IMETAL- ex Arcelor Mittal.....	184
8.5.5	Calcul des objectifs environnementaux des rejets du complexe IMETAL.....	185
8.5.6	Interprétation Des Objectifs Environnementaux De Rejet.....	194
8.5.7	Discussion des OER pour les effluents du complexe IMETAL .....	194
8.6	CONCLUSION .....	198
	<b>CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATION .....</b>	<b>199</b>

## Liste des figures

Figure 1 : situation géographique du BV d'Oued Seybouse .....	6
Figure 2 : Situation géographique et position des nappes souterraines dans la plaine de la Seybouse .....	8
Figure 3 : Contexte géologique de la basse plaine de la Seybouse .....	12
Figure 4 : Esquisse géologique de la basse Seybouse.....	14
Figure 5 : Couvert végétal du bassin de l'oued Seybouse .....	16
Figure 6 : Présentation des périmètres irrigués dans le BV d'Oued Seybouse.....	18
Figure 7 : Répartition des industries par wilaya .....	19
Figure 8 : Répartition de la population du BV par wilaya .....	20
Figure 9 : Localisation des stations pluviométrique et précipitations annuelles moyennes de l'Est algérien .....	23
Figure 10: Histogramme des précipitations moyennes mensuelles aux stations :.....	24
Figure 11 : Les précipitations annuelles et le coefficient pluviométrique – station de Bouchegouf. ....	25
Figure 12 : Les précipitations annuelles et le Coefficient pluviométrique - Station d'Ain Berda .....	25
Figure 13 : Les précipitations annuelles et le coefficient pluviométrique - Station de Kef Mourad .....	25
Figure 14 : Les précipitations annuelles et le coefficient pluviométrique - Station Pont Bouchet.....	26
Figure 15 : Les précipitations annuelles et le coefficient pluviométrique - Station Les Salines. ....	26
Figure 16 : Les précipitations annuelles et le coefficient pluviométrique - Station de Guelma.....	26
Figure 17 : Les variations du coefficient pluviométrique (H) aux stations .....	27
Figure 18 : Histogramme des températures moyennes mensuelles aux stations : Les Salines, Bouchegouf et Guelma ...	28
Figure 19 : Diagrammes Pluiothèrmiques aux différentes stations de mesure : .....	29
Figure 20 : Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite .....	35
Figure 21 : Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite .....	36
Figure 22 : Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite .....	36
Figure 23 : Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite .....	36
Figure 24 : Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite - .....	37
Figure 25 : Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite - .....	37
Figure 26: Confluence des Oueds Charef et Bouhamdane donnant la Seybouse .....	41
Figure 27 : Ecoulement interannuels moyens d'après le modèle LOIEAU , .....	43
Figure 28 : Réseau hydrographique du bassin versant d'oued Seybouse .....	44
Figure 29 : Principaux cours d'eau du BV d'Oued Seybouse .....	45
Figure 30 : Profil en long de l'Oued Seybouse (Ghachi, 1982), .....	47
Figure 31 : Etapes de calcul d'un débit moyen journalier. ....	49
Figure 32 : Débits maximums journaliers observés- Station de Mirbeck .....	51
Figure 33 : Variations des débits annuels -Station de Mirbeck (1968-1991).....	52
Figure 34 : Variations des apports annuels -Station de Mirbeck (1968-1991) .....	52
Figure 35 : Débits mensuels interannuels - station de Mirbeck 1968-1981 .....	53
Figure 36 : Courbe des coefficients moyens de débits (CMD) de l'oued Seybouse et ses principaux affluents .....	54
Figure 37 : logigramme de la méthodologie (MATE, 2011 ; modifié en 2020).....	84
Figure 38 : Limites du bassin versant d'Oued Seybouse.....	87
Figure 39 : Répartition des unités industrielles par wilaya .....	90
Figure 40 : Répartition des unités industrielle de la basse Seybouse.....	91
Figure 41 : Répartition des unités industrielle de la moyenne Seybouse .....	92
Figure 42 : Classement des unités par type d'eau résiduaire .....	108
Figure 43 : Répartition des unités industrielles polluantes dans Le bassin de la Seybouse .....	109
Figure 44 : Répartition des unités industrielles éventuelles polluantes par les métaux lourds .....	110
Figure 45 : Débitmètre hauteur vitesse–MAINSTREAM IV .....	117
Figure 46 : Débitmètre bulle à bulle et système d'installation.....	119
Figure 47 : Préleveur autonome et isotherme .....	120
Figure 48 : Photos de quelques points de rejets des laiteries .....	123
Figure 49 : Répartition des bilans de pollution par wilaya .....	126
Figure 50 : Les charges polluantes générées par les conserveries de tomate .....	132
Figure 51 : Les charges polluantes générées par l'industrie de fruits et légumes.....	134
Figure 52 : Les charges polluantes en éléments physicochimiques -huileries .....	136
Figure 53 : Les charges polluantes des effluents de laiteries .....	137
Figure 54 : Les charges polluantes des effluents de l'industrie des boissons .....	139

---

Figure 55 : Les charges polluantes des effluents -Divers agroalimentaires.....	140
Figure 56 : Les charges polluantes générées par le secteur agroalimentaire .....	141
Figure 57 : Les charges polluantes générées par les stations de services .....	142
Figure 58 : Les charges polluantes pour les unités de carrelage .....	143
Figure 59 : Les charges polluantes générées par l'industrie de la moyenne Seybouse.....	144
Figure 60 : Les charges polluantes générées par l'industrie de viande.....	146
Figure 61 : Les charges polluantes générées par l'industrie de fruits et légumes.....	147
Figure 62 : Les charges polluantes de l'effluent- Laiterie EDOUGH.....	148
Figure 63 : Les charges polluantes des effluents de l'industrie de boissons .....	150
Figure 64 : Charges polluantes générés par le secteur agroalimentaire .....	151
Figure 65 : Charges polluantes générés par les stations de services .....	153
Figure 66: photos du point de rejet n°6 et Oued Meboudja.....	158
Figure 67 : Situation géographique et Système de collecte des eaux résiduaires- Complexe sidérurgique.....	159
Figure 68: Les charges polluantes des parametres physicochimiques .....	162
Figure 69 : Charges polluantes en métaux lourds .....	164
Figure 70 : Charges polluantes en éléments physicochimique .....	165
Figure 71 : Charges polluantes en éléments physicochimique-Basse Seybouse .....	166
Figure 72 : Représentation du calcul à rebours effectué au moment de la détermination des OER .....	169
Figure 73 : Etape de l'approche de protection du milieu pour les rejets ponctuels .....	170
Figure 74 : schema du bilan de charge de l'effleunt du complexe siderurgique IMETAL.....	177
Figure 75 : Principales étapes de l'analyse fréquentielle (Meylan et Musy, 1999) .....	179
Figure 76 : Presentation du Site d'etude Pour Les OER.....	185
Figure 77 : Histogramme du plus faible débit moyen sur sept jours consécutifs (1968-1991) .....	188
Figure 78 : Histogramme du plus faible débit moyen de 30 jours consécutifs (1968-1991) .....	188

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Présentation des différentes cultures par secteur. ....	17
Tableau 2 : Répartition de la population par commune dans le bassin de la Seybouse. ....	21
Tableau 3 : Les coordonnées des stations pluviométriques et période d'observation .....	22
Tableau 4 : Température moyenne mensuelle (°C) à la station des salines , station de Bouchegouf et celle de Guelma..	27
Tableau 5 : Valeurs de l'indice d'aridité annuel, stations les salines, P. Bouchet, Ain El Berda, Kef .M et Guelma. ....	30
Tableau 6 : Indice d'aridité mensuel (IM) pour les staions des Salines, Bouchegouf et Guelma. ....	31
Tableau 7 : Valeurs de l'ETR par la formule de Turc .....	32
Tableau 8 : Bilan de l'eau selon C.W Thornthwaite - Station de Bouchegouf (1980-2011).....	33
Tableau 9 : Bilan de l'eau selon C.W Thornthwaite - Station d'Ain Berda (1980 -2013) .....	33
Tableau 10 : Bilan de l'eau selon C.W Thornthwaite - Station de Kef Mourad (1980-2007) .....	34
Tableau 11 : Bilan de l'eau selon C.W Thornthwaite - Station de Pont Bouchet (1980 -2013) .....	34
Tableau 12 : Bilan de l'eau selon C.W Thornthwaite- Station des Salines (1981-2013) .....	34
Tableau 13 : Bilan de l'eau selon C.W Thornthwaite- Station de Guelma (1988-2017) .....	35
Tableau 14 : Le Ruissellement selon la formule Tixeront-Bercalof .....	38
Tableau 15 : Valeurs de l'infiltration en mm pour les six stations.....	39
Tableau 16 : Paramètres morpho métriques du BV de la Seybouse (carte topographique 1/50000) .....	42
Tableau 17 : Caractéristiques de quelques stations hydrométriques du BV de la Seybouse (ANRH) .....	46
Tableau 18 : Les densités de drainage global permanent et temporaire (Ghachi, 1982) .....	48
Tableau 19 : Deuxième classification d'O.R.S.T.O.M pour différents reliefs .....	49
Tableau 20 : Coefficient moyen des débits -Station de Mirbeck (1968-1981) .....	54
Tableau 21: Paramètres de pollution spécifiques à un équivalent habitant .....	65
Tableau 22 : Teneurs limites des éléments métalliques des rejets .....	69
Tableau 23 : Critères de sélection des types de pollution (STEP, milieu naturel) .....	76
Tableau 24 : Critères de sélection des types de pollution en prétraitement .....	77
Tableau 25 : seuils minimaux de sélection (absence de toxiques) .....	79
Tableau 26: Wilayas et communes du bassin versant d'Oued Seybouse.....	86
Tableau 27 : Répartition spatiales des établissements dans le BV de la Seybouse .....	89
Tableau 28 : Nombre d'établissements par secteur d'activité .....	93
Tableau 29 : Nomenclature des types d'eaux résiduaires industrielles .....	94
Tableau 30 : Ensemble des établissements classes d'eaux résiduaires et types de pollution. ....	94
Tableau 31 : Ensembles des unités du complexe sidérurgique- El Hadjar .....	105
Tableau 32 : Classement des unités industrielles par classe d'eau résiduaire .....	107
Tableau 33 : Regroupement des unités par secteur d'activité .....	108
Tableau 34 : Unités Fait l'objet d'un prélèvement de 48 heures .....	113
Tableau 35 : Collecteurs fait l'objet d'un prélèvement de 72 heures à 06 Jours .....	113
Tableau 36 : Unités fait l'objet d'un prélèvement ponctuel.....	114
Tableau 37 : Cours d'eau fait l'objet d'un prélèvement ponctuel.....	114
Tableau 38 : Bilan des campagnes de mesures et de pollution.....	122
Tableau 39 : Bilan des campagnes de pollution par secteur NAA. ....	124
Tableau 40 : Codification des secteurs NAA. ....	125
Tableau 41: Répartition des bilans de pollution par zone .....	126
Tableau 42: Remarques constatés sur terrain – secteur Agroalimentaire .....	127
Tableau 43 : Contraintes et remarques constatés sur terrain – secteur chimie et divers.....	128
Tableau 44 : méthodes de dosages des éléments physicochimiques et métaux lourds .....	130
Tableau 45: Résultats des paramètres physicochimiques (mg/l) - rejets conserveries.....	133
Tableau 46 : Résultats des paramètres physicochimiques - rejets conserveries .....	134
Tableau 47 : Valeurs des paramètres in-situ dans les huileries.....	135
Tableau 48 : Résultats des paramètres physicochimiques -rejets huileries en mg/l.....	136
Tableau 49 : Résultats des paramètres physicochimiques - rejets laiteries .....	137
Tableau 50 : Valeurs des paramètres in-situ - industrie de boissons .....	138
Tableau 51 : Résultats des paramètres physicochimiques –industrie de boissons .....	138
Tableau 52 : Valeurs des paramètres in-situ–divers agroalimentaire .....	139
Tableau 53 : Résultats des paramètres physicochimiques –Divers Agro-alimentaire.....	139
Tableau 54 : Valeurs des paramètres in-situ–stations de lavage .....	141
Tableau 55 : Valeurs des paramètres physico-chimiques - stations de lavage en (mg/l).....	142

Tableau 56 : Résultats des paramètres physico-chimiques.....	143
Tableau 57 : Valeurs limites de rejet pour les eaux résiduaires industrielles ERI .....	145
Tableau 58 : résultats des paramètres physico-chimiques– industrie de viande.....	146
Tableau 59 : Résultats des paramètres physicochimiques - rejets conserveries .....	147
Tableau 60 : Résultats des paramètres physicochimiques - rejets laiterie .....	148
Tableau 61 : Valeurs des paramètres in-situ - industrie de boissons .....	149
Tableau 62 : Résultats des paramètres physicochimiques en mg/l –industrie de boissons.....	150
Tableau 63 : Valeurs des paramètres <i>in-situ</i> stations de services .....	152
Tableau 64 : Résultats des paramètres physicochimiques en mg/l.....	152
Tableau 65 : Résultats des paramètres physicochimiques .....	154
Tableau 66 : Résultats des paramètres in situ .....	154
Tableau 67 : Résultats des paramètres physicochimiques .....	155
Tableau 68 : Consommation annuelle d’eaux du complexe sidérurgique (source, ADE Annaba).....	155
Tableau 69 : Identifications des unités industrielles du complexe sidérurgique (MATEE ,2012),.....	156
Tableau 70: caractéristiques du système de collecte des eaux résiduaires du complexe sidérurgique .....	158
Tableau 71: Débits enregistrés par Mainstream IV à la sortie des différents collecteurs .....	159
Tableau 72 : Valeurs des paramètres <i>in-situ</i> .....	160
Tableau 73 : Valeurs moyennes des paramètres <i>in-situ par point de rejet</i> .....	160
Tableau 74 : Concentrations des paramètres physicochimiques en mg /l.....	161
Tableau 75 : Les charges polluantes des paramètres physicochimiques (Kg/ j).....	162
Tableau 76 : Concentrations des métaux lourds .....	163
Tableau 77: Les charges polluantes des métaux lourds générées par le complexe sidérurgique.....	163
Tableau 78 : résultats des paramètres physico-chimiques en mg/l .....	167
Tableau 79 : résultats des métaux lourds en mg/l-Oued Seybouse .....	167
Tableau 80 : Usages de l’eau et critères de qualité .....	169
Tableau 81 : Limites maximales des zones de mélange et de la dilution pour différents types de milieux.....	175
Tableau 82 : Débits d’étéage retenus pour les différents usages (MDDEP,2007).....	178
Tableau 83 : Lois appliquées aux débits d’étéage (Abi Zied et al., 1999) .....	181
Tableau 84 :: Caractéristiques morphométriques du BV de la Seybouse à la station de Mirbeck .....	182
Tableau 85 : Débits moyens journaliers du complexe sidérurgique IMETAL .....	184
Tableau 86 : Faibles débits moyens de sept et trente jours consécutifs enregistrés à la station Mirbeck 1968-1978 .....	186
Tableau 87 : Variables réduites de Gumbel pour les valeurs extrêmes minimales Q7J .....	186
Tableau 88 : Variables réduites de Gumbel pour les valeurs extrêmes minimales Q30J .....	187
Tableau 89 : Résultats de l’analyse fréquentielle du débit de retour annuel .....	187
Tableau 90 : Statistique descriptive du débit de retour annuel Sept et trente jours consécutifs (1968-1991) .....	187
Tableau 91 : Faibles débits moyens de sept et trente jours consécutifs enregistrés à la station Mirbeck 1968-1980 .....	189
Tableau 92 : Variables réduites de Gumbel pour les valeurs extrêmes minimales Q30J .....	189
Tableau 93 : Résultats de l’analyse fréquentielle du débit de retour annuel .....	189
Tableau 94 : Statistique descriptive du débit de retour annuel Sept et trente jours consécutifs .....	190
Tableau 95 : Valeurs de débit moyen de rejet du complexe IMETAL (MATE,2014) .....	190
Tableau 96 : Les OER du complexe IMETAL - série (1968-1978).....	192
Tableau 97 : Les OER du complexe IMETAL série (1968-1978).....	193
Tableau 98 : Les OER du complexe IMETAL pour la protection de l’usage CPC série (1968-1980 ) .....	193
Tableau 99 : Resultats des contaminants -rejet final IMETAL .....	195

## Liste des annexes

Annexe 1 : Débits annuels observés à la station de Mirbeck (1968-1991) .....	215
Annexe 2: Resultats des Débits journaliers observés à la station Mirbeck 1968-1980 .....	216
Annexe 3 : Valeurs limites des paramètres de rejet d’effluents industriels au réseau urbain (JORA, 2006) .....	218
Annexe 4: valeurs limites des paramètres de rejets d’effluents industriels au milieu naturel .....	219
Annexe 5: Base de données et cartographie du projet sous SIG.....	220
Annexe 6 : Liste des unités industrielles nécessitant des bilans et mesures.....	221
Annexe 7 : Unités fait l’objet d’un prélèvement de 24 heures.....	223
Annexe 8 : Photos pour les compagnes de mesures (2011- 2014) .....	224

---

## Liste des abréviations

**ABH- C.M.S** : Agence des bassins hydrographique « constantinois- Mellegue- Seybouse »  
**ANRH** : Agence nationale des ressources hydrauliques  
**BV** : Bassin versant  
**BIO** : Effluent biodégradable  
**BRGM** : Bureau de recherches géologiques et minières  
**CPC (EO)**: Critère de la prévention de la contamination de l'eau et Organismes aquatiques  
**CPC (O)**: Critère de la prévention de la contamination des Organismes aquatiques  
**CPC (O)**: Critère de la prévention de la contamination des Organismes aquatiques  
**CVAC**: Critère de protection de la vie aquatique – effet chronique  
**CVAA** : Critère de protection de la vie aquatique – effet aigu  
**CIP**: Cleaning in place  
**DBO5** : Demande biochimique en oxygène,  
**DCO** : Demande chimique en oxygène,  
**EH** : Equivalent habitant  
**EP** : Eaux pluviales  
**ERI** : Eaux résiduaires industrielles  
**ERI non Bio Min** : Eaux Résiduaires Industrielles non biodégradables minérales  
**EUD** : Eaux usées domestiques  
**HAP** : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques  
**HC** : Hydrocarbures totaux  
**ICPE** : Installations Classées pour la Protection de l'Environnement  
**IAA** : Industrie agroalimentaire  
**JORA** : Journal Officiel de République Algérienne  
**MATE** : Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement  
**MD** : Matières décantables  
**MO** : Matières organique correspondantes (2DBO5+DCO) /3  
**MES** : Matières en suspension  
**MRE** : Ministère des ressources en eau  
**MS** : Matières sèches  
**MVS** : Matières Volatiles Sèches  
**NAA** : Nomenclature Algérienne des Activités  
**NTK** : Azote Kjeldahl  
**OER** : Objectif environnemental de rejet  
**ONID** : Office national de l'irrigation et du drainage  
**ONS** : Office national de statistique  
**ORSTOM** : Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer  
**PDAU** : Plan Directeur d'aménagement urbain  
**RFU** : Réserve facilement utilisable  
**RGPH** : Recensement Général de la Population et de l'Habitat  
**SIG** : Système d'information géographique  
**STEP** : Station d'épuration  
**TGE** : Toxicité globale de l'effluent  
**Uta** : Unité toxique aiguë  
**UTc** : Unité toxique chronique  
**USEPA** : Agence américaine de protection de l'environnement  
**ZI** : Zone industrielle  
**ZAC** : Zone d'activité commerciale  
**VAF** : Valeur aiguë finale

# **INTRODUCTION GENERALE**

## Introduction générale

Toute activité humaine (économique, sociale, scientifique, ...) tend, d'une manière générale, vers l'amélioration de la qualité de vie (amélioration du niveau de vie et augmentation de la durée de vie). Depuis environ demi-siècle, l'industrialisation "à tout prix" a permis d'accélérer cette évolution mais a également conduit à une surexploitation des ressources naturelles et à une dégradation de l'environnement.

La qualité des eaux dans le monde a connu ces dernières années une grande détérioration, à cause des rejets industriels non contrôlés et l'utilisation intensive des engrais chimiques en agriculture. Ces derniers, produisent une modification chimique de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités. De nombreux travaux se sont aussi rapportés sur l'étude des différents effets des rejets industriels et urbains sur l'évolution de la qualité des eaux de surface et la pollution des écosystèmes aquatiques continentaux (Djabri L, 1996- Walling D.E, 2001).

La Pollution de l'eau avec le développement industriel, les problèmes de pollution de l'eau ont pris un tour d'abord régional puis continental et désormais, maintenant, il est mondial. Une grande quantité d'eau est polluée par les usages industriels, agricoles ou encore domestiques. L'industrie utilise de grandes quantités d'eau mais le principal problème tient à ce que la majeure partie de cette eau retourne à la nature, polluée car chargée de déchets, de produits chimiques et de métaux lourds. Plus de 85% de l'eau consommée par l'industrie sont retournés à la nature sous forme d'eau résiduaire industrielle (Gupta.1992).

Les données disponibles sur la qualité de l'eau révèlent que la plupart des ressources en eau en Algérie sont polluées par les rejets non contrôlés des eaux usées urbaines et des effluents industriels non traités. Le rapport sur l'état de l'environnement complété en 1999 indique qu'environ 200 millions de m<sup>3</sup> d'effluents industriels non traités sont rejetés chaque année (SAYAD L, 2015).

Les effluents provenant des activités industrielles contiennent toute une série de substances qui peuvent être nocives pour les eaux réceptrices finales et, dans certains cas, présenter en outre une toxicité pour la santé humaine. Au cours des dernières années, l'on a observé, tant en volume qu'en concentration, une augmentation des rejets de déchets liquides industriels dans la mer Méditerranée (PNUE.2004).

Au niveau de l'Est de l'Algérie, les activités industrielles sont en expansion et leurs déchets sont rejetés directement dans les cours d'eau naturels (**Belhanachi, 2003**). Ces actions affectent directement la qualité des eaux et peuvent servir ainsi comme indicateurs biologiques de la pollution (**Merzoug, 2010**).

L'Oued Seybouse se manifeste par diverses activités liées aux agglomérations et zones industrielles installées tout le long de ce cours d'eau et en particulier l'industrie sidérurgique Dans la basse Seybouse, et aux activités agricoles qui sont pratiquées sur l'ensemble du bassin versant.

En effet, ce développement entraîne des impacts négatifs sur l'environnement, et dans la plupart des cas du fait que les rejets sont généralement comme un sous-produit ne présente pas des valeurs ajoutées au sens économique.

L'Oued Seybouse, considéré l'un des plus importants cours d'eau du Nord Est de l'Algérie, cependant il subit différents types de pollution, en particulier, la pollution industrielle.

Au vu de l'état inquiétant de la qualité des eaux, la banque mondiale (1996) est intervenue pour financer une étude dans la région, afin de contrôler la pollution au niveau de l'usine sidérurgique et plusieurs recommandations ont été adressées aux responsables. Mais cela n'a pas empêché la persistance de cas de pollution (Debieche, 2002).

Cette forte pollution de l'Oued, pose à la fois un problème de salubrité publique et d'impact environnemental. La biodiversité de ce milieu humide est fortement altérée. Durant les mois d'été, le dégagement d'odeurs nauséabondes complète le désagrément visuel et achève de dégrader le cadre de vie des riverains. Enfin son déversement dans la Méditerranée présente un risque pour le milieu marin de la baie d'Annaba aussi bien en terme écologique que sanitaire (qualité des eaux de baignade), Louati B, 2015.

Par ailleurs, les effluents industriels sont issus de divers secteurs industriels, dont le secteur d'agroalimentaires (activité de corps gras, conserveries et l'activité de viande ainsi que la production de lait et dérivés), le secteur de la chimie et divers (et en particulier le secteur de la métallurgie et des traitements de surfaces des métaux, on trouve le complexe de sidérurgique d'Arcelor Mittal)

Devant cette situation, nous allons réaliser, cet étude relative à **l'impact des effluents industriels sur les eaux de surface du bassin versant d'oued Seybouse**, qu'il s'appuie sur un travail de recherche réalisé, qui a fait en partie l'objet de publication, et dont les références sont signalées en fin de texte.

Le premier chapitre comporte le cadre général de l'étude avec une introduction, un aperçu géologique, socioéconomique et le couvert végétal du bassin versant d'Oued Seybouse ;

Le deuxième chapitre traite l'hydro climatologie de la région d'étude basée sur plusieurs stations météorologiques de référence permettant d'étudier les facteurs climatiques, déterminer le type de climat et établir des bilans hydriques complets de l'eau.

Le troisième chapitre Consacrant l'écoulement des eaux de surface de la Seybouse et les phénomènes qui régissent cet écoulement notamment les variations du débit de l'Oued et ses caractéristiques à la station Mirbeck.

Quatrième chapitre, consiste à la caractérisation de différent types des effluents industriels afin de faciliter l'identification des unités industrielles potentiellement polluantes à travers des investigations et des enquêtes industrielles s'effectuées sur site.

Le cinquième chapitre, porte les investigations et des enquêtes industrielles menues sur terrain au niveau des centaines établissements industriels, qui permettent d'identifier les unités industrielles potentiellement polluantes, réparties sur la zone d'études qui se sont confirmés par des compagnes de mesures ;

Sixième chapitre, présente les différentes compagnes des mesures qu'ont été effectués durant la période 2011- 214 au niveau des unités industrielles potentiellement polluantes, collecteurs principaux du complexe sidérurgique et dans les cours d'eaux.

Le septième chapitre, c'est la discussion des résultats des analyses, aux traitements des résultats d'analyses, et l'évaluation des charges polluantes génèrent par branche et par secteur d'activité, permettant de déterminer les branches d'activités ayant un impact négatif sur le bassin versant d'oued Seybouse, avec les moyens techniques adéquates à envisager pour réduire la pollution industrielle.

Le dernier chapitre, c'est l'étude des objectifs environnementaux de rejet, cas du complexe sidérurgique IMETAL ex- Arcelor Mittal en comparaison pour certains paramètres toxiques et leur impact sur la santé humaine et l'environnement.

# **CHAPITRE 1 : CADRE GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE**

# 1. Cadre générale de la zone d'étude

## 1.1. Situation géographique :

Le bassin d'Oued Seybouse, faisant partie des bassins au nord constantinois, le bassin versant de la Seybouse se trouve pratiquement dans sa totalité entre les longitudes 6°45-8°E et les latitudes 35°45-37°N.

Il est limité à l'Est par le bassin de la Medjerda et au Nord Est par le bassin versant de la Mafragh, et au Sud par le bassin des hauts plateaux constantinois, à l'Ouest et Nord-Ouest successivement par le bassin versant de Kébir-Rhumel et Côtiers constantinois vers le Nord

L'Oued Seybouse draine un vaste bassin de 6471 Km<sup>2</sup>, il s'étend vers le sud sur une distance de 160 Km jusqu'aux confins de l'Atlas saharien. Oued méditerranéen, naît dans les hautes plaines semi-arides. La Seybouse est donc continentale par sa naissance et méditerranéenne à sa fin. La Seybouse résulte de la confluence de deux oueds qui sont l'Oued Charef et le Bouhamdanne.

Au début des années quatre-vingt (1980) les responsables du secteur hydraulique ont commencé les travaux du barrage de Hammam Debagh, dont les eaux seront destinées à l'agriculture et à l'alimentation en eau potable de la région de Guelma. La première conséquence de cet ouvrage est la baisse des débits de l'Oued Seybouse, en effet les eaux alimentant ce cours d'eau proviennent uniquement de l'oued Charef (BACHIRI.N ,2011).

L'oued Seybouse parcourt une grande partie des vastes plaines de Annaba en rejoignant deux affluents importants (Oued Meboudja et Oued Rassoul d'Ain Berda) pour se jeter enfin dans la méditerranée (figure 1).

Au début des années soixante-dix, et suite des grands travaux d'aménagements à côté d'ASMIDAL, l'oued Seybouse est dévié derrière ASMIDAL, et par conséquent l'affluent d'Oued Boudjemaa était déconnecté complètement d'Oued Seybouse, dont l'exutoire (embouchure) devient, entre la zone d'activité de Sidi Salem et le complexe d'Ex-ASMIDAL (FERTIAL).

## 1.2. Cadre de l'étude

C'est le deuxième oued en Algérie après l'Oued Chéelif, il draine un vaste bassin versant d'une superficie de 6471 km<sup>2</sup>, dont Les limites méridionales du bassin sont à 125 km de la mer à vol d'oiseau.

De ce fait, les milieux physiques et les caractéristiques climatiques et bioclimatiques connaissent une diversité à partir du bassin amont situé dans les Hautes Plaines jusqu'au littoral, ce qui entraîne des répercussions aussi bien sur les écoulements que sur les aménagements (LOUAMRI, 2013).

### 1.2.1. Les grands aménagements hydrauliques du bassin de la Seybouse.

Le bassin de l'oued Seybouse (figure 1) qui couvre une superficie importante, chevauche trois grands domaines physiques et bioclimatiques (LOUAMRI, 2013) :

- le domaine des Hautes Plaines au Sud ;
- le domaine sud-Tellien ;

-le domaine Tellien du Nord qui comprend la Seybouse maritime : bassin de l'oued Ressoul, oued Derdar et la zone des plaines littorales.

Ces grands ensembles physiques présentent des caractéristiques topographiques qui les différencient nettement

- **Les Haute plaines** : elle se constitue du bassin d'oued Charef, c'est une zone au relief plat, parsemée de plaines (plaine de Sedrata, plaine d'Ain Babouche, plaine de Tamlouka) avec un encadrement montagneux (Djebel Teffech, El Guelaa, Sidi Reghiss , ...).

En aval du Charef, est une zone de transition entre les Hautes Plainnes et le Tell, les altitudes diminuent mais le relief devient compartimenté.

- **Le domaine Sud-Tellien** : Il couvre une superficie importante qui correspond assez étroitement sur le plan morpho-structural à la chaîne numidique. A ce domaine appartiennent plusieurs sous bassins, le bassin aval de l'oued Charef ; le bassin de l'oued Bouhamdane, et moyenne Seybouse (vallée de Guelma et Oued Mellah). Il est caractérisé par des altitudes varie d'un bassin à l'autre entre 300 m et **1500 m**.

**Le domaine Tellien du Nord** : La Basse Seybouse présente un relief dissymétrique avec une zone de moyennes montagnes, relativement accentué sur la rive gauche de l'oued Seybouse.

### 1.2.2. Les grands ensembles physiques du bassin de la Seybouse.

Le bassin de la Seybouse fait l'objet depuis le début des années 1970, des aménagements hydrauliques destinés à régulariser les eaux d'écoulements superficiels :

- ✓ Déviation d'oued Seybouse au cours des années 70, dus aux travaux liés au complexe ASMIDAL, par conséquent, la déconnexion de l'affluent d'Oued Bou djemaa de l'oued Seybouse
- ✓ Le barrage de Hammam Debagh sur l'oued Bouhamdane (capacité utile :180 hm<sup>3</sup>), destiné au périmètre irrigué de Guelma-Boucheouf (12900 ha) et à l'A.E.P.de Guelma.
- ✓ - le barrage de Foum El Khanga sur l'oued Charef amont, d'une capacité de 157 hm<sup>3</sup> et destiné à l'irrigation.
- ✓ Deux autres barrages, destinés à l'irrigation, celui de Koudiat Harricha dans le Charef aval et celui de Koudiat Mahcha dans la Basse Seybouse, sont programmés pour 2013.
- ✓ Quatre petits barrages ont été réalisés sur l'oued Charef amont (Tiffech, Sedrata), M'djez El Bgar dans le Charef aval, et Ben Badis sur l'oued El Heria qui est un petit affluent de l'oued Bouhamdane.

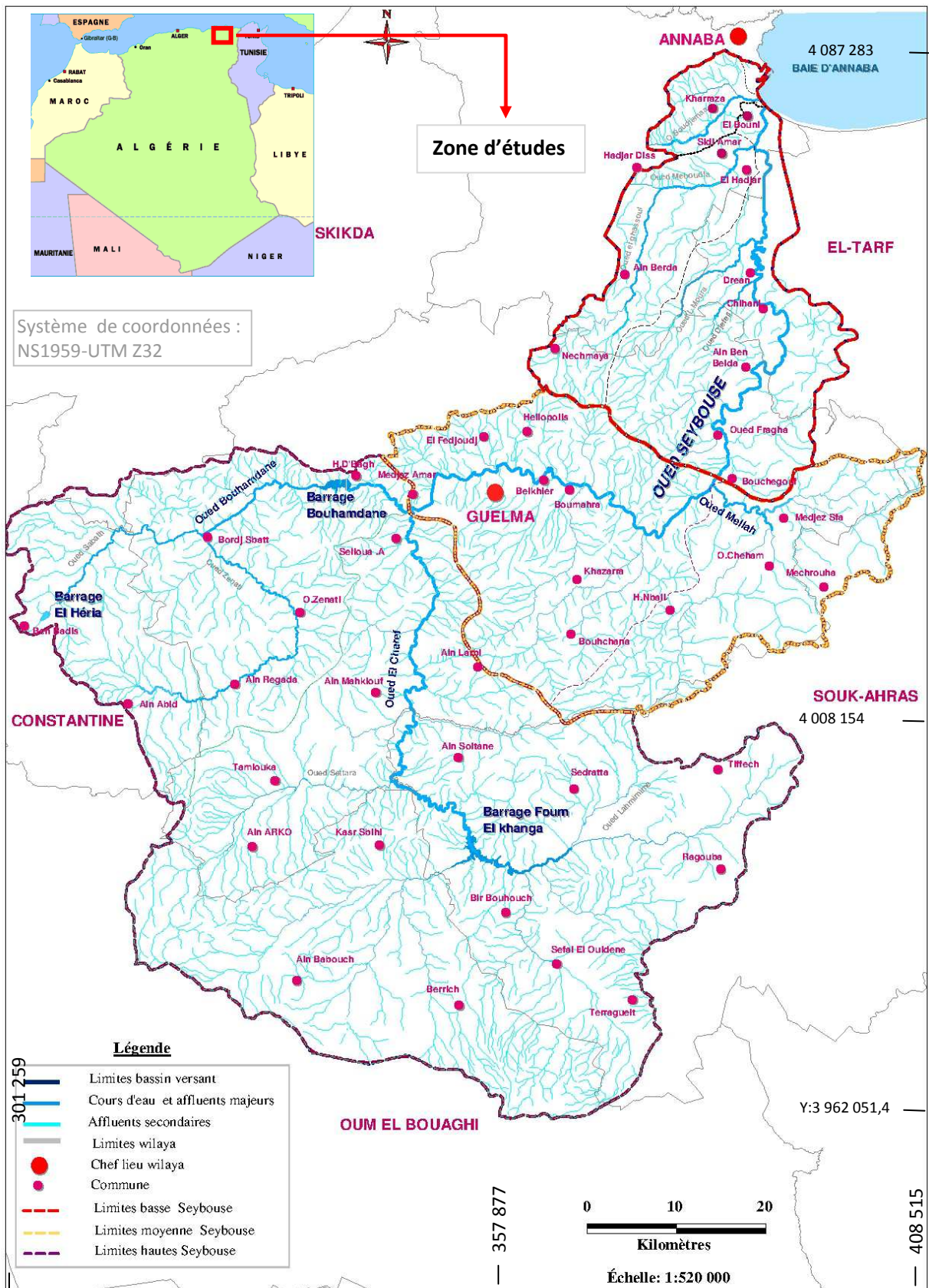


Figure 1 : situation géographique du BV d'Oued Seybouse

### 1.3. Hydrodynamique des eaux souterraines

La basse plaine de la Seybouse renferme trois nappes souterraines avec des potentialités hydrauliques différentes : deux sont superficielles (la nappe du cordon dunaire et la nappe phréatique) et l'autre peu profonde dans la partie Sud et profonde dans la partie Nord (nappe des graviers) (figure 2).

#### 1.3.1. La nappe du cordon dunaire

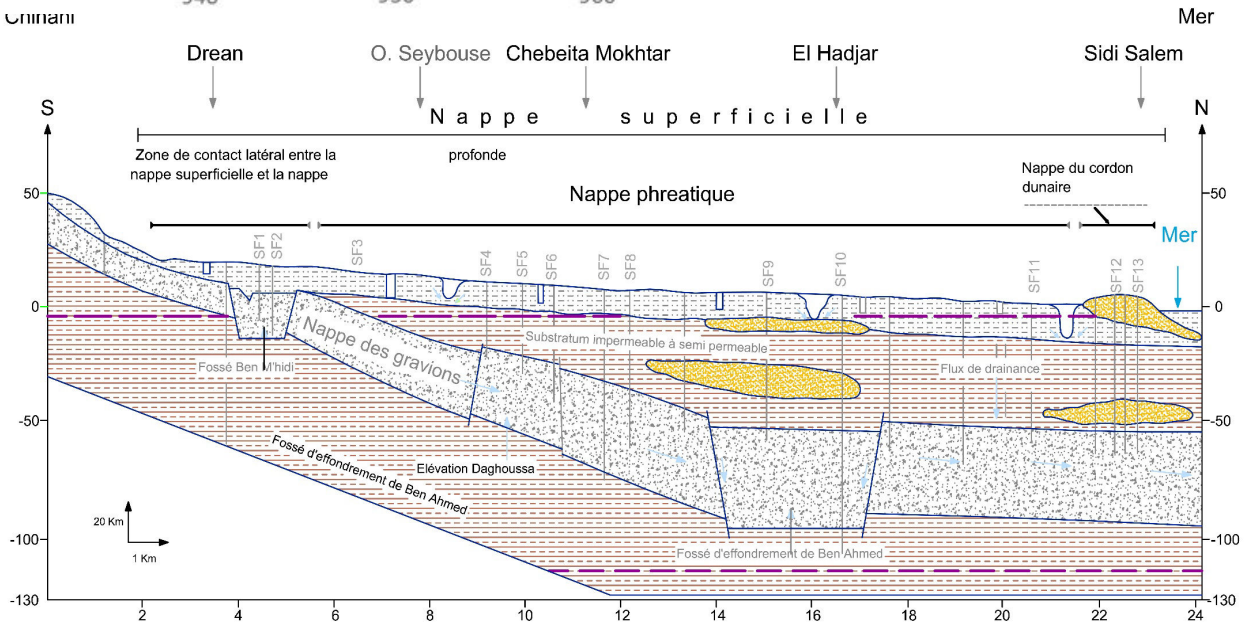
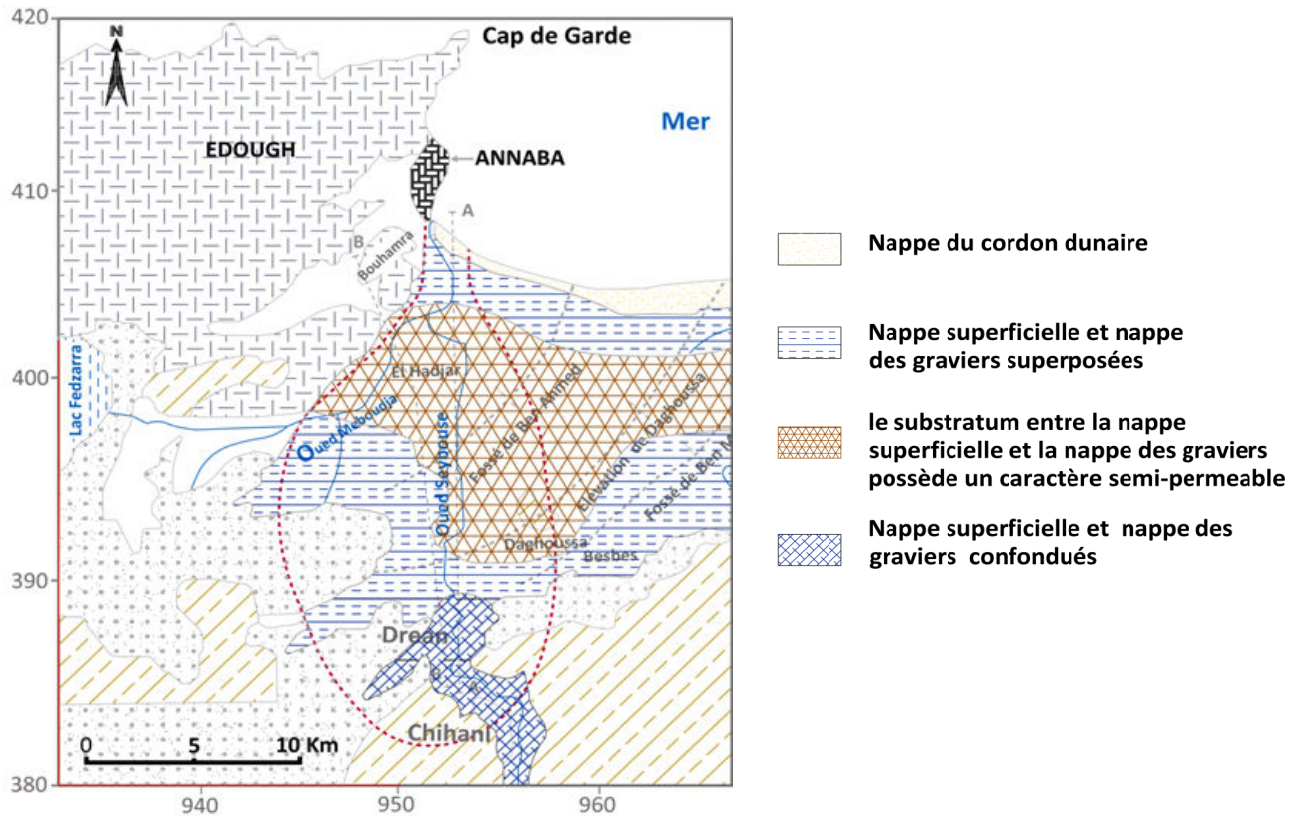
C'est une nappe littorale constituée par le sable dunaire, dont la transmissivité moyenne est de l'ordre de  $10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s et la perméabilité est de  $10^{-3}$  à  $10^{-5}$  m/s, cette nappe est exploitée par des puits.

#### 1.3.2. La nappe phréatique et la nappe des graviers :

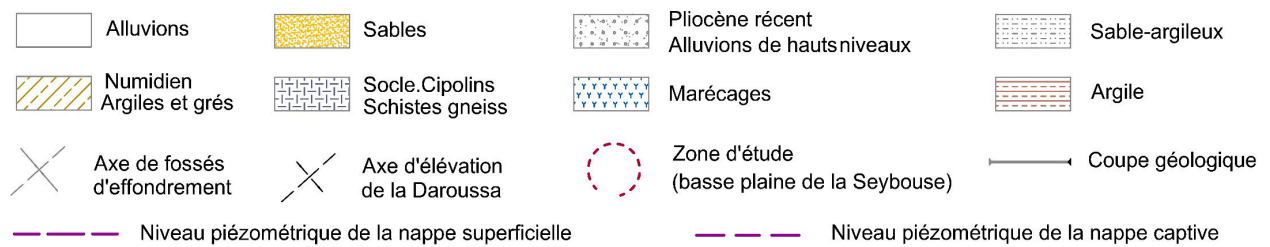
Deux nappes superposées qui s'étendent sur toute la zone basse de la Seybouse, la nappe phréatique est constituée par des sables argileux et des limons, son épaisseur varie entre 0 et 20 m, elle est exploitée par des puits pour l'irrigation et les usages domestiques. La détermination de la perméabilité du toit de la nappe superficielle a été faite par la D.G.R.H.A. (Direction Générale Des Ressources Hydriques d'Annaba, (1968), par la méthode de Porchet, fait ressortir des valeurs qui varient entre  $10^{-6}$  et  $3 \times 10^{-5}$  m/s. La transmissivité des terrains varie entre  $10^{-6}$  et  $10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s.

La nappe des graviers, elle est positionnée entre un substratum argileux et un toit imperméable à semi-perméable qui disparaît dans la partie sud (Dréan et Chihani) constituée par des graviers, galets et sables est située en dessous de la nappe superficielle. Son épaisseur au niveau de la zone d'étude varie entre 2 et 50 m. La perméabilité de cette nappe varie de  $10^{-5}$  à  $10^{-4}$  m/s, la transmissivité est de  $3,5 \times 10^{-3}$  à  $3 \times 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s dans la région de Dréan, elle est de  $4,6 \times 10^{-3}$  à  $5 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s dans la partie nord. Le coefficient d'emménagement est de l'ordre de  $10^{-4}$  dans la partie captive et atteint  $10^{-2}$  dans la partie libre (*in* Zenati, 1999). Cette nappe est fortement exploitée par des forages.

La nappe phréatique et la nappe des graviers sont confondues dans la partie Sud entre la région de Dréan et Chihani. Plus on se dirige vers le nord, plus elles sont séparées par une couche argileuse de 10 à 140 m d'épaisseur. Cette dernière augmente du sud vers le nord et de l'ouest vers l'est. D'autres nappes locales peuvent apparaître au niveau du socle Métamorphique sous l'effet de l'altération des formations rocheuses du cipolin ou des alluvions des terrasses supérieures.



**B. Coupe schématique de la superposition des nappes souterraines**



**Figure 2** : Situation géographique et position des nappes souterraines dans la plaine de la Seybouse (Debieche, 2002 ; modifié en 2020).

## 1.4. Aperçu géologique :

Le cadre géologique d'un bassin versant conditionne les écoulements des eaux de surface et souterraines. La zone d'étude fait partie de l'ensemble géologique du Tell d'Algérie. Cet ensemble s'étend de la région de Constantine à la frontière Algéro-Tunisienne. Sa structure est très complexe et essentiellement due à des mouvements Tertiaire, surtout Miocène. La zone d'étude est constituée de deux sous bassins principaux qui sont, la moyenne et la basse Seybouse.

### 1.4.1. Le cadre géologique de la moyenne Seybouse :

On rencontre des terrains allant du Primaire jusqu'au Quaternaire.

#### ➤ **Trias.**

C'est la formation géologique la plus ancienne datée dans la région. Elle affleure uniquement à l'extrémité de Nador sous trois faciès :

- Trias inférieur : constitué d'argile d'aspect schisteux affleurant au Nord du massif de Nador.
- Trias moyen : formé de calcaires lités à cassures, contenant quelques bancs de calcaires vermiculés (calcaires à fucoïdes).
- Trias supérieur : se rencontre à l'Est de Dj. Debagh, caractérisé par des alternances de marne et de schiste de faibles épaisseurs.

#### ➤ **Jurassique.**

Les terrains du Jurassique sont représentés par des dolomies noires avec des schistes calcaireux de faibles épaisseurs dans la région de Djebel Debagh.

#### ➤ **Crétacé :**

- Le Crétacé inférieur est représenté par des calcaires massifs ou lissés et de dolomie à Algues d'âge Aptien. On le rencontre à Hammam Bredâa et Djebel Debagh.
- Le Crétacé moyen est représenté par des calcaires massifs ou lithiques et calcaranites.
- Le Crétacé Supérieur est caractérisé par des niveaux calcaireux dolomitiques riches en Orbitolines et des débris à Rudiste datant du Cénomaniens-Vraconien et d'épaisseur limitée.

#### ➤ **Le Mio-Pliocène :**

Les argiles à gypse grise probablement d'âge Massylien renfermant des intercalations marno-calcaires et de gypse en couches minces ou en masses litées.

Les argiles rouges à conglomérats roulés rouges également témoignent de l'activité d'une phase d'érosion intense en milieu rubéfiant.

La mollasse de Guelma bien développée au Sud est une épaisse série de grès jaunâtre friable rarement grossier avec des intercalations d'argiles marneuses grises ou jaunes parfois gypseux.

➤ **Le Quaternaire :**

Il occupe le centre du sous bassin, il est représenté par :

- ***Le Quaternaire ancien :***

Il s'agit de tufs et calcaire lacustre, le calcaire tuffacé de couleur grise ou blanc-rosée cet ensemble affleure au Sud de Guelma aux environs de Ben Djarrah et aux alentours du village d'Héliopolis.

- ***Le Quaternaire actuel :***

Il est représenté par les alluvions du lit de l'Oued Seybouse :

Les alluvions anciennes : La Seybouse a déposé des quantités énormes de matériaux détritiques formant le remplissage du bassin d'effondrement et possédant une grande importance du point de vue hydrogéologique.

#### 1.4.2. Le cadre géologique de la basse Seybouse :

Selon la chronologie stratigraphique, la région d'étude révèle des terrains géologiques d'âge différents allant du Quaternaire récent au primaire, renfermant à la fois des formations métamorphiques et sédimentaires, voir figure ci-après.

##### 1.4.2.1. Formations sédimentaires :

Elles sont représentées par des calcaires surmontés tectoniquement par des flysch schisteux surmontés sur leur tour par des grés numidiens. En commençant par les terrains les plus récents jusqu'aux les plus anciens suivant l'échelle stratigraphique, on distingue :

➤ **Le Quaternaire :**

Il est généralement développé sous forme de formations soient fluviales (les terrasses), soient éoliennes (les dunes) dans la partie côtière de la plaine étudié. Il est subdivisé en quatre niveaux stratigraphiques :

- ◆ ***Le Quaternaire actuel :***  
Formé par des dépôts du lit actuel de l'oued Seybouse, il s'agit de matériaux argileux, sableux et caillouteux résultant de l'érosion des formations traversées par l'oued.
- ◆ ***Le Quaternaire récent :***  
Il correspond à la basse et moyenne terrasse représentée par des dépôts alluvionnaires et limoneux de part et d'autre de la Seybouse.
- ◆ ***Le Quaternaire moyen :***  
Correspondant à la base terrasses de 20 à 50m, constitué par des argiles et des sables. Elle se développe sur toute la région surtout au niveau de la vallée de l'oued Seybouse.
- ◆ ***Le Quaternaire ancien :***  
Disposé sous forme de terrasse de 100 à 150 m d'altitude au-dessous de la Seybouse et formé essentiellement par des formations alluviales (argile, limons, sables, graviers et galets).

➤ **Le Tertiaire :**

Présente une épaisseur importante dans la zone d'étude avec trois systèmes.

◆ *Le Mio-Pliocène :*

Constitue le remplissage graveleux et sablo-argileux du bassin de la plaine de Annaba. Ces formations sont d'origine continentale, elles incluent des horizons graveleux et des niveaux de travertins qui constituent le réservoir de la nappe profonde.

◆ *L'Oligocène :*

Comporte des niveaux argilo-gréseux numidiens qui forment le relief des montagnes du Sud de la plaine d'Annaba d'une épaisseur de 150 m.

◆ *L'Eocène inférieur :*

Série transgressive formée de calcaires massifs à faciès épi-néritique.

➤ **Le Secondaire :**

Ce sont des terrains allochtones composés de Silex du Jurassique et des flysch du crétacé.

1.4.2.2. Formations métamorphiques :

Il s'agit d'un massif cristallin qui occupe la partie Ouest de la wilaya d'Annaba (l'Edough, Cap de fer et Bellielita), elles sont datées du Primaire et caractérisées par la superposition de trois unités :

➤ **L'unité supérieure :**

Elle est datée de l'Ordovicien-Dévonien et caractérisée par trois séries Cristalloyphyliennes

- Une série des gneiss ocellés et sombres.
- Une série de micaschistes, grenats et cipolins.
- Une série d'amphibolites.

➤ **L'unité intermédiaire.**

Affleure dans la zone périphérique de l'Edough, elle est constituée par les schistes, des micaschistes riches en Biotite et Muscovite et de Grenat, parfois avec des feldspaths souvent visibles à l'œil nu. Cette série contient des marbres qui s'intercalent dans les formations des micaschistes sous forme des Skarnes marquant le tracé de l'horizon carbonaté initial.

➤ **L'unité inférieure (ou de base) :**

Elle est datée du précambrien et constituée par des gneiss quartzo-feldspathiques et micacés (riches en Biotite) formant le cœur de la structure anticlinale du massif de l'Edough.

Cette description géologique a montré que dans la région d'étude, seuls les formations du Mio-Pliocène et du Quaternaire peuvent constituer des réservoirs d'eaux importants.

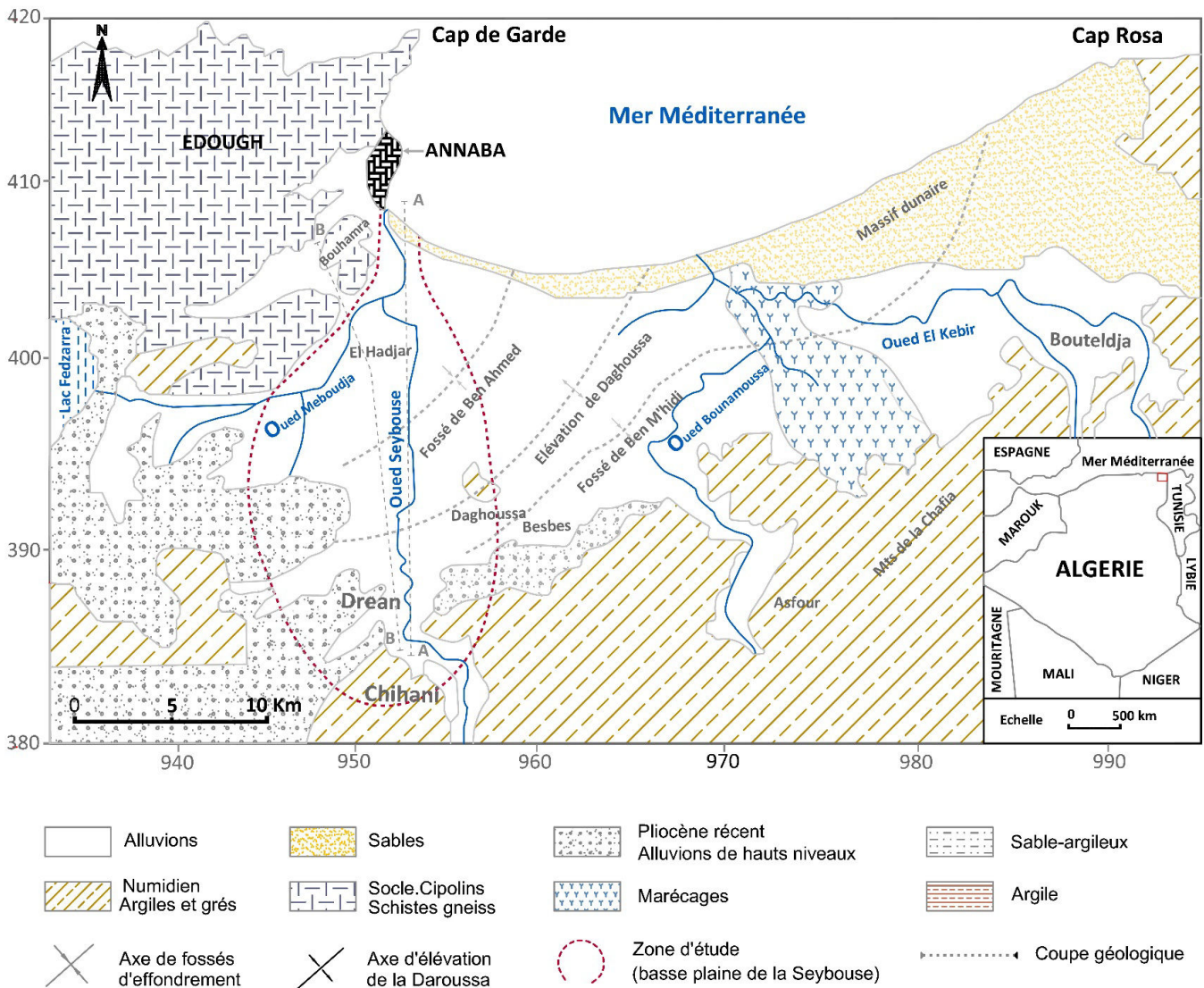


Figure 3 : Contexte géologique de la basse plaine de la Seybouse (Vila, 1980 ; modifié en 2020)

### 1.5. Aperçu litho stratigraphique :

Les travaux de géologie effectués dans la région (Joleaud, 1936 ; Hilly, 1962 ; Vila, 1980; Lahondère, 1987 ; Gleizes, 1988 ; Hammor, 1992) font ressortir de deux types de formations différentes : le complexe métamorphique de l'Edough et les formations sédimentaires d'âge Secondaire-Tertiaire (figure 4), l'échelle stratigraphique de ces terrains se répartit du Paléozoïque au Quaternaire :

#### 1.5.1. Le Paléozoïque :

Il est constitué essentiellement par des gneiss ceinturés et des micaschistes (Hilly, 1962, Caby, 1992 ; Ahmed-Said, 1993) qui affleurent à l'ouest dans les massifs de l'Edough, de Belilieta et de Boukhadra. On peut distinguer les trois séries superposées suivantes :

- **La série inférieure**, représentée par des gneiss riches en biotite et sillimanite d'une épaisseur moyenne de 70 m, constituant le coeur de l'anticlinal du massif de l'Edough ;
- **La série intermédiaire**, caractérisée par des schistes et des micaschistes riches en biotite, muscovite et du grenat et parfois avec des feldspaths souvent visibles à l'œil nu. Cette série

contient des marbres qui s'intercalent dans les formations des micaschistes sous forme de skarns ;

- **La série supérieure**, constituée par un ensemble de gneiss ocellés, schistes satinés, micaschistes, grenats et amphibolites.

Deux accidents tectoniques ont affecté le massif de l'Edough : le premier est de direction NW-SE et le second est dirigée NE-SW.

### 1.5.2. Le Mésozoïque :

Il affleure au sud à une quarantaine de kilomètres de la zone d'étude, au niveau de la région de Guelma et de Bouchegouf. Il est constitué par :

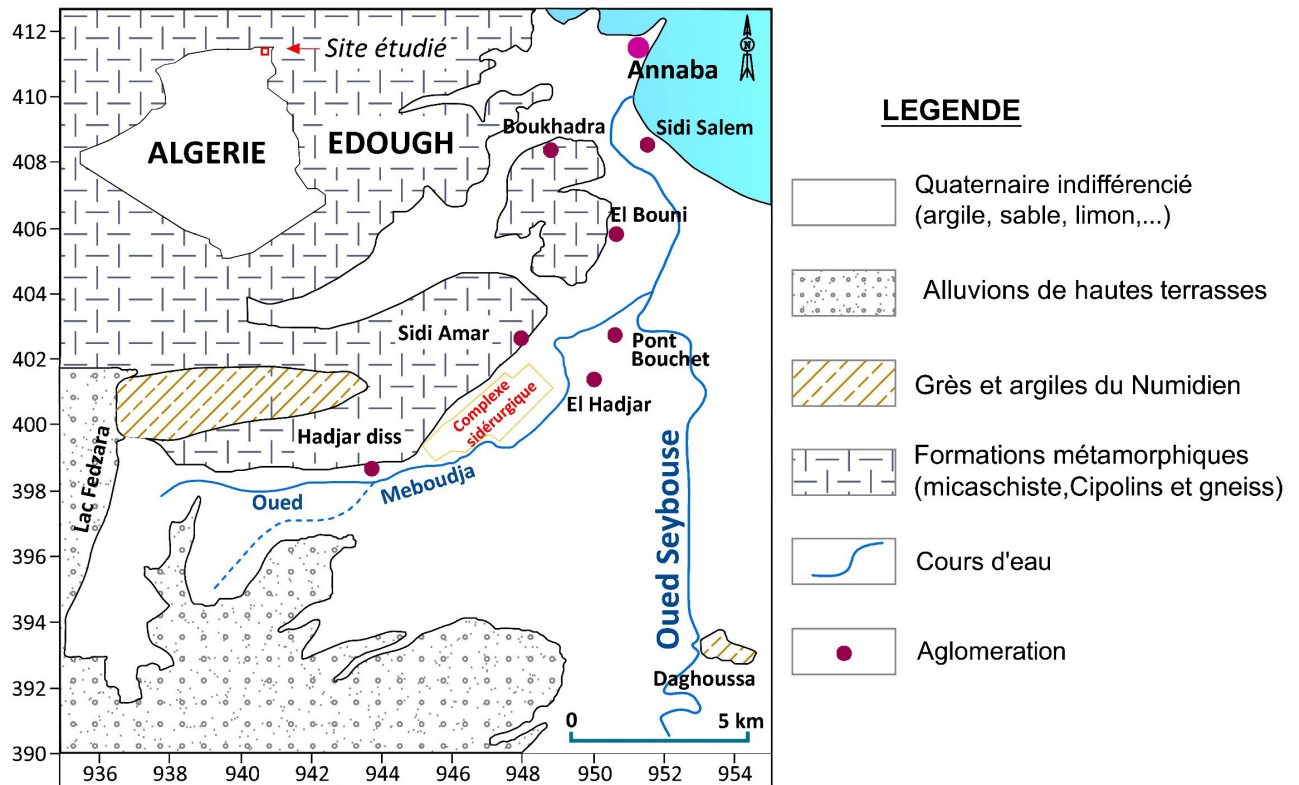
- Le Trias, représenté par une association de dolomies, calcaires dolomitiques et de gypse ;
- Le Jurassique, formé par des dolomies noires et des schistes calcareux ;
- Le Crétacé qui comporte des calcaires dolomitiques riches en foraminifères et des débris

De rudistes. Seul le Crétacé supérieur (Sénonien) est représenté au sud de la région, il occupe presque la totalité des monts de la Chaffia. Il est caractérisé par un faciès schisteux plus au moins argileux. Parfois il s'agit aussi d'un passage de calcaire avec alternance de marnes ou de micro brèches épais de 5 à 10 cm.

### 1.5.3. Le Cénozoïque :

Il est représenté par :

- **L'Eocène inférieur** : représenté par une série transgressive formée par des calcaires massifs à faciès épinéritiques ;
- **L'Oligocène** : qui comporte des niveaux d'argiles numidiennes rencontrées dans toute la partie Sud de la région d'étude (Monts de la Chaffia), au Sud-Est de Bouteldja et dans Les djebels Koursi, Bourdim et Oum El-Agareb. Ce faciès argileux, de couleur verdâtre, Brunâtre ou bleu sombre, comprend parfois des intercalations de lentilles gréseuses pouvant aller d'un cm à 30 cm d'épaisseur. Localement, quartziteux et renfermant parfois de petits nodules de pyrite, l'ensemble des formations peut atteindre plus de 100m d'épaisseur. Ces argiles forment la base de la série numidienne, ont été datées de l'Oligocène moyen à supérieur (Lahondère, 1987). Au-dessus de ces formations argileuses viennent se superposer les grès numidiens en position allochtone d'âge aquitainien (Rouvier in Ramdani, 1996), à grainshétérométriques allant du grain grossier au grain fin. Ces grès, épais de près de 150m, sont bien représentés au sud de la région d'étude, à l'Est dans le djebel Bourdim et au Nord Est dans le djebel Koursi. Ils ceignent les formations alluvionnaires et surtout dunaires.
- **Le Mio-Pliocène** : représenté par les faciès suivants :
  - ♦ Faciès marin (Plaisancien) : caractérisé par des marnes bleues avec des intercalations calcaires ;
  - ♦ Faciès continental : caractérisé par des conglomérats des grés et des argiles qui sont liés aux dépôts des fosses d'effondrement et qui constituent le réservoir de la nappe captive des plaines d'Annaba–Bouteldja.
  - ♦ Faciès fluviaux ; bien développé dans la plaine d'Annaba, il est formé essentiellement de galet, de sable et d'argile le long des oueds ;



**Figure 4 :** Esquisse géologique de la basse Seybouse  
(D'après Strojexport, 1975, modifié HANI-2002, et en 2020 ).

En effet, la prospection par sismique réflexion a mis en évidence l'existence de deux fosses (Sonatrach, 1969 ; Strojexport, 1975) dont, La fosse de Ben-Ahmed, orientée S-N, et la fosse de Ben-M'hidi, orientée SW-NE.

Ces deux fosses sont séparées par le haut fond de Daroussa (ou élévation de Daroussa), cet effondrement s'est produit au cours du Mio-Pliocène.

#### 1.5.4. Le Quaternaire :

Les formations dunaires et alluvionnaires d'âge quaternaire constituent la roche réservoir de l'aquifère de Annaba à savoir :

- Les formations des hautes terrasses : correspond à la nappe superficielle dont le matériau est composé de sables, d'argiles, de graviers et de congolomérats de petite taille dominant cette formation.
- Les formations de la basse et la moyenne terrasse :
  - ✓ La moyenne terrasse est représentée par des terrasses alluvionnaires des oueds de 20 m, correspond aussi à la terre cultivable (terre, argile, sable).
  - ✓ Basse terrasse est formée par des alluvions du niveau des eaux actuelles des oueds, ces terrasses sont plus limoneuses que sableuses et sont parsemées de marécages.
- Les formations alluvionnaires sont représentées par des dépôts du lit actuel de l'Oued Seybouse, généralement de matériaux variés, argiles, sables et des cailloux.
- Le cordon dunaire représenté par un massif constitué essentiellement de sable d'origine marine. Il affleure largement entre le village de Chatt et la ville d'El-Kala.

## 1.6. Couvert végétal

Le couvert végétal a une influence directe sur l'écoulement fluvial ainsi que les facteurs orographiques et climatiques. La résistance à l'écoulement est d'autant plus grande que le couvert végétal est plus dense. Dans la région d'étude, les aires agricoles sont localisées essentiellement dans la plaine alluviale. Les cultures pratiquées sont dominées par des cultures maraîchères et quelques vergers d'agrumes et d'arbres fruitiers. Les forêts, les maquis et les broussailles occupent pratiquement toute la bande des monts (Voir figure 5).

Deux classifications sont utilisées pour étudier le taux de recouvrement de la végétation : la classification de Tricart (1968) et celle de Dubreuil et Guiscafne (1974) développée au sein de l'ORSTOM.

La méthode de Tricart (1968) prône la classification du couvert végétal par ordre de densité (ou d'efficacité) décroissante. Celle-ci aboutit pour l'ensemble du bassin de la Seybouse aux résultats suivants, élaborés à partir de la carte internationale du tapis végétal au 1/1000 000 feuilles Tunis-Sfax et Alger sur le bassin de l'oued Seybouse (Mebarki, 2005) ; (LOUAMRI ,2013).

- ✓ **Les surfaces bien protégées** (le couvert forestier et les prairies.), se localisent dans la zone Nord tellienne par les fortes de chêne vert, et par les forêts de chêne liège dans le bassin Sud tellien de l'oued Mellah (zone de Mechroha et Ain Seynour), ces deux formations occupent moins de 20 % de la surface du Bassin.
- ✓ **Les surface mal protégées ou nues**, (terrains dénudés, steppe, broussailles) représentent autour de 25 % de la superficie totale du bassin ;
- ✓ **- les surfaces incomplètement protégées** (terres labourées et arboriculture extensive) occupent la majeure partie des Hautes Plaines, et une grande surface dans tous les bassins. Elles s'élèvent à 56 %, dont, les surfaces bien couvertes (prairies) et la majorité des surfaces offrant une couverture moyenne (céréales-jachère) ainsi que les surfaces possèdent une couverture.

En résumé, la zone tellienne est le domaine de la forêt de chêne vert et de chêne liège, et par conséquent, Le bassin de l'oued Mellah est le plus boisé (chêne liège), à cause des effets issue de l'altimétrie et de la pluviométrie ;

Par ailleurs, La zone des Hautes Plaines est le domaine de la céréaliculture associée à l'élevage. Le bassin amont de l'oued Charef est très dénudé.

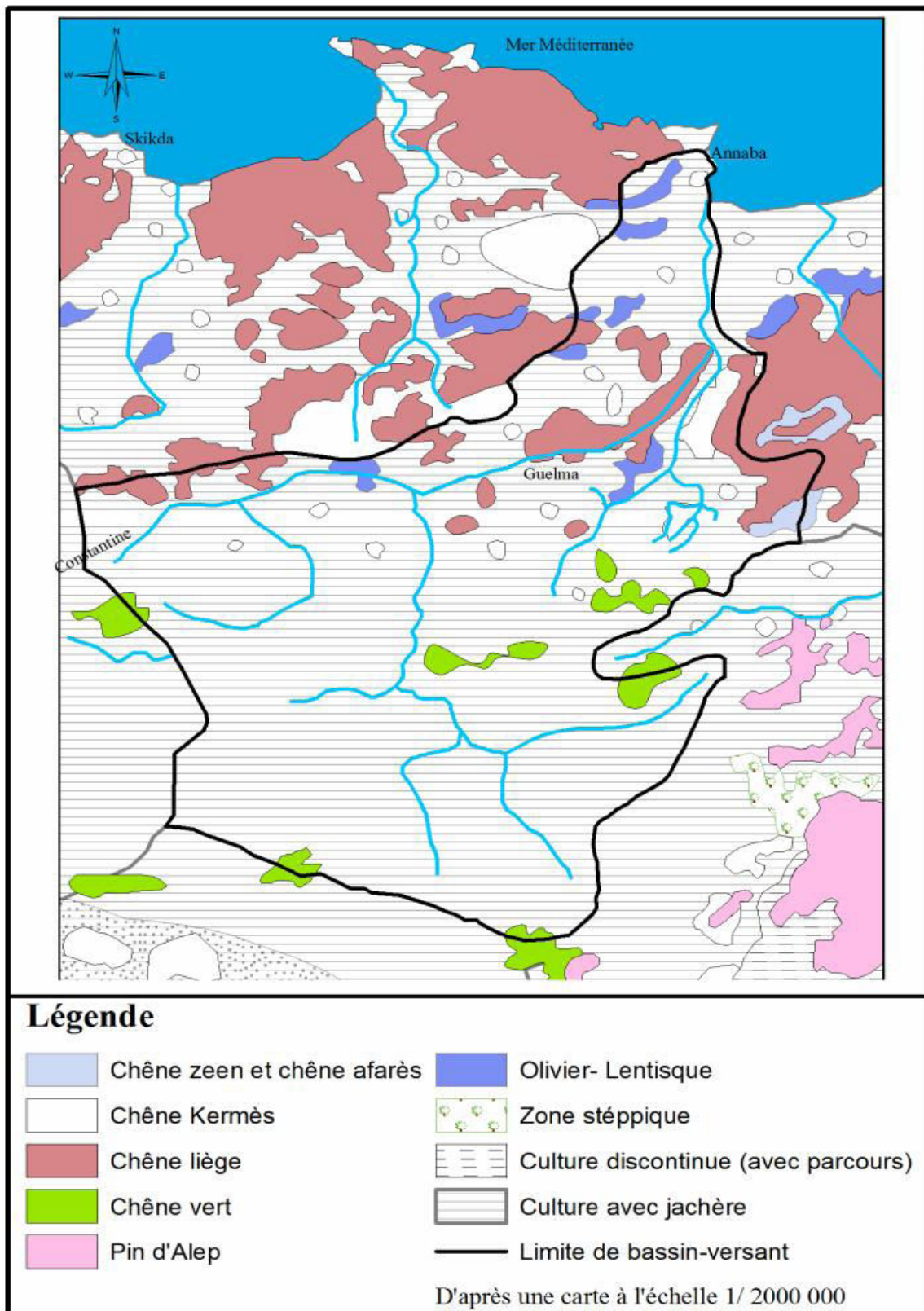


Figure 5 : Couvert végétal du bassin de l'oued Seybouse (In Mebarki, 2005)

## 1.7. Contexte socio-économique

La région est connue par sa grande vocation agricole et activité industrielle intense. La Population qui s'y trouve est estimée à 800700 habitants (RGPH, 2008) soit une densité de : 125 hab./km<sup>2</sup>, elle est concentrée surtout dans les grandes agglomérations : Guelma, Sedratta, Bouchegouf, Drean, El Hadjar, Sidi Amar et El Bouni, ...etc.

### 1.7.1. Agriculture

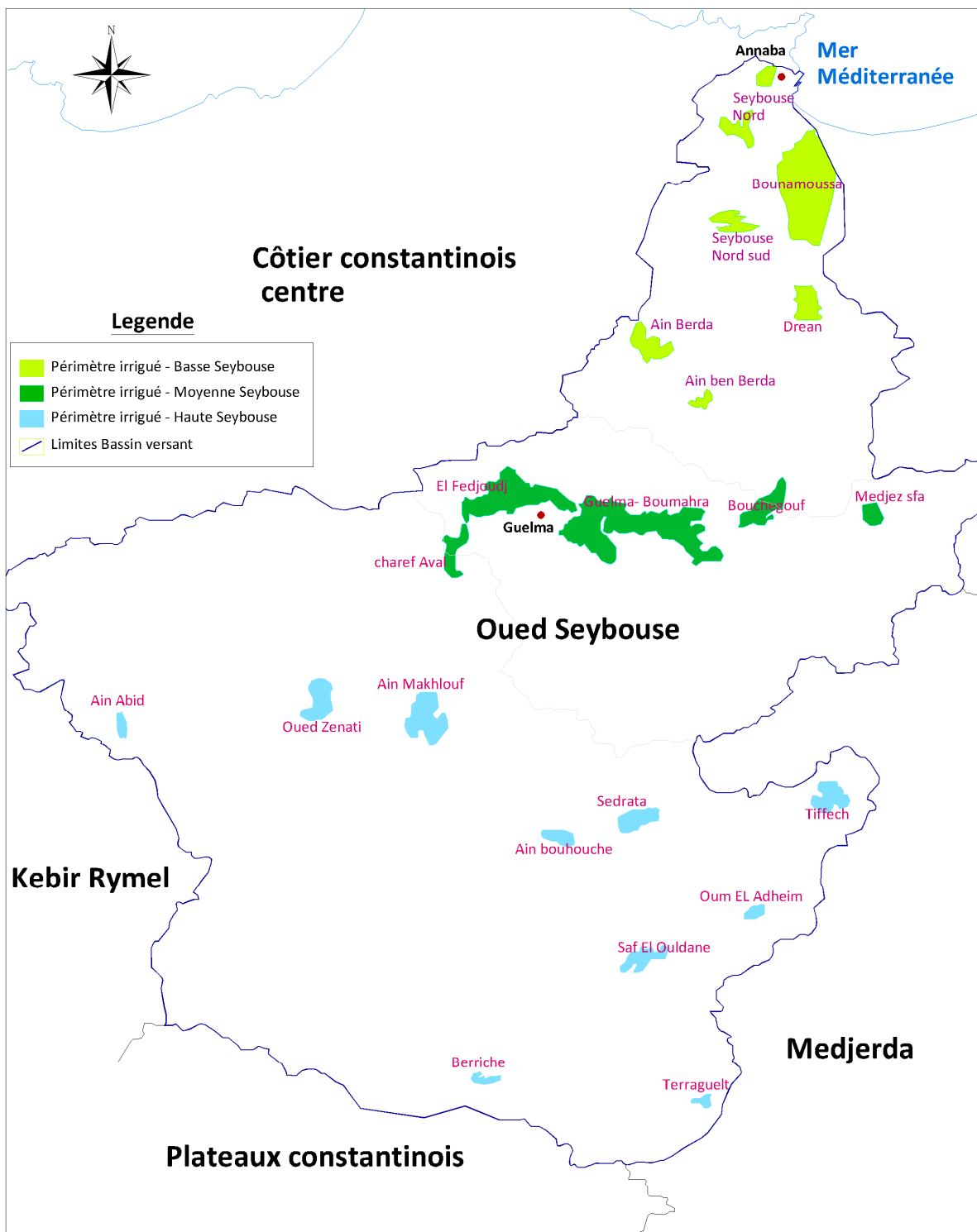
L'agriculture est observée sur l'ensemble de la zone, avec une très grande variété de cultures, céréalières, maraîchères et arboricoles.

L'irrigation dans le bassin de la Seybouse occupe une superficie de 13976 hectares, dont l'irrigation traditionnelle (gravitaire) dans sous bassin du Haut Charef, et irrigation moderne (par aspersion) dans la moyenne et basse Seybouse. Les différents secteurs et périmètres d'irrigation sont présentés dans le tableau et figure ci-après

**Tableau 1 :** Présentation des différentes cultures par secteur.

Secteur	Commune	Superficie irriguée (ha)	Culture	Ressources en eau	Mode d'irrigation	Point de rejet
<b>Bouchegouf</b>	Bouchegouf	880	Céréalière, Arboriculture et Maraîchère Industrielle	Barrage Hammam Debagh	Aspersion	Oued Seybouse
	Oued Farga					
<b>Ain Ben Beida - Drean</b>	Ain ben Beida	2960	Céréalière, Arboriculture et Maraîchère Industrielle	Barrage Hammam Debagh	Aspersion	Oued Seybouse
	Drean					
	Chebaita.M					
	Chihani					
<b>El Hadjar</b>	El Hadjar	14465	Maraîchère Industrielle	Retenue colinaire et Barrage Bounamoussa	Aspersion	Oued Seybouse et Oued Meboudja
	Sidi Amar					
	Hadjar DIss					
<b>Seybouse Nord</b>	El Bouni	673	Maraîchère Industrielle	Retenue colinaire Puits et forages	Aspersion	Oued Seybouse
<b>Annaba</b>	Annaba	82.5	Maraîchère Industrielle	Retenue colinaire Puits et forages	Aspersion	Oued Boudjema
<b>Guelma</b>	Guelma	3255	Maraîchère Industrielle et agrumes	Barrage Hammam Debagh	Aspersion	Oued Seybouse
	Belkhier					
<b>El Fedjoudj</b>	El Fedjoudj	2190	Maraîchère Industrielle	Barrage Hammam Debagh	Aspersion	Oued Seybouse
<b>Boumahra</b>	Boumahra	2000	Maraîchère Industrielle	Barrage Hammam Debagh	Aspersion	Oued Seybouse
<b>Charef Aval</b>	Hammam Debagh	605	Céréalière, Arboriculture et Maraîchère Industrielle	Barrage Hammam Debagh	Aspersion et gravitaire	Oued Charef
<b>Haut Charef</b>	Ksar Sbahi	3742	Céréalière, Arboriculture et Maraîchère Industrielle	Foum El Khanga	Aspersion et gravitaire	Oued Charef
	Zouabi					
	Sedrata	2000	Céréalière, Arboriculture et Maraîchère Industrielle	Barrage de Sedrata	Aspersion et gravitaire	Oued Charef

**Source :** cahier de l'agence de bassin hydrographique (2002), ONID de Guelma (2010)



**Figure 6 : Présentation des périmètres irrigués dans le BV d'Oued Seybouse**  
(Données ABH, 2013, Modifié en 2020)

### 1.7.2. Industrie

Les industries dans le bassin de la Seybouse sont principalement regroupées dans la basse et la moyenne Seybouse en particulier pour le secteur chimie et divers, a travers les différentes zones industrielles implantés dans la zone d'Annaba à savoir

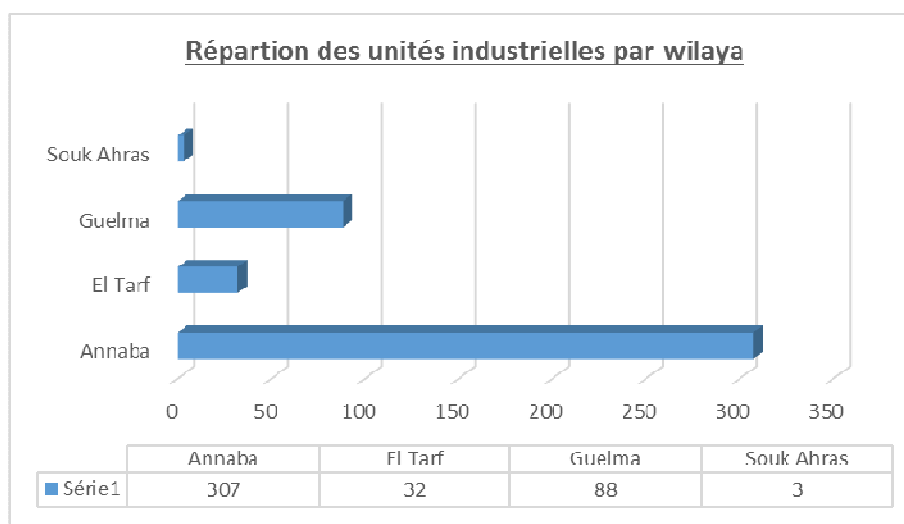
- ◆ Zone industrielle de Meboudja
- ◆ Zone industrielle Pont Bouchet-El Hadjar
- ◆ Zone industrielle d'El Allelik- El Bouni,
- ◆ ZAC de Sidi Salem
- ◆ **Complexe sidurergique d'El Hadjar**

Suite au dernier recensement des établissements industriels effectués en 2011, par une étude a été effectuée pour le compte du ministère de l'environnement, pour les unités qui rejettent leurs effluents dans le BV d'oued Seybouse et la zone de Berrahel (MTATE, 2012), la totalité des établissements est autour de 307 unités entre l'industrie lourd, l'industrie chimique et dizaine unités pour l'agroalimentaire (laiterie, abattoirs, conserveries et huileries), sans compter les unités implantées au bord de la mer (vingtaine d'unités) qu'ils ne déversent pas leurs effluents dans l'oued Seybouse.

Dizaine entreprises recensés (30 unités) dans la zone Ouest d'El Tarf faisant partie d'Oued Seybouse, regroupés dans deux zones d'activités importantes, la zone de Dergaina de Chebaita et la ZAC de Drean, dont le secteur agroalimentaire est le plus dominant.

Au niveau de la moyenne Seybouse, le tissu industriel (21%), est répartie entre trois zones essentielles la zone d'El Fedjoudj, la ZI de Belkhier et Certain unités implantés au sein de Guelma (SORA SUCRE, CYGMA et ETER de Guelma), ainsi que la zone de Boumahra vers Bouchegouf (ZAC de Boumahra, certaines entreprises de l'agroalimentaire), sur l'ensemble faisant partie du secteur agroalimentaire.

Pra ailleurs, la haute Seybouse, dont le tissu industriel n'est pas significatif à l'exception de certaines unités de production de semoule et farine ainsi que certaines stations de lavage.



**Figure 7 : Répartition des industries par wilaya**

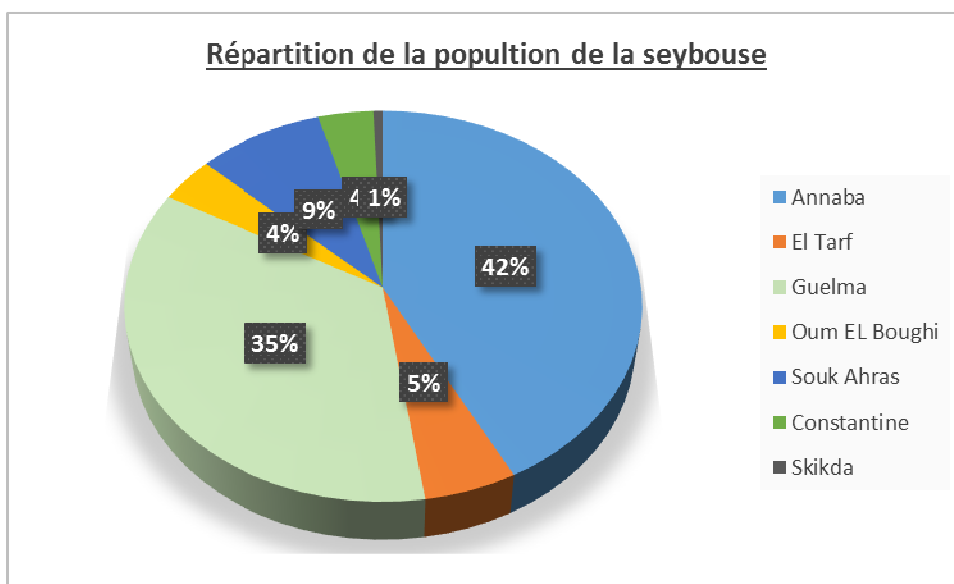
### 1.7.3. Population

La population appartient à la zone d'étude, elle est fortement concentrée dans les agglomérations les plus importantes (chef-lieu de la Wilaya, des daïras et des communes). Le tableau ci-après, montre le nombre de population parvenue de l'office nationale de Statistique du dernier recensement (RGPH de 2008).

Si on prend en considération la ville d'Annaba, malgré elle partiellement appartient au bassin versant d'Oued Seybouse, la population est dépassée 1.3 million répartie sur 07 wilaya et 68 communes, dont 30 communes entièrement incluses dans le Bassin versant et 38 autres sont partiellement touchés par le bassin versant.

Selon le tableau ci-après, la répartition de la population est hétérogène sur les différentes wilayas appartiennent au bassin versant, dont les wilayas d'Annaba et Guelma avec successivement un taux de 42 et 35%, puis Souk Ahras (9%) représentée par communes rurales dans l'Ouest de la wilaya, El Tarf (5%,) et la wilaya d'Oum El Bouaghi (4%) représentée par 05 communes rurales, et en fin Constantine et Skikda.

La répartition de la population par wilaya est présentée dans la figure et le tableau suivants



**Figure 8 :** Répartition de la population du BV par wilaya

**Tableau 2** : Répartition de la population par commune dans le bassin de la Seybouse.

Wilaya	Commune	Population (Hab.)	Wilaya	Commune	Population (Hab.)	
<b>Guelma</b>	AIN BEN BEIDA	9492	<b>Souk Ahras</b>	Ain Soltane	3091	
	AIN HASSAINIA	7114		Ragouba	5169	
	AIN LARBI	7604		Safel El Ouiden	2731	
	AIN MAKHLOUF	12300		Sedrata	53218	
	AIN REGADA	7688		Terraguelt	4811	
	AIN SANDEL	4760		Tiffech	6037	
	BELKHEIR	17649		Zouabi	2792	
	BENDJERRAH	6553		Khemissa	3717	
	BENI MEZZLINE	4883		Oum EL Adhim	8539	
	BORDJ SABAT	10158		Terraguelt	4376	
	BOUCHEGOUF	25443	<b>Oum El Boughi</b>	Mechroha	21802	
	BOUHACHANA	5596		Ain Babouche	16129	
	BOUHAMDANE	4394		Berriche	17609	
	BOUMAHRA AHMED	18265		Ksar Sbahi	11833	
	DAHOUARA	7886		Ain Diss	2767	
	DJEBBALLAH.KH	4487	El Zorg	2281		
	EL FEDJOU DJ	9122	<b>Annaba</b>	Annaba	255359	
	GUELAAT BOU SBAA	5635		Ain Berda	20611	
	GUELMA	120847		El Hadjar	37364	
	HAMMAM DEBAGH	16391		Sidi Amar	83254	
	HAMMAM N'BAILS	16199		El Bouni	125265	
	HELIOPOLIS	26328		Ain Berda	23476	
	KHEZARAS	10332		Eulma	10316	
	MEDJEZ AMAR	7703		Cheurfa	9864	
	MEDJEZ SFA	7707		<b>El Tarf</b>	Chihani	10094
	NECHMEYA	9964			Drean	37686
	OUED CHEHAM	14043	Chebaita. M		23135	
	OUED FRAGHA	7152	<b>Constantine</b>	El Haria	18735	
	OUED ZENATI	32870		Ain Abid	31743	
	RAS EL AGBA	2700	<b>Skikda</b>	Ouled Habeba	8369	
SELLAOUA ANNOUNA	3244	<b>Totale Population du BV d'Oued Seybouse</b>		<b>1336900 Hab.</b>		
TAMLOUKA	30211					

Source : RGPH -2008

# **CHAPITRE 2 : APERCU HYDRO CLIMATOLOGIQUE**

## 2. Aperçu Hydro climatologique

### 2.1 Introduction

L'étude des données climatologiques est une opération nécessaire pour faire une étude hydrogéologique, car elle facilite la compréhension des mécanismes d'alimentation et de circulation des eaux naturelles. Pour mieux comprendre le fonctionnement et les influences d'un système hydraulique de surface d'une région donnée, il est nécessaire d'établir un bilan hydrique. L'évaluation de ce bilan exige la connaissance des paramètres suivants :

Les températures, Les précipitations, l'évapotranspiration, le ruissellement et l'infiltration. Lors de l'élaboration de cette étude hydro climatique, on s'est basé sur les données climatiques de six stations (figure 9) réparties sur le long de l'Oued Seybouse : les Salines, Pont Bouchet et Ain Berda (W Annaba), Kef Mourad (W El Tarf), Bouchegouf et Guelma, couvrant une période d'observation qui varie de 27 ans à 32 ans.

**Tableau 3** : Les coordonnées des stations pluviométriques et période d'observation

Station météorologique	Code Station	Coordonnées Lambert		Z (m)	Période d'Observation
		X (km)	Y (km)		
Bouchegouf	140501	949,150	362,800	172	1980 -2011
Ain Berda	140606	937,60	387,75	73	1980-2013
Kef Mourad	140611	935.298	389,544	10	1980 -2007
Pont Bouchet	140631	950.25	402,80	6.0	1980 -2013
Les Salines	60360	955.80	403,8	3.0	1980 -2012
Guelma	140407	924,1	391.4	190	1988-2017

## 2.2 Les factures climatiques :

### 2.2.1 Les précipitations :

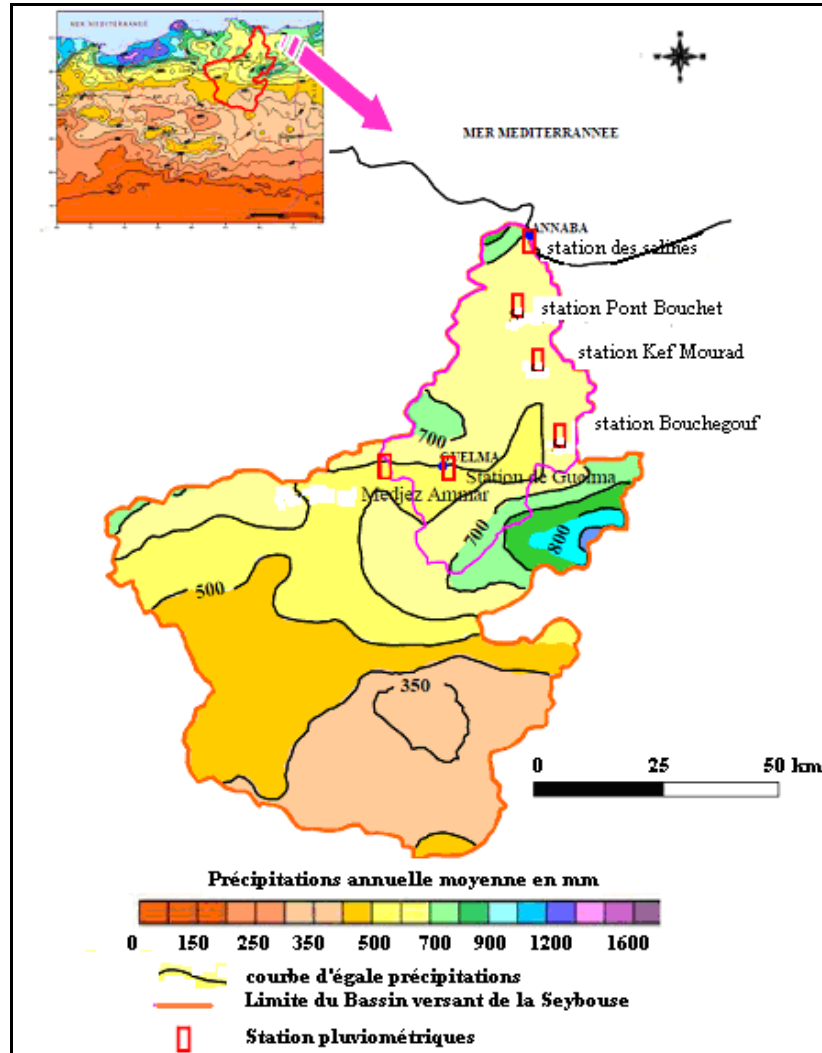
Constituant un facteur essentiel qui caractérise le climat d'une région, les précipitations jouent un rôle prépondérant dans le comportement hydraulique des cours d'eau et dans l'alimentation éventuelle des nappes souterraines. Les précipitations constituent le premier facteur important dans le cycle de l'eau.

La zone d'étude fait partie des régions les plus tempérées et les plus arrosées de l'Algérie, elle est soumise à un climat méditerranéen caractérisé par un hiver doux et humide et un été chaud et sec, dont le régime dépend principalement de la précipitation et de la température.

#### 2.2.1.1 Les précipitations mensuelles :

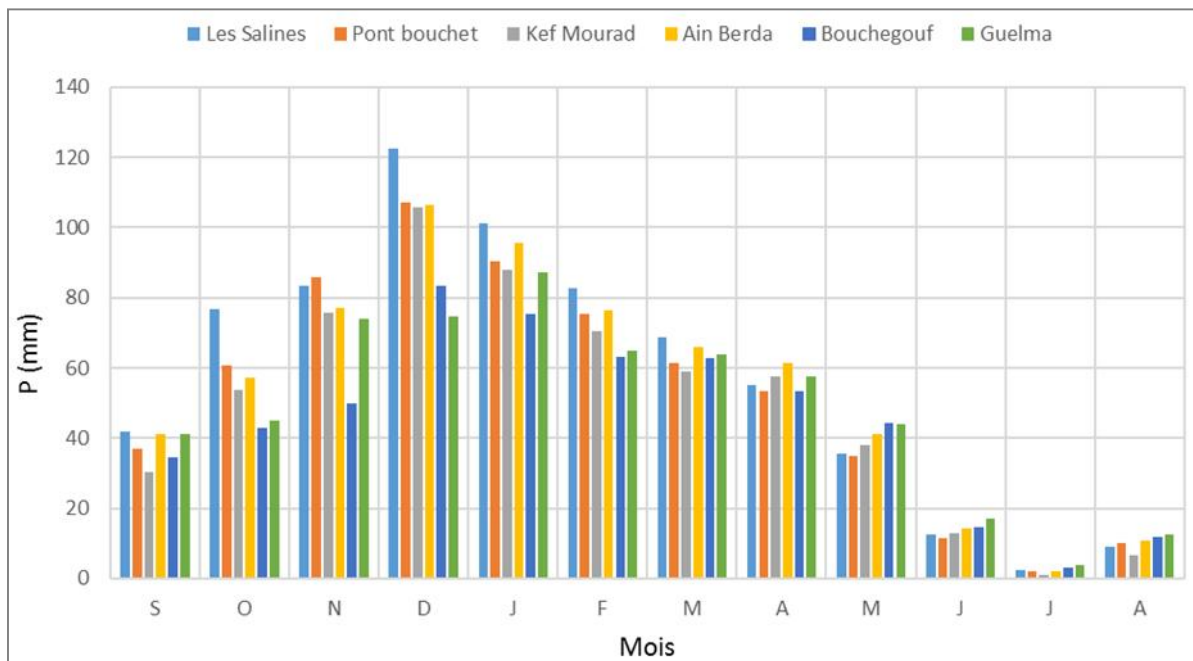
L'histogramme des précipitations moyennes mensuelles établi sur une période d'observation de 33ans pour les stations (les Salines, Pont Bouchet et Ain Berda), et 30 ans à la station de Guelma et 31 à Bouchegouf. Pour la station de Kef Mourad (23 ans) les observations sont incomplètes, ce qui nous amène à procéder à un comblement des lacunes, on a fait appel à deux méthodes l'une est la moyenne arithmétique qui consiste à calculer la moyenne arithmétique des valeurs

obtenues aux stations étudiées, s'applique uniquement si les stations sont bien réparties et si le relief du bassin est homogène (l'utilisation a été limitée à une valeur ou deux seulement). Cette méthode est souvent peu recommandée car peu représentative l'autre rapide décrite par Laborde JP 2000) en utilisant le logiciel HYDROLAB, et qui permet de rattraper ces lacunes à l'aide des observations disponibles.



**Figure 9 :** Localisation des stations pluviométriques et précipitations annuelles moyennes de l'Est algérien (ANRH GTZ, 2003, modifié 2015, In Sayad)

Les résultats des précipitations mensuelles montrent que le mois le plus pluvieux est Décembre aux six stations. Les hauteurs sont de l'ordre de 111.94 mm pour les salines, 107.14mm pour Pont Bouchet, 106.29 mm pour Ain Berda, 105.80 pour Kef Mourad, 90.86 à Bouchegouf et 87,12 mm à Guelma par contre le mois de Juillet est le mois le moins pluvieux où, on enregistre des précipitations très faibles qui varie de 3.38 mm pour les salines, 2.17 mm pour Pont Bouchet, 2.16 mm pour Ain Berda, 1.07 mm pour Kef Mourad, 3.26 à Bouchegouf et 3.90 mm à Guelma (figure 10).



**Figure 10:** Histogramme des précipitations moyennes mensuelles aux stations :

Les salines (1980-2011), Pont Bouchet (1980-2012) , Ain Berda (1980-2012), Kef Mourad (1980-2007) , Bouchegouf (1980-2012) et Guelma (1988-2017).

### 2.2.1.2 Les précipitations annuelles :

Les valeurs des précipitations annuelles moyennes dans les cinq stations sont de l'ordre de 691 mm pour la station des salines, 630 mm pour celle de Pont Bouchet, 650 mm pour Ain Berda, 599 mm à Kef Mourad, 540 mm à Bouchegouf (figure 10), Selon (Seltzer.P 1946) la répartition des pluies en Algérie obéisse aux trois lois suivantes :

- La hauteur de précipitation augmente avec l'altitude mais est plus élevée sur les versants exposés aux vents humides que sur les versants sous le vent sec.
- Elle augmente aussi, de l'Ouest à l'Est et de Sud au Nord.
- La hauteur de précipitations diminue à mesure que l'on s'éloigne du littoral

- Coefficient pluviométrique :

Le coefficient pluviométrique permet de déterminer les années excédentaires et les années déficitaires.

$H > 1$  : Année excédentaire

$H < 1$  : Année déficitaire

Le coefficient pluviométrique est donné par la formule suivante :

$$H = \frac{P_i}{P}$$

Avec :

**H** : coefficient pluviométrique.

**P<sub>i</sub>** : pluviométrie d'une année donnée en mm

**P** : pluviométrie moyenne pour une période de N années en mm.

La représentation graphique des coefficients de pluviométriques sont présentés ci dessous

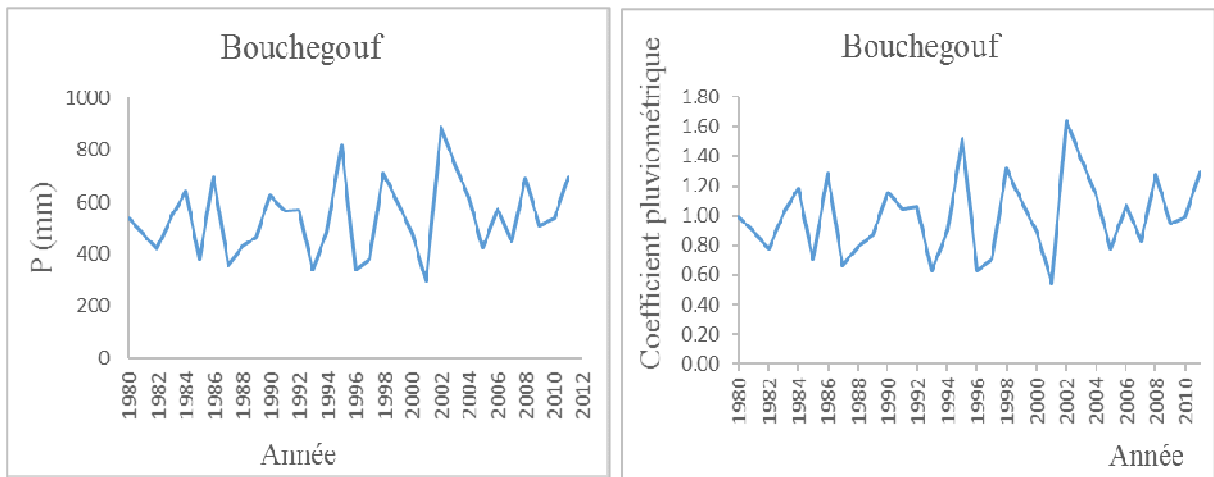


Figure 11 : Les précipitations annuelles et le coefficient pluviométrique – station de Boucheouf.

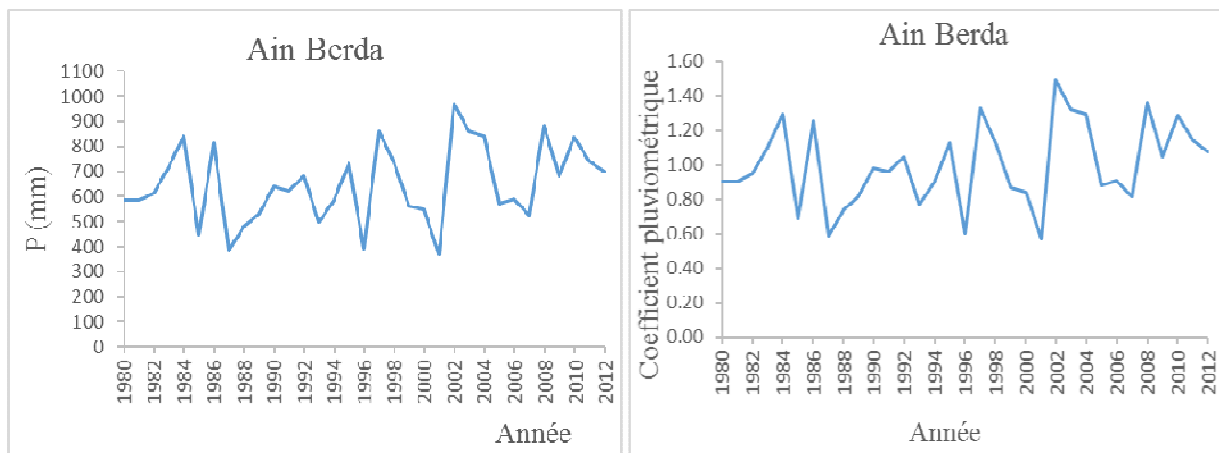


Figure 12 : Les précipitations annuelles et le Coefficient pluviométrique - Station d'Ain Berda

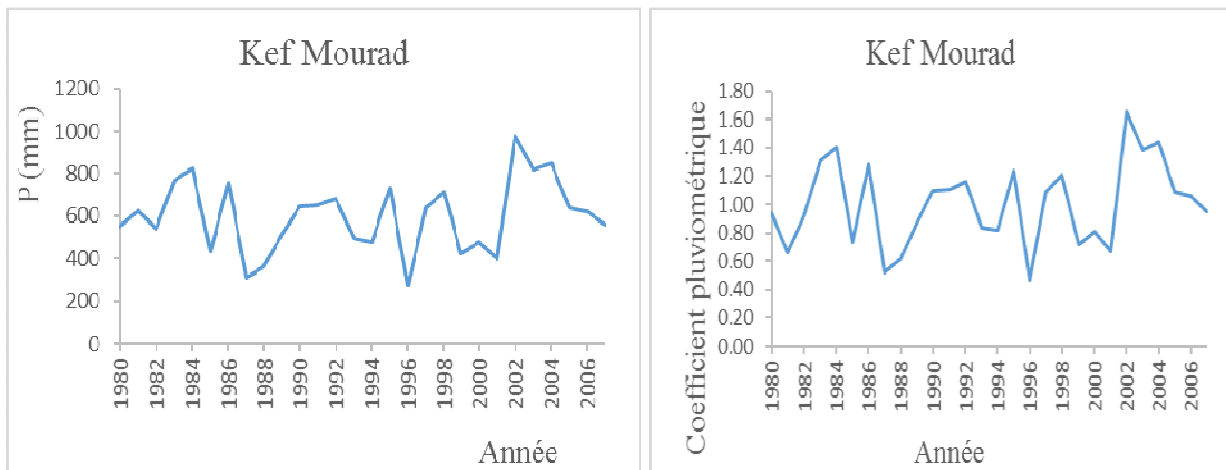
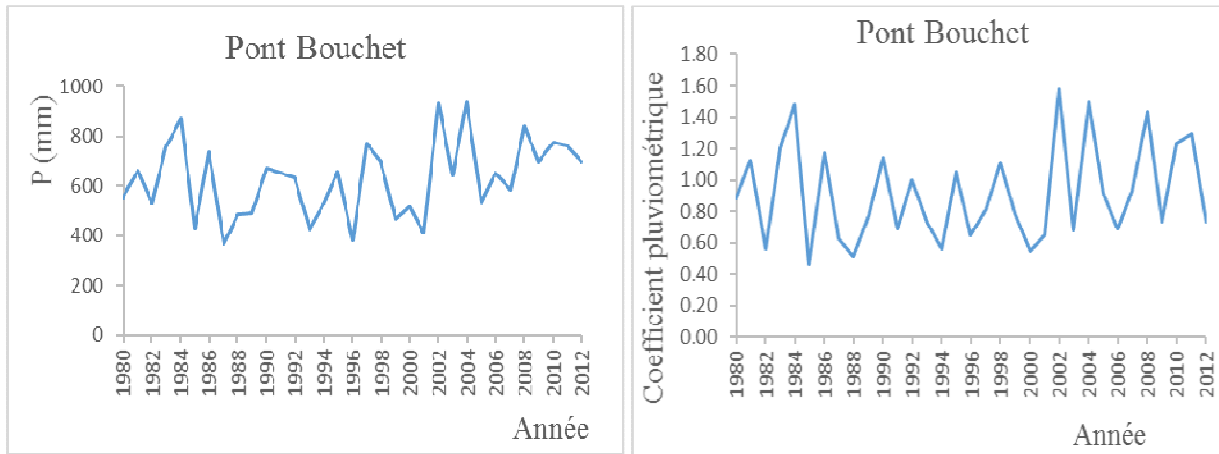
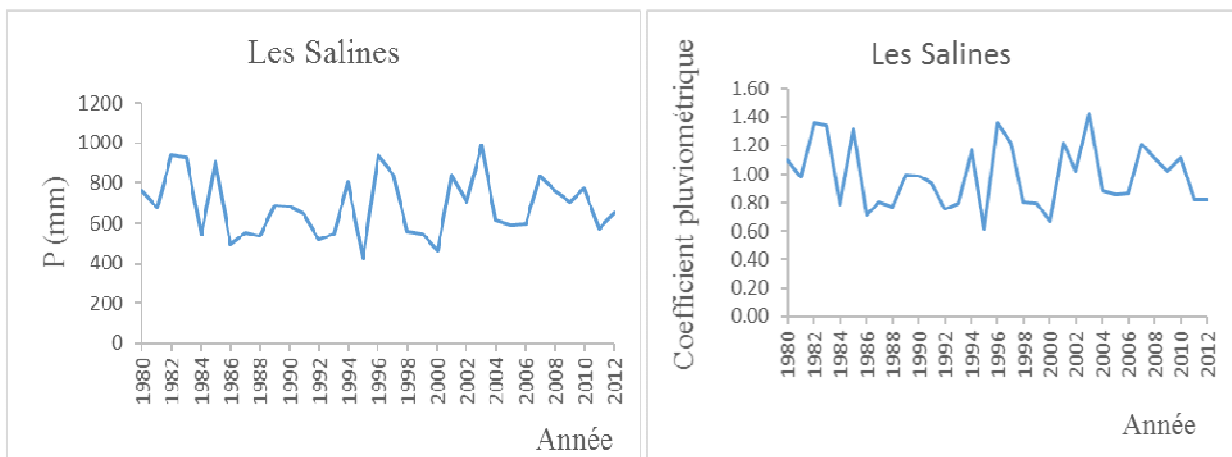


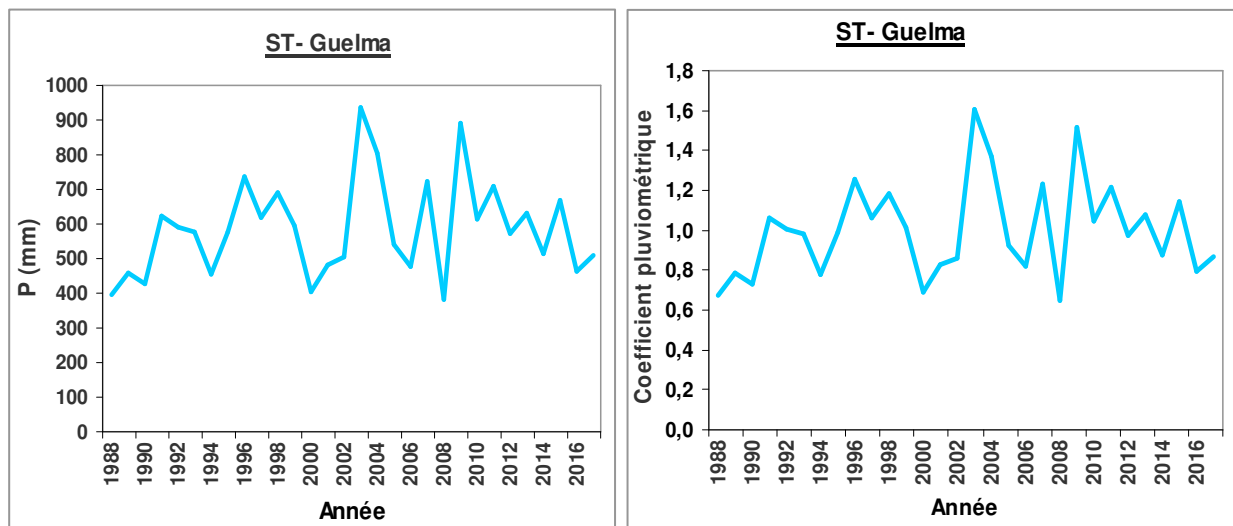
Figure 13 : Les précipitations annuelles et le coefficient pluviométrique - Station de Kef Mourad



**Figure 14** : Les précipitations annuelles et le coefficient pluviométrique - Station Pont Bouchet.

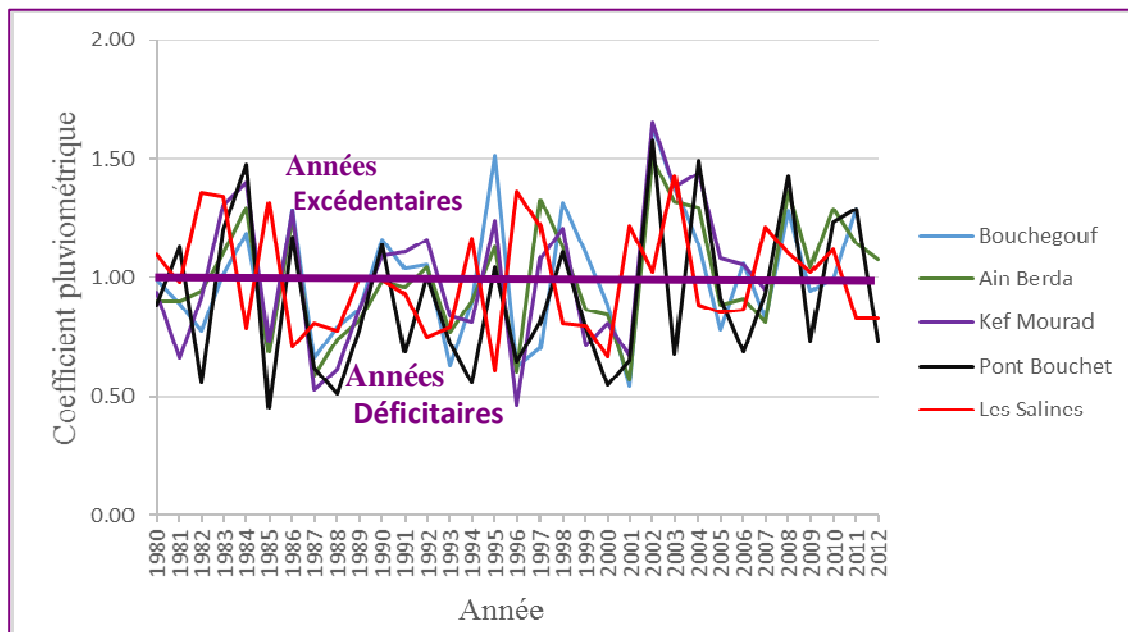


**Figure 15** : Les précipitations annuelles et le coefficient pluviométrique - Station Les Salines.



**Figure 16** : Les précipitations annuelles et le coefficient pluviométrique - Station de Guelma.

Une présentation graphique de la variation du coefficient pluviométrique aux différentes stations, permet de visualiser la station dont la zone est la plus déficitaire ou la plus humide (figure 17).



**Figure 17 : Les variations du coefficient pluviométrique (H) aux stations**  
(Bouchegouf, Ain Berda, Kef Mourad, Pont Bouchet et Les Salines)

L'étude de l'évolution interannuelle des précipitations des cinq stations pour la période indiquée, a mis en évidence 16 années déficitaires à la station des salines, 18 années à Pont Bouchet et 17 années à Ain Berda, ainsi que 13, 16 années respectivement à Kef Mourad et Bouchegouf.

### 2.2.2 La Température :

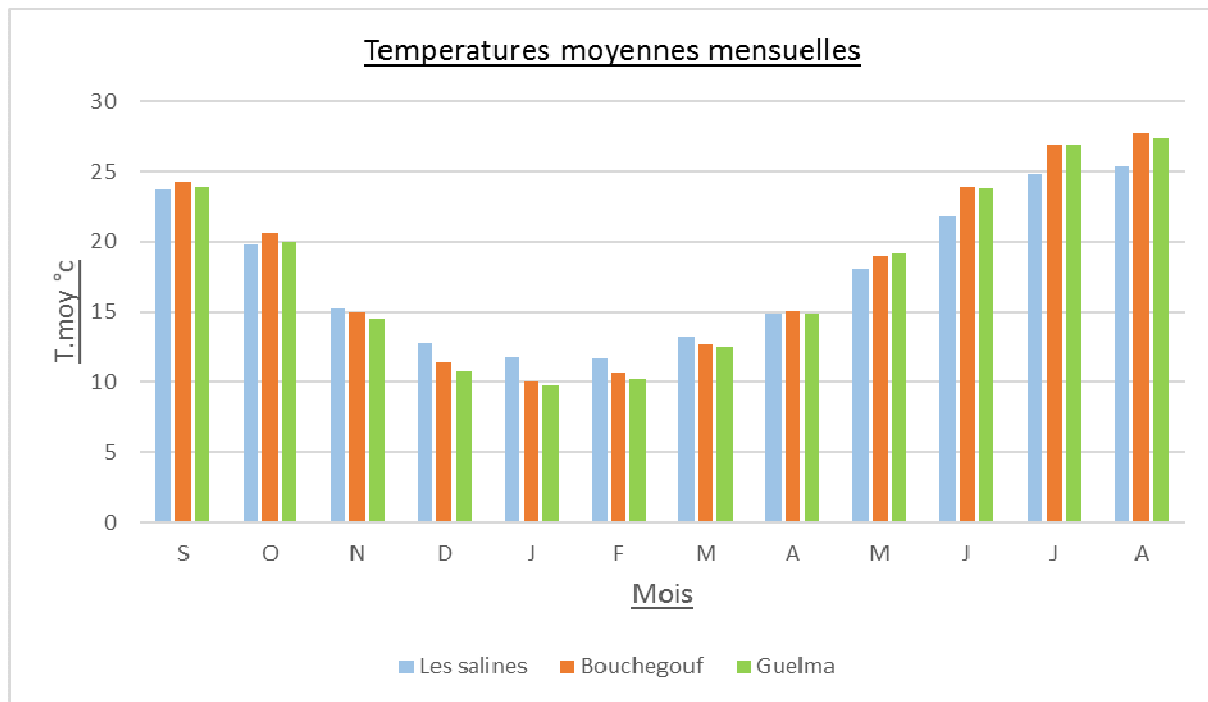
Les températures constituent l'autre élément majeur conditionnant le climat d'une région.

Elles permettent d'étudier l'évapotranspiration et le déficit d'écoulement et interviennent dans le développement du rythme biologique des végétaux et facilitent l'établissement du bilan hydrique. Elle constitue un facteur essentiel et déterminant dans l'étude de l'évaporation et l'évapotranspiration. Les observations des températures extrêmes dont on dispose, sont prises au niveau de la station des Salines et Bouchegouf et Guelma (Tableau n°4).

**Tableau 4 :** Température moyenne mensuelle (°C) à la station des salines , station de Bouchegouf et celle de Guelma.

Station/Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moy/an
<b>Les salines (1980-2012)</b>	23.7	19.8	15.2	12.8	11.8	11.7	13.2	14.9	18.1	21.8	24.8	25.4	<b>17.76</b>
<b>Bouchegouf (1980-2011)</b>	24.3	20.6	15.0	11.4	10.0	10.7	12.7	15.1	19.0	23.9	26.9	27.7	<b>18.13</b>
<b>Guelma 2088-2017</b>	23,9	20,0	14,5	10,8	9,81	10,2	12,5	14,9	19,2	23,8	26,9	27,4	<b>17,83</b>

Les données récoltées aux trois stations de mesures, nous donnent un schéma opposé à celui des précipitations. La variation de l'allure de l'histogramme prend cependant la forme d'un (U) ou les minimums sont enregistrés pendant le mois de Février pour les salines 11,68°C, le mois de Janvier pour Bouchegouf 10,04°C et les maximums sont alors notés pendant les mois d'Août avec un pique à station de Bouchegouf à 27,76 °c.



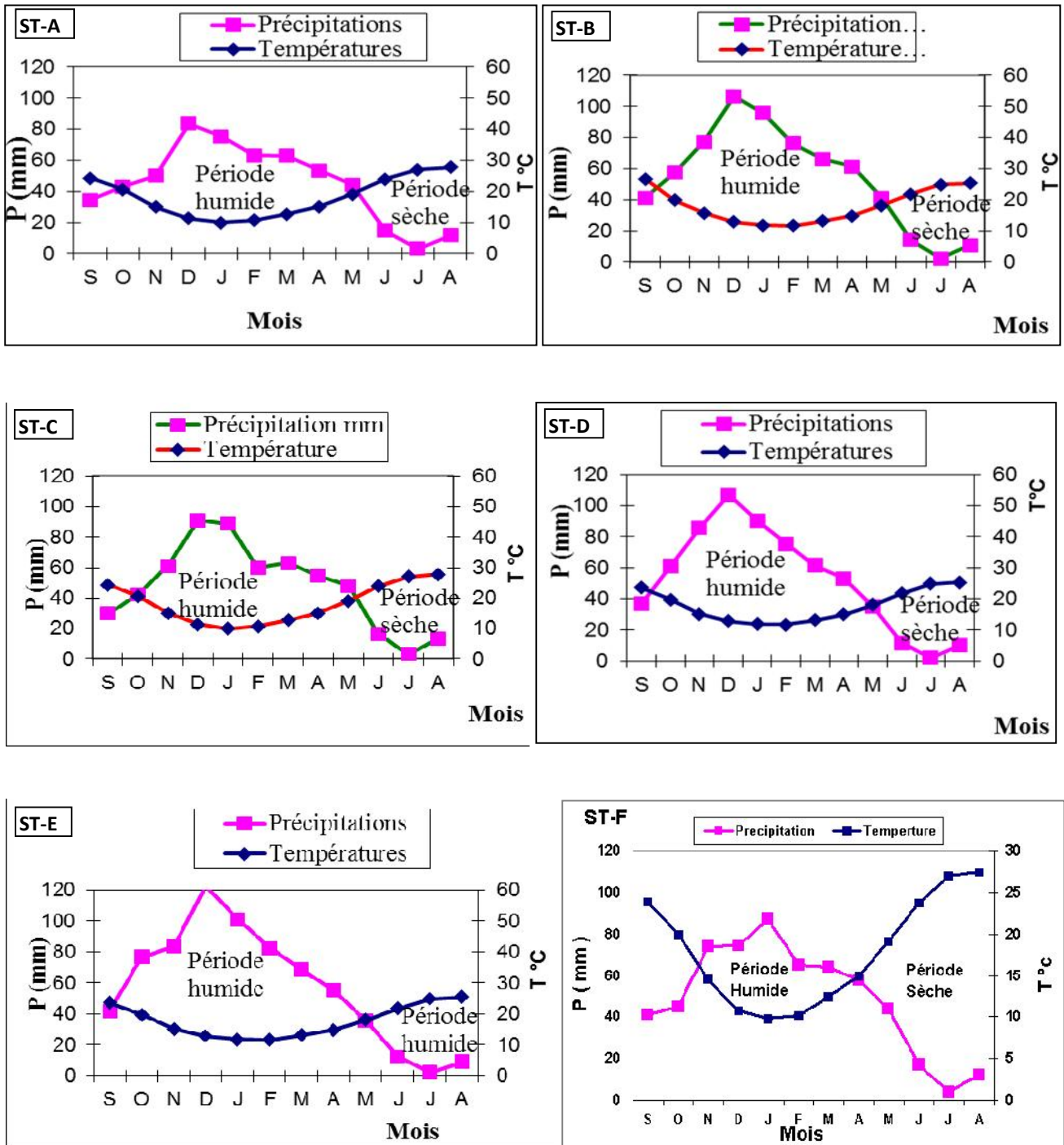
**Figure 18** : Histogramme des températures moyennes mensuelles aux stations : Les Salines, Bouchegouf et Guelma

### 2.2.3 Diagramme Pluviothermique :

Selon **Bagnouls et Gaussen, (1953, 1957)** un mois est dit sec si, "Le total mensuel des précipitations exprimées en millimètres est égal ou inférieur au double de la température moyenne exprimée en degrés centigrades" ; cette formule ( $P \leq 2T$ ) permet de construire des diagrammes Pluviothermiques traduisant la durée de la saison sèche d'après les intersections des deux courbes.

D'après les diagrammes ci- après on peut déduire deux saisons bien distinctes :

- Une saison humide, caractérisée par des précipitations relativement élevées 122.63, 107.14, 106.29, 90.86 et 83,46 mm et qui s'étale du début de mois d'Octobre jusqu'au mois d'Avril pour les stations respectivement les salines, Pont Bouchet, Ain Berda, Kef Mourad et Bouchegouf.
- Une saison sèche et chaude qui s'étend fin Avril jusqu'au mois d'Octobre pour les Salines avec une température maximale de 25.4°C, pour la station de Bouchegouf la saison sèche s'étale du début du mois de Mai jusqu'au début du mois d'Octobre avec une température maximale de l'ordre 27.73 au mois d'Aout .



**Figure 19** : Diagrammes Pluviothermiques aux différentes stations de mesure :

(ST-A) Boucheouf (1980-2012), (ST-B) Ain Berda (1980-2012), (ST-C) Kef Mourad (1980-2007), (ST-D) Pont Bouchet (1980-2012), (ST-E) Les salines (1980-2011) et (ST-F) Station de Guelma (1988-2017).

En résumé, les diagrammes ci-dessus, montre que la saison humide s'étend du début du mois de d'octobre jusqu'au début du mois mai et l'inverse pour la saison sèche, à l'exception de la station de Guelma, dont la saison humide s'etend du mi d'octobre jusqu'au le mi du mois de Mai, avec une température maximale de l'ordre 27.73 au mois d'Aout enregistrée à Boucheouf et une précipitation maximale de l'ordre de 122,6 dans le mois de décembre enregistrée à les salines.

### 2.2.4 Indice d'aridité de De Martonne 1926 :

En 1926, Emmanuel De Martonne élabore un système de classification des climats en utilisant une méthode statistique. Il utilise un indice regroupant des données hydrométriques et thermiques (De Martonne, 1926). Cette méthode statistique est caractérisée par la formule suivante :

$$I_A = P / (T + 10)$$

**Avec :**

$I_A$  : indice d'aridité annuelle.

P : Précipitations moyennes annuelles (mm),

T : Températures moyennes annuelles (°C).

Pour :  $20 < I_A < 30$  : climat tempéré.

$10 < I_A < 20$  : climat semi-aride.

$7.5 < I_A < 10$  : climat steppique.

$05 < I_A < 7.5$  : climat désertique.

$I_A < 5$  : climat hyperaride.

L'application de cette formule aux niveaux de cinq stations donne les résultats récapitulés dans le tableau suivant

**Tableau 5** : Valeurs de l'indice d'aridité annuel, stations les salines, P. Bouchet, Ain El Berda, Kef .M et Guelma.

Station	P (mm)	T (°C)	$I_M$
Les Salines	691.21	17.76	24.90
Pont Bouchet	630.02	17.76	22.70
Ain El Berda	649.96	17,76	23.41
Kef Mourad	598.86	18.13	21.29
Guelma	592.96	17,79	21,33

Selon les valeurs obtenues, nous pouvons affirmer que le climat de la région d'étude est de type tempéré Pour mieux préciser l'indice d'aridité avec la répartition saisonnière, De Martonne a également défini un indice utilisable à l'échelle mensuelle. Pour un mois donné caractérisé par une précipitation et une température moyennes p (en mm) et t (en °C), l'indice d'aridité mensuel est :

$$I = \frac{12.P}{T^\circ + 10}$$

Pluviométrie est multipliée par 12 de façon à obtenir une valeur de l'indice comparable à celle de l'indice annuel. Ces indices expriment la sécheresse mais ne permettent pas de savoir à partir de

quel moment un mois est vraiment "sec". Dans l'impossibilité de résoudre ce problème, différents seuils plus ou moins arbitraires ont été proposés. La valeur la plus couramment utilisée pour un mois sec est  $I \leq 20$  (LEBOURGEOIS F – PIEDALLU C, 2005).

Avec : **P** : Précipitations moyennes mensuelles en mm.

**T<sup>o</sup>** : Températures moyennes mensuelles en °C.

**I<sub>M</sub>** : Indice d'aridité mensuelle.

**Tableau 6** : Indice d'aridité mensuel (IM) pour les stations des Salines, Bouchegouf et Guelma.

Station\ Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Les Salines	14,90	30,91	39,72	64,60	55,59	45,70	35,60	26,58	15,13	4,67	0,82	3,04
Bouchegouf	12,07	16,81	23,93	46,89	45,20	36,60	33,27	25,57	18,29	5,23	1,02	3,73
Guelma	14,66	18,07	36,98	42,81	53,34	38,83	34,42	28,04	18,18	6,11	1,27	3,95

## 2.3 Bilan d'eau :

L'établissement du bilan hydrique d'un écosystème lacustre nécessite l'évaluation de trois composantes : les évapotranspirations, les ruissellements et les infiltrations.

### 2.3.1 L'évapotranspiration :

Le terme évapotranspiration désigne la quantité d'eau rejetée dans l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau par évaporation directe à partir du sol et par transpiration des organes aériens des plantes (Baudry et Jouin, 2003).

L'évapotranspiration peut être réelle (ETR) (Hallaire, 1959, Scheoller, 1962) dite aussi "évapotranspiration réduite" ou effective (Lambert, 1996) ou potentielle (ETP) en fonction du pouvoir évaporateur de l'atmosphère (Coutagne, 1935 ; Serra, 1954, Scheoller, 1962) ; définit la quantité d'eau réellement évaporée et transpirée (Bouchet, 1963 ; Eric, 2004) et l'évapotranspiration potentielle (ETP) (Coutagne, 1935 ; Serra, 1954, Scheoller, 1962) qui est la quantité d'eau théoriquement évaporable par une surface d'eau libre.

#### 2.3.1.1 Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR) :

##### *Formule de L. Turc 1954 :*

La formule de Turc consiste à évaluer directement l'évapotranspiration réelle à partir de la hauteur moyenne de la pluie et de la température moyenne annuelle et qui s'écrit de la manière suivante :

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

ETR : Evapotranspiration réelle      annuelle en mm

P : précipitation moyenne annuelle en mm

L : Pouvoir évaporant de l'atmosphère :  $L = 300 + 25t + 0.05t^3$

T : température moyenne annuelle en °C

**Tableau 7** : Valeurs de l'ETR par la formule de Turc

Station	P (mm)	T (°C)	L	ETR (mm)
Les salines	691.21	17.8	1026.99	543.78
Pont Bouchet	630.02	17.8	1026.99	515.33
Ain Berda	649.96	17.8	1026.99	524.97
Kef mourad	598.86	18.13	1051.21	541.20
Bouchegouf	539.91	18.13	1051.34	500.49
Guelma	655.2	17.82	1028.75	555.4

### 2.3.1.2 La formule de Thornthwaite (Bilan d'eau) :

Cette méthode est utilisée pour les climats subhumides et semi-arides. Vu les Caractéristiques intermédiaires du climat méditerranéen, Cette méthode est basée sur la notion de **RFU** (réserve en eau dans le sol facilement utilisable par les plantes). Nous avons choisi le type de réserve facilement utilisable (RFU =100mm comme valeur maximale), la plus généralisée en Algérie (Halimi, 1980).

Outre que les données pluviométriques et la température, cette méthode introduit le coefficient thermique **K** et l'indice de température mensuel **i** pour l'estimation de l'ETP selon La relation suivante :

$$ETP (mm) = 16 \left( \frac{10T}{I} \right)^a * K$$

$$I = \sum i$$

$$i = \left( \frac{t}{5} \right)^{1.5}$$

$$a = \left( \frac{1.6}{100} \right) * I + 0.5$$

Avec :

**ETP** : Evapotranspiration Potentielle mensuelle en (mm)

**t** : Température moyenne annuelle °C

**i** : Indice thermique mensuel

**I** : Somme des indices mensuels

**K** : coefficient d'ajustement, représentant la durée moyenne possible d'insolation exprimée en unités correspondant à un mois de 30 jours de 12heures chacun

**a** : Coefficient (D'après Sera. L 1954)

Le principe de calcul du bilan hydrologique de Thornthwaite est le suivant :

- Si pour un mois  $P \geq ETP$  on pose que l' $ETP = ETR$ , la quantité d'eau qui reste ( $P-ETR$ ) va alimenter la RFU jusqu'à son maximum (100 m) et si elle dépasse cette valeur il y aura un excès (EXC) qui va partir soit sous forme d'infiltration efficace vers la nappe, soit sous la forme de ruissellement ;

- Si  $P < ETP$ , la valeur de  $ETR = P + RFU$ , jusqu'à égalisation avec ETP. Si la RFU est nulle, il va se produire un déficit agricole  $DA = ETP - ETR$ , ce dernier paramètre représente alors le besoin des cultures à l'irrigation (In LABAR.S, 2009).

Les résultats du bilan hydrique calculé par la méthode de Thornthwaite pour les cinq stations sont illustrés dans les tableaux ci après

**Tableau 8 : Bilan de l'eau selon C.W Thornthwaite - Station de Bouchegouf (1980-2011)**

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Annuel
<b>T</b>	24.31	20.63	15.04	11.36	10.04	10.71	12.71	15.13	19.04	23.94	26.95	27.73	18.13
<b>I<sub>r</sub></b>	10.96	8.55	5.30	3.46	2.87	3.17	4.11	5.35	7.57	10.71	12.81	13.38	88.24
<b>K</b>	1.03	0.97	0.86	0.81	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	
<b>ETP</b>	114.39	78.71	38.14	21.01	17.82	19.70	33.11	49.34	84.23	131.58	167.72	165.70	921.46
<b>P</b>	34.51	42.92	49.93	83.46	75.49	63.17	62.96	53.55	44.25	14.79	3.13	11.74	539.91
<b>BH</b>	-79.88	-35.79	11.79	62.45	57.68	43.47	29.85	4.21	-39.98	-116.79	-164.59	-153.95	-381.54
<b>CH</b>	-0.70	-0.45	0.31	2.97	3.24	2.21	0.90	0.09	-0.47	-0.89	-0.98	-0.93	
<b>VR</b>	0.00	0.00	11.79	62.45	25.76	0.00	0.00	0.00	-39.98	-60.02	0.00	0.00	
<b>RFU</b>	0.00	0.00	11.79	74.24	100.00	100.00	100.00	100.00	60.02	0.00	0.00	0.00	
<b>ETR</b>	34.51	42.92	38.14	21.01	17.82	19.70	33.11	49.34	84.23	74.81	3.13	11.74	430.46
<b>DA</b>	79.88	35.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	56.77	164.59	153.95	<b>490.99</b>
<b>EXC</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	31.91	43.47	29.85	4.21	0.00	0.00	0.00	0.00	109.45

**Tableau 9 : Bilan de l'eau selon C.W Thornthwaite - Station d'Ain Berda (1980 -2013)**

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Annuel
<b>T</b>	23.67	19.78	15.17	12.78	11.82	11.68	13.17	14.89	18.13	21.83	24.85	25.40	17.76
<b>I<sub>r</sub></b>	10.53	8.02	5.37	4.14	3.68	3.61	4.33	5.22	7.03	9.31	11.33	11.71	84.29
<b>K</b>	1.03	0.97	0.86	0.81	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	
<b>ETP</b>	111.16	75.12	40.78	27.98	26.01	24.86	37.61	50.39	79.77	113.37	146.41	142.62	876.06
<b>P</b>	41.20	57.31	77.13	106.29	95.78	76.35	66.06	61.25	41.29	14.25	2.16	10.89	649.96
<b>BH</b>	-69.96	-17.81	36.36	78.31	69.77	51.50	28.46	10.86	-38.48	-99.12	-144.25	-131.73	-226.10
<b>CH</b>	-0.63	-0.24	0.89	2.80	2.68	2.07	0.76	0.22	-0.48	-0.87	-0.99	-0.92	
<b>VR</b>	0.00	0.00	36.36	63.64	0.00	0.00	0.00	0.00	-38.48	-61.52	0.00	0.00	
<b>RFU</b>	0.00	0.00	36.36	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	61.52	0.00	0.00	0.00	
<b>ETR</b>	41.20	57.31	40.78	27.98	26.01	24.86	37.61	50.39	79.77	75.77	2.16	10.89	474.71
<b>DA</b>	69.96	17.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	37.59	144.25	131.73	<b>401.35</b>
<b>EXC</b>	0.00	0.00	0.00	14.67	69.77	51.50	28.46	10.86	0.00	0.00	0.00	0.00	175.25

**Tableau 10 : Bilan de l'eau selon C.W Thornthwaite - Station de Kef Mourad (1980-2007)**

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Annuel
<b>T</b>	23.67	19.78	15.17	12.78	11.82	11.68	13.17	14.89	18.13	21.83	24.85	25.40	17.76
<b>I<sub>T</sub></b>	10.96	8.55	5.30	3.46	2.87	3.17	4.11	5.35	7.57	10.71	12.81	13.38	88.24
<b>K</b>	1.03	0.97	0.86	0.81	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	
<b>ETP</b>	114.39	78.71	38.14	21.01	17.82	19.70	33.11	49.34	84.23	131.58	167.72	165.70	921.46
<b>P</b>	30.43	53.87	75.70	105.80	87.86	70.32	58.79	57.40	38.12	12.96	1.07	6.54	598.86
<b>BH</b>	-83.97	-24.84	37.56	84.79	70.04	50.62	25.68	8.06	-46.11	-118.62	-166.65	-159.15	-322.59
<b>CH</b>	-0.73	-0.32	0.98	4.04	3.93	2.57	0.78	0.16	-0.55	-0.90	-0.99	-0.96	
<b>VR</b>	0.00	0.00	37.56	62.44	0.00	0.00	0.00	0.00	-46.11	-53.89	0.00	0.00	
<b>RFU</b>	0.00	0.00	37.56	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	53.89	0.00	0.00	0.00	
<b>ETR</b>	30.43	53.87	38.14	21.01	17.82	19.70	33.11	49.34	84.23	66.84	1.07	6.54	422.11
<b>DA</b>	83.97	24.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	64.74	166.65	159.15	<b>499.34</b>
<b>EXC</b>	0.00	0.00	0.00	22.36	70.04	50.62	25.68	8.06	0.00	0.00	0.00	0.00	176.75

**Tableau 11 : Bilan de l'eau selon C.W Thornthwaite - Station de Pont Bouchet (1980 /2013)**

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Annuel
<b>T</b>	23.67	19.78	15.17	12.78	11.82	11.68	13.17	14.89	18.13	21.83	24.85	25.40	17.76
<b>I<sub>T</sub></b>	10.53	8.02	5.37	4.14	3.68	3.61	4.33	5.22	7.03	9.31	11.33	11.71	84.29
<b>K</b>	1.03	0.97	0.86	0.81	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	
<b>ETP</b>	111.16	75.12	40.78	27.98	26.01	24.86	37.61	50.39	79.77	113.37	146.41	142.62	876.06
<b>P</b>	36.93	60.86	85.76	107.14	90.41	75.43	61.57	53.21	34.79	11.52	2.17	10.22	630.02
<b>BH</b>	-74.23	-14.26	44.98	79.16	64.40	50.57	23.96	2.81	-44.98	-101.84	-144.24	-132.40	-246.04
<b>CH</b>	-0.67	-0.19	1.10	2.83	2.48	2.03	0.64	0.06	-0.56	-0.90	-0.99	-0.93	
<b>VR</b>	0.00	0.00	44.98	55.02	0.00	0.00	0.00	0.00	-44.98	-55.02	0.00	0.00	
<b>RFU</b>	0.00	0.00	44.98	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	55.02	0.00	0.00	0.00	
<b>ETR</b>	36.93	60.86	40.78	27.98	26.01	24.86	37.61	50.39	79.77	66.55	2.17	10.22	464.12
<b>DA</b>	74.23	14.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	46.82	144.24	132.40	<b>411.94</b>
<b>EXC</b>	0.00	0.00	0.00	24.15	64.40	50.57	23.96	2.81	0.00	0.00	0.00	0.00	165.90

**Tableau 12 : Bilan de l'eau selon C.W Thornthwaite- Station des Salines (1981-2013)**

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Annuel
<b>T</b>	23.67	19.78	15.17	12.78	11.82	11.68	13.17	14.89	18.13	21.83	24.85	25.40	17.76
<b>I<sub>T</sub></b>	10.53	8.02	5.37	4.14	3.68	3.61	4.33	5.22	7.03	9.31	11.33	11.71	84.29
<b>K</b>	1.03	0.97	0.86	0.81	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	
<b>ETP</b>	111.16	75.12	40.78	27.98	26.01	24.86	37.61	50.39	79.77	113.37	146.41	142.62	876.06
<b>P</b>	41.82	76.72	83.31	122.63	101.09	82.57	68.73	55.13	35.46	12.38	2.39	8.97	691.21
<b>BH</b>	-69.33	1.60	42.53	94.66	75.08	57.71	31.12	4.74	-44.31	-100.98	-144.02	-133.65	-184.85
<b>CH</b>	-0.62	0.02	1.04	3.38	2.89	2.32	0.83	0.09	-0.56	-0.89	-0.98	-0.94	
<b>VR</b>	0.00	1.60	42.53	55.86	0.00	0.00	0.00	0.00	-44.31	-55.69	0.00	0.00	
<b>RFU</b>	0.00	1.60	44.14	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	55.69	0.00	0.00	0.00	
<b>ETR</b>	41.82	75.12	40.78	27.98	26.01	24.86	37.61	50.39	79.77	68.08	2.39	8.97	483.76
<b>DA</b>	69.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.29	144.02	133.65	<b>392.30</b>
<b>EXC</b>	0.00	0.00	0.00	38.79	75.08	57.71	31.12	4.74	0.00	0.00	0.00	0.00	207.44

**Tableau 13** : Bilan de l'eau selon C.W Thornthwaite- Station de Guelma (1988-2017)

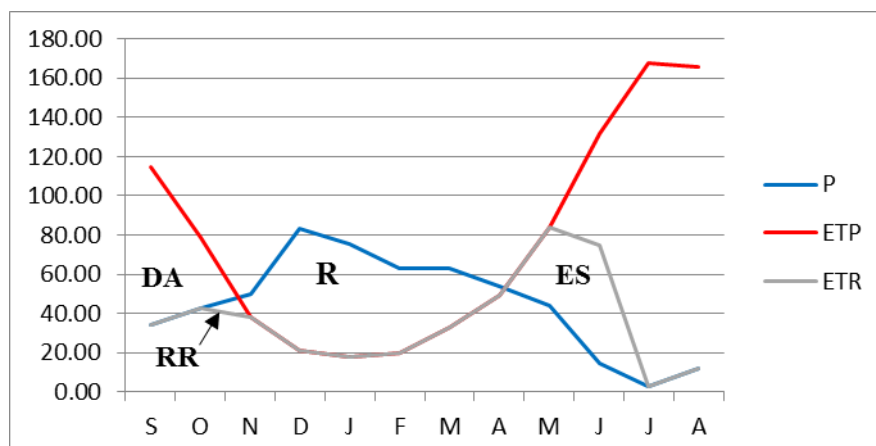
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Annuel
<b>T</b>	23.86	20.02	14.54	10.82	9.81	10.16	12.52	14.91	19.16	23.78	26.89	27.42	17.82
<b>I<sub>T</sub></b>	10.70	8.20	5.00	3.20	2.80	2.90	4.00	5.20	7.60	10.6	12.8	13.2	86.20
<b>K</b>	1.03	0.97	0.86	0.81	0.87	0.85	1.03	1.1	1.21	1.22	1.24	1.16	-
<b>ETP</b>	111.6	75.6	36.8	19.9	17.8	18.5	33.3	49.3	86.8	131.5	168.3	163.3	912.70
<b>P</b>	41.17	44.86	73.96	74.55	87.12	65.04	63.96	57.72	44.08	17.11	3.90	12.40	585.87
<b>BH</b>	-70.5	-30.8	37.2	54.7	69.4	46.5	30.7	8.4	-42.8	-114.4	-164.4	-150.9	-326.90
<b>CH</b>	-0.6	-0.4	1	2.8	3.9	2.5	0.9	0.2	-0.5	-0.9	-1	-0.9	-
<b>VR</b>	0	0	37.2	54.7	8.1	0	0	0	-42.8	-57.2	0	0	-
<b>RFU</b>	0	0	37.2	91.9	100	100	100	100	57.2	0	0	0	-
<b>ETR</b>	41.2	44.9	36.8	19.9	17.8	18.5	33.3	49.3	86.8	74.4	3.9	12.4	439.20
<b>DA</b>	70.5	30.8	0	0	0	0	0	0	0	57.1	164.4	150.9	473.70
<b>EXC</b>	0	0	0	0	61.2	46.5	30.7	8.4	0	0	0	0	146.80

Les différents paramètres utilisés dans les calculs des bilans hydriques sont les suivants :

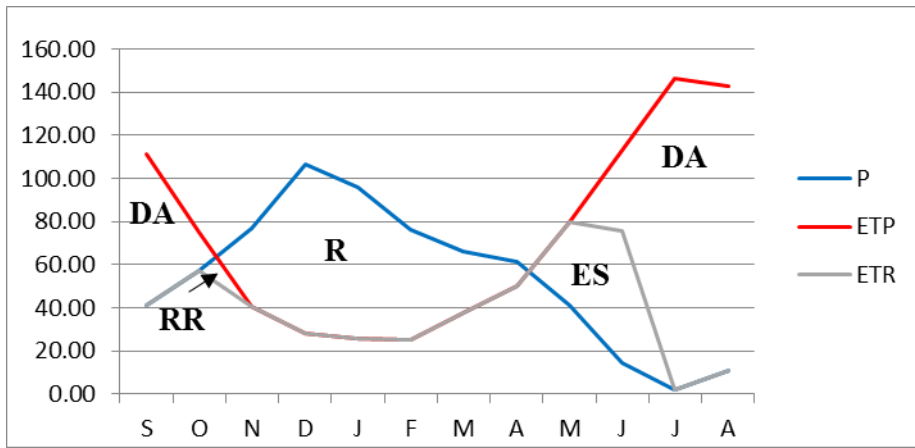
- **T** : Température mensuelle en °C
- **I<sub>T</sub>** : Indice thermique
- **K** : Coefficient de latitude
- **ETP** : Evapotranspiration potentielle en (mm)
- **BH** : Bilan Hydrique
- **P** : Précipitation mensuelle en (mm)
- **RFU** : Réserve facilement utilisable en (mm)
- **ETR** : Evapotranspiration réelle en (mm)
- **DA** : Déficit agricole en (mm)
- **EXC** : Excédent en (mm).

Pour la bonne exploitation des bilans Hydriques, une représentation graphique par bilan (chaque station de mesures) est présentée ci-dessous

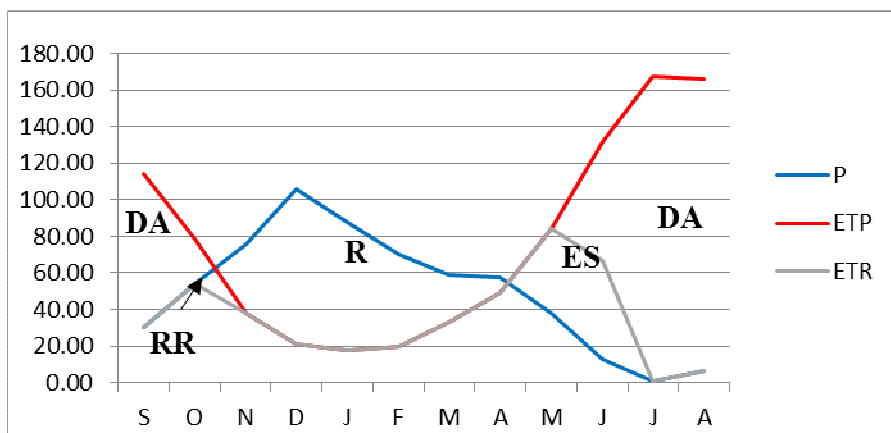
### 2.3.1.3 Représentation graphique du bilan hydrique :



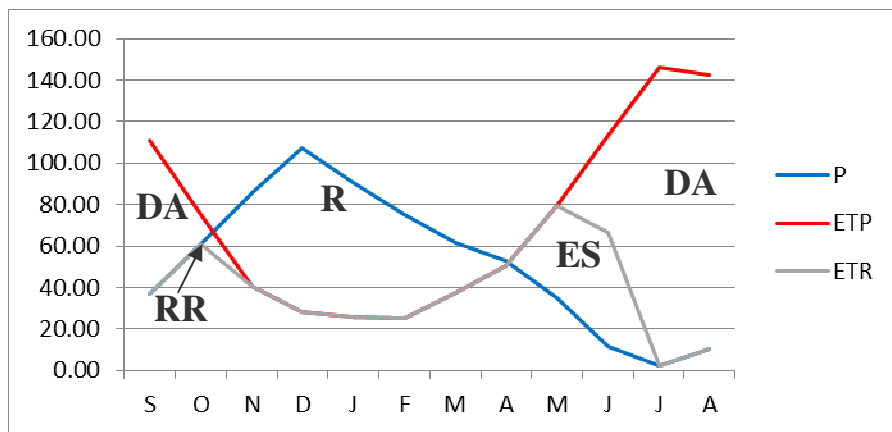
**Figure 20** : Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite - station de Bouchegouf (1980-2011)



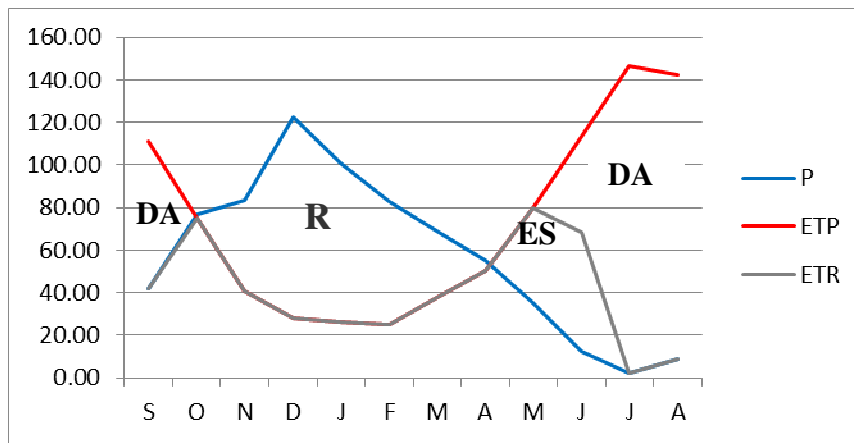
**Figure 21 :** Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite - station d'Ain Berda (1980 -2013)



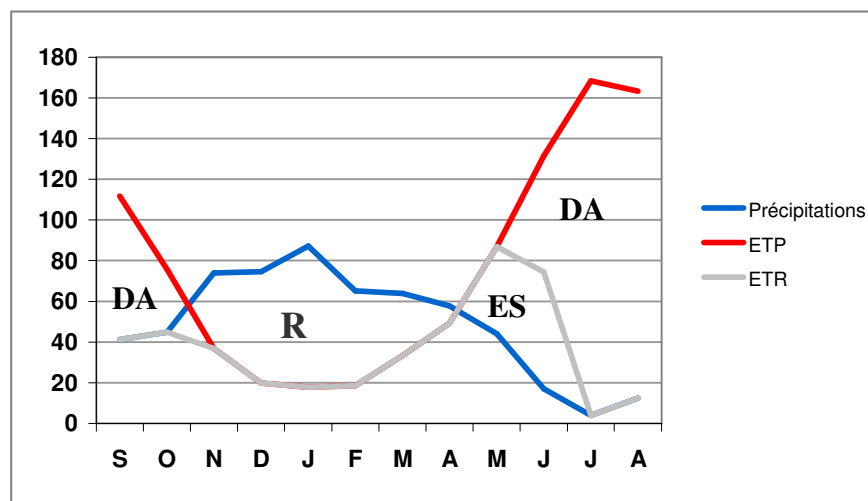
**Figure 22 :** Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite - station de Kef Mourad (1980-2007).



**Figure 23 :** Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite - station de Pont Bouchet (1980 -2013).



**Figure 24 :** Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite - Station des Salines (1980-2013)



**Figure 25 :** Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite - Station de Guelma (1988-2017)

**DA :** Déficit agricole

**RR :** Reconstitution de la recharge

**R :** Recharge

**ES :** Epuisement du stock

#### 2.3.1.4 Interprétation du bilan hydrique :

Le bilan hydrique de la zone d'étude établi par la méthode de (Thornthwaite, 1948) permet de ressortir les traits suivants :

- L'ETP mensuelle atteint son maximum au mois de Juillet à la station des Salines, Pont Bouchet et Ain Berda (146.41 mm), à Kef Mourad, Bouchegouf et Guelma est d'ordre 167.72 mm. Elle se minimise au mois de février à la station des Ain Berda, Les Salines et Pont Bouchet (24.86 mm) et pour la station de Kef Mourad, Bouchegouf et Guelma dans le mois janvier (17.82 mm).
- L'évapotranspiration réelle (ETR) mensuelle : sa valeur estimée par Thornthwaite est inférieure par celle calculée par Turc. Elle atteint son maximum au mois de Mai avec 79.77

mm pour les Salines, Pont Bouchet et Ain Berda, et 84.23 mm à Kef Mourad et Bouchegouf, les valeurs minimales se minimisent au mois de Juillet avec (2.39 mm) pour Salines, Pont Bouchet (2.17mm), Ain Berda (2.16mm), Kef Mourad (1.07 mm), Bouchegouf (3.13mm) et 309 à Guelma.

- La réserve facilement utilisable (RFU) commence à se reconstituer à partir du mois de d'octobre pour les salines et mois de Novembre pour les autres stations, atteint son maximum (100 mm) au mois de Décembre jusqu'au mois d'Avril. La RFU décroît à partir du mois de Mai jusqu'à l'épuisement totale du stock au mois de Juin d'où l'apparition du déficit agricole (DA) qui s'étale jusqu'à la fin du mois d'Octobre au niveau de toutes les stations.

Par contre, l'apparition du l'excédent (ECX) max à partir du mois de Décembre jusqu'à Avril de l'ordre de 75.08, 64.40, 69.77, 70.04, et 43.47 mm respectivement pour la station des Salines, Pont Bouchet, Ain Berda, Kef Mourad et Bouchegouf. Et à partir du mois de Mai, la RFU s'épuiser et devient nulle jusqu'au mois de Novembre, une période qui traduit un déficit agricole ce qui nécessite une irrigation par drainage (Guessan Kouamé et al ,2014).

### 2.3.2 Le Ruissellement (R) :

La quantité des précipitations qui va ruisseler dépend de l'intensité de la pluie, de la pente du terrain et de l'humidité initiale du sol ainsi que de la couverture végétale. Le ruissellement peut être déterminé avec précision à partir de la formule de Tixeront -Bercallof :

$$\text{Si : } P < 600 \text{ mm : } \mathbf{R = P^3 / 3 (ETP)^2 ;}$$

$$P > 600 \text{ mm : } \mathbf{R = P^3 / 3}$$

Avec : R : ruissellement en mètre.

P : précipitation moyenne mensuelle en mètre.

ETP : évapotranspiration potentielle.

Les résultats de ruissellement calculés à partir de cette formule sont représentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 14** : Le Ruissellement selon la formule Tixeront-Bercallof

Paramètre Station	P (mm/an)	ETP (mm/an)	R (mm/an)	R (%)
Les Salines	691.21	876.1	110.07	15.92
Pont Bouchet	630.02	876.1	83.35	13.23
Ain Berda	649.96	876.1	91.52	14.08
Kef Mourad	598.86	921.5	84.31	14.08
Bouchegouf	539.91	921.5	61.78	11.44
Guelma	585.9	912.7	80.47	13.7

### 2.3.3 L'Infiltration :

C'est la quantité d'eau qui parvient à la nappe. En effet au cours de son trajet, entre la surface du sol et la surface de la nappe. L'eau d'infiltration subit des pertes par l'évapotranspiration. Elle dépend de plusieurs facteurs, les plus importants sont :

- La nature du sol.
- La perméabilité et la porosité du terrain
- La couverture végétale.
- L'intensité de la pluie
- Topographie du terrain

Elle est calculée par la formule du bilan globale :

$$P = ETR + R + I + \Delta S$$

$$I = P - ETR - R$$

Avec

$\Delta S$  : Rétention potentielle ou perte par interception (Variation de stock)

R : ruissellement en mm.

P : Précipitations moyennes annuelles en mm.

I : Infiltration en mm.

Si  $I > 0$  : Les entrées sont supérieures aux sorties.

Si  $I < 0$  : Les entrées sont inférieures aux sorties.

Les résultats de l'infiltration sont notés dans le tableau suivant :

**Tableau 15** : Valeurs de l'infiltration en mm pour les six stations.

Paramètre Station	P (mm/an)	ETR (mm/an)	R (mm/an)	Infiltration (I)	
				I (mm/an)	I (%)
Les Salines	691.21	483.76	110.07	97.38	14.09
Pont Bouchet	630.02	464.12	83.35	82.55	13.10
Ain Berda	649.96	474.71	91.52	83.73	12.88
Kef Mourad	598.86	422.11	84.31	92.44	15.43
Bouhegouf	539.91	430.46	61.78	47.67	8.83
Guelma	585.9	439.2	80.47	66.45	11.34

## 2.4 Conclusion :

La région d'étude considère parmi les régions les plus arrosées en Algérie. Elle est soumise à un climat méditerranéen, doux et humide en hiver et chaud en été. La répartition spatiale des précipitations est irrégulière et montre un accroissement de la lame d'eau précipitée de l'amont à l'aval du bassin versant. Elle est liée aux conditions physico-géographiques.

La taille de la surface réceptrice du bassin versant semble jouer un rôle non négligeable dans cette irrégularité.

Le bilan hydrologique montre que la zone de la Seybouse reçoit en moyenne 580 mm de pluie chaque année et l'évapotranspiration potentielle (ETP) interannuelle est de 900 mm. La valeur de l'évapotranspiration réelle (ETR) qui constitue la frange d'eau qui retourne dans l'atmosphère sous forme de vapeur est de 420 à 450 mm, soit près de 72,0 % de la lame d'eau précipitée.

Par ailleurs, la lame d'eau infiltrée est dans l'ordre de 75 mm, soit 13,0 % à 15% de la lame d'eau précipitée dont la valeur maximale enregistrée de l'infiltration est celle de la station de Kef Mourad avec 15,43 %. La quantité d'eau ruisselée est dans l'ordre de 85 mm, soit 14 % de la lame d'eau précipitée.

La représentation graphique du bilan hydrique, fait ressortir que la recharge des nappes débute du mois de Novembre jusqu'à la fin du mois d'Avril, la réserve commence à s'épuiser à partir du mois de Mai au Nord et Avril au Sud pour se vider complètement en Mai et Juin (réserve à sec). Le nombre de mois déficitaires est plus élevé au Sud du bassin qu'au Nord., une période qui traduit un déficit agricole ce qui nécessite une irrigation par drainage.

Les plus importants déficits agricoles est enregistré dans les stations de Bouchegouf et Kef Mourad, dont 05 mois déficitaires dans l'année à partir du juin jusqu'à Octobre avec un déficit agricole annuel atteint une valeur de 490 mm/an, à cet effet, une recharge des nappes dans cette zone est nécessaire.

# **CHAPITRE 3 : APERCU HYDROLOGIQUE**

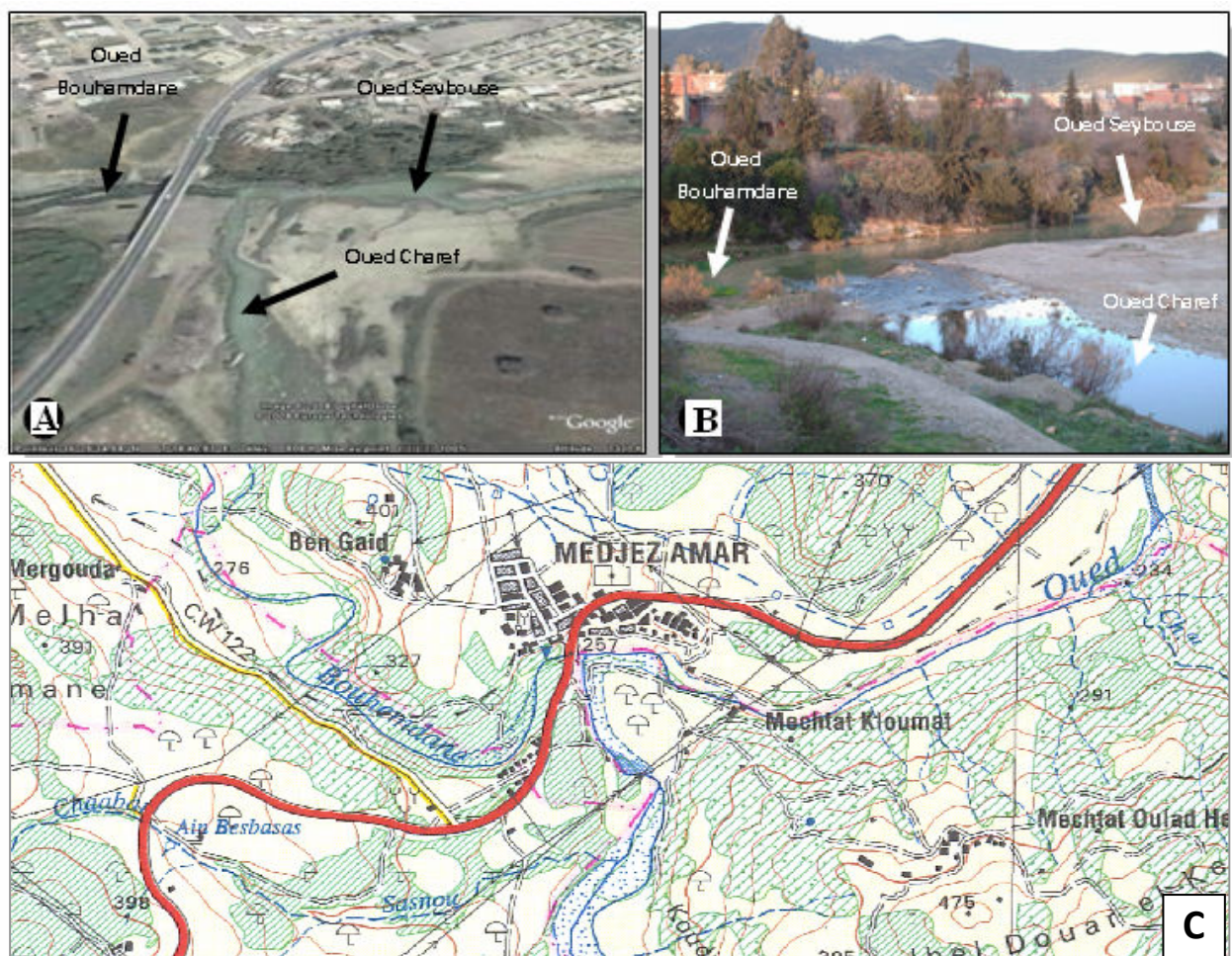
### 3. Aperçu Hydrologique

#### 3.1 Introduction

L'étude hydrologique, constituant un complément de l'étude climatique, est nécessaire pour comprendre l'évolution chimique des eaux de l'oued. Elle renseigne sur les écoulements au niveau des Oueds et de leur intensité. La disponibilité potentielle de l'eau est étroitement liée au comportement hydrologique d'un cours d'eau ou au régime pluvial.

Plusieurs études se sont penchées sur l'hydrologie de l'Oued Seybouse (Ghachi A.1982, Mebarki A.2005, Amarachi H. 2006, Khenchoul K. 2007, Louamri A. 2013, Sayad.L 2015).

L'Oued Seybouse résulte de la confluence de l'oued Charef et l'oued Bouhamdane, mais après la construction du barrage de Bouhamdane et à l'exception des lâches d'eau du barrage, ont été constatés que par la mise en eau du Barrage, seules les eaux de l'Oued Charef alimente la Seybouse. La construction de cet ouvrage a entraîné une diminution nette des apports à la Seybouse, ce qui explique l'absence de jaugeages au niveau des Oueds. Pour pallier à cette lacune nous avons axés notre étude sur le traitement des données hydrométriques anciennes, de ce fait il importe donc d'examiner les débits de chaque station de jaugeage répartie sur la région d'étude ainsi que le bilan hydrologique à l'issue de chaque bassin partiel.



**Figure 26:** Confluence des Oueds Charef et Bouhamdane donnant la Seybouse  
(A- Vue satellitaire Google Earth 2009, B- Photos numérique Mouchara, 2009,  
C- Extrait de la carte d'Etat Majeur, Ech :1/50000 , 2020).

### 3.2 Bassin versant de la Seybouse

Le bassin versant de la Seybouse touche sept (07) wilayas : Annaba, El-Taraf, Guelma, Souk Ahras, Constantine, Skikda, Oum-El-Bouaghi. Chevauche trois grands domaines physiques et bioclimatiques : Hautes Plaines au Sud, le domaine sud-Tellien et le domaine Tellien du Nord en aval de Seybouse (Seybouse maritime)

Le bassin de la Seybouse est composé de 06 sous bassins essentiels à savoir :

- Dans la haute Seybouse, il y a le bassin de Bouhamdane et Charef drainent deux affluents majeurs d'Oued Bouhamdane et Oued Charef.
- Vers la moyenne Seybouse, on cite le sous bassin de la moyenne Seybouse limité en amont par la confluence d'oued Bouhamdane et Oued Charef et en aval par le point de jonction d'oued Mellah avec Oued Seybouse, et le bassin d'Oued Mellah, est le principal affluent de rive droite de la Seybouse, qui il se rejoint Oued Seybouse au niveau de Bouchegouf.
- En fin à la basse Seybouse, se trouve le sous bassin de la basse Seybouse, ce dernier, il reçoit aussi les eaux de l'affluent d'Oued Meboudja, drainé par Oued Rassoul provient d'Ain Berda.

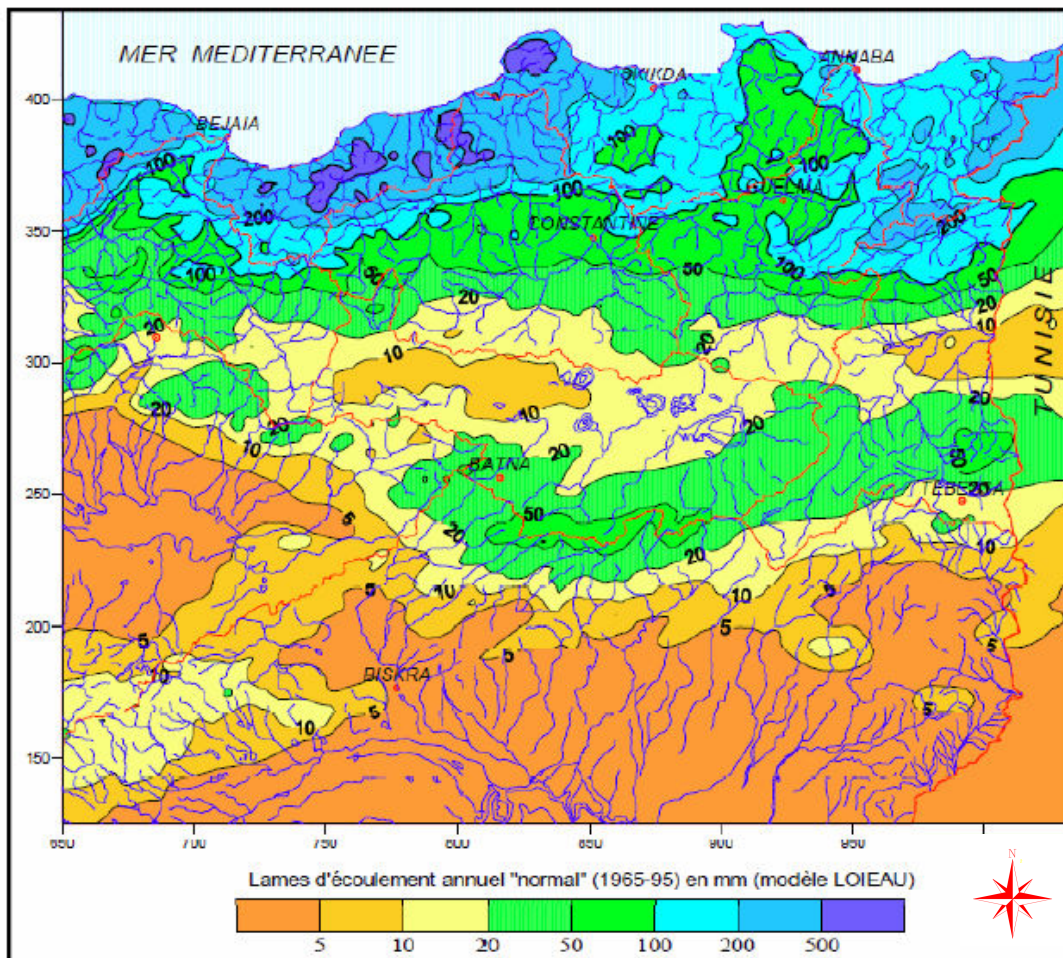
Cinq barrages ont été construits dans le bassin versant de l'Oued Seybouse à savoir :

- Barrage Hammam Debagh sur oued Bouhamdane avec un volume de 220 hm<sup>3</sup>
- Barrage Foum El Khanga sur Oued Charef avec un volume de 157 hm<sup>3</sup> ;
- Barrage: Tiffech (5,8 hm<sup>3</sup>);
- Barrage El Haria (1, 8 hm<sup>3</sup>);
- Barrage Medjz el Bgar (2,86 hm<sup>3</sup>).

Les paramètres morpho métriques de l'oued Seybouse sont représentés dans le tableau ci-après

**Tableau 16 :** Paramètres morpho métriques du BV de la Seybouse (carte topographique 1/50000)

Paramètre / Station	Charef à M. Rochefort	Bouhamdane à Medjez. A	Mellah à Bouchegouf	Ain Berda à Rassoul	Seybouse à Mirbeck
Altitude max. (m)	1543	1325	1390	939	1635
Attitude min. (m)	740	295	96	58	10
Longueur du rectangle équivalent (Km)	182	17	70	83	107
Largeur moyenne (Km)	33	5.9	8	13	16
Longueur du thalweg principal (Km)	341	25	65	100	64
Coefficient de compacité	<b>1.67</b>	<b>1.48</b>	<b>1.7</b>	<b>1.57</b>	<b>1.78</b>
Coefficient de torrentialité (s.d)	10	21.5	18.5	11	6
Dénivelée spécifique (m)	132	233	303	322	416
Temps de concentration (h)	25	15	10	5.50	40
Densité de drainage (km/km <sup>2</sup> )	1.8	2.6	3.2	3.41	0.72



**Figure 27 :** Ecoulements interannuels moyens d'après le modèle LOIEAU in Mébarki 2005, Modifié en 2020

### 3.3 Le réseau hydrographique :

La délimitation du bassin versant a été effectuée à la base des cartes topographiques 1/50000 exploités dans un SIG, avec Les données de l'ABH pour le réseau hydrographique, le bassin versant est découpé en 07 sous bassin, dont, un sous bassin (bassin d' Oued Boudjemaa) n'est pas actuellement affluent d'oued Seybouse (voir figure 28).

La Seybouse est identifiée essentiellement du cours d'eau principal d'oued Seybouse et ses majeurs affluents dont l'écoulement général est de l'Ouest en Est pour l'oued Bouhamdane et du Sud-Est vers le Nord-Ouest pour l'oued Charef, ils se rejoignent au niveau de la station de Mejez Amar, point de confluence et naissance de l'Oued Seybouse.

Ces deux affluents majeurs d'oued Seybouse, dont l'oued Bouhamdane draine un sous bassin d'une superficie de 1105km<sup>2</sup> alimentant le barrage de Bouhamdane d'une capacité estimée à 200 hm<sup>3</sup> en 1988, réévaluée à 184,35 hm<sup>3</sup> en 2004 à la suite des levés bathymétriques.

Pour l'oued Charef, draine d'un sous bassin (partie haute du Sud Est de la Seybouse) d'une superficie de 2930 km<sup>2</sup>, ce dernier aussi alimente le barrage de Foum khanga d'une capacité de 157 Hm<sup>3</sup>.

Le long de son parcours, il y a des affluents secondaires en citant : L'oued Maiz, l'oued Boudjedra, l'oued Boussora, l'oued Hélia.

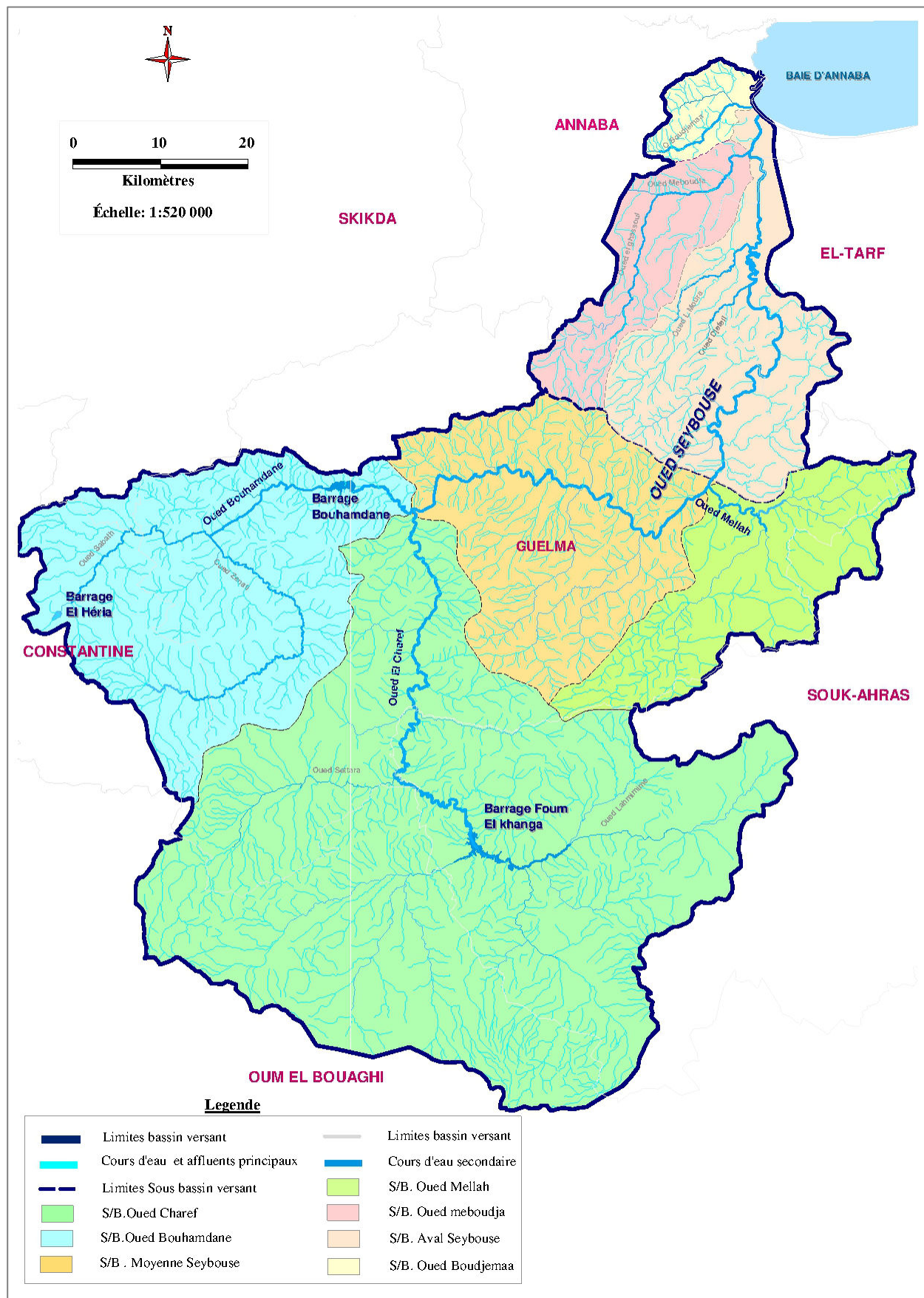


Figure 28 : Réseau hydrographique du bassin versant d'oued Seybouse

En aval de la moyenne Seybouse, est alimenté par un autre affluent majeur vis-à-vis son débit (49% Du debit total d'oued Seybouse), qui provient du sous bassin d'oued Mellah d'une superficie de 550 km<sup>2</sup> (Guechi, 2017)

Le graphique ci-joint indique les longueurs des cours d'eau supérieur à 10 km, selon les données d'ABH, actualisés à l'aide des cartes topographiques et les images satellitaires du Google earth.

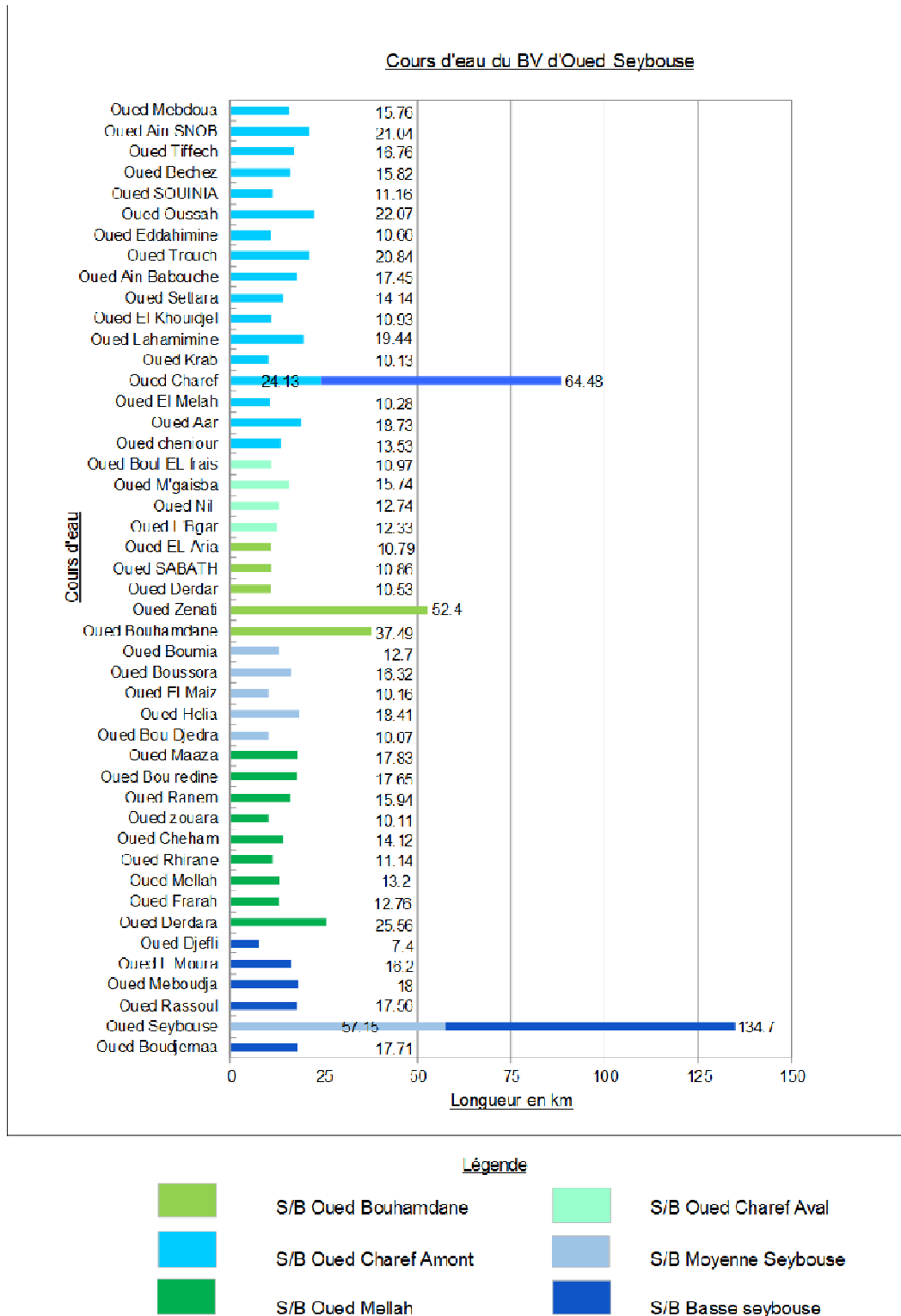


Figure 29 : Principaux cours d'eau du BV d'Oued Seybouse (Source ABH- C.M.S. 1999, Modifié en 2020).

Le réseau hydrographique emprunte surtout les axes des principaux plissements dans les couches marneuses facilement érodables. D'autres affluents suivent le sens des failles affectant les formations mio-pliocènes.

**Tableau 17** : Caractéristiques de quelques stations hydrométriques du BV de la Seybouse (ANRH)

Bassin versant	Station	Oued	Code	Mise en service	Coordonnées			S km <sup>2</sup>	L Km
					X	Y	Z		
	Mirbeck	Seybouse	14-06-01	1968	952.8	394.2	10	5955	433
	Ain Berda	Rassoul	14-06-02	1968	938.2	387	55	103	46
	Bouchegouf	Mellah	14-05-01	1948	949.6	362.1	95	550	155.5
	Medjez Amar	Bouhamdane	14-03-01	1968	912.3	358.7	270	1105	195
	Moulin Rochefort	Charef	14-02-02	1971	922.3	319.8	710	1710	285

### 3.3.1 Profil en long de l'oued Seybouse

Les différents changements de pente observés sur le profil en long de la Seybouse peuvent être assimilés à divers niveaux de base anciens. Le profil en long, montre des ruptures de pente que l'on peut expliquer autrement que par des captures ou par des écaïlles rocheuses particulièrement résistantes à l'érosion (gorges amont de Medjez Amar). Le matériel très résistant est profondément entaillé par la Seybouse (la partie terminale de l'Oued Charef en travers des grès).

L'Oued Bouhamdane présente un profil en long assez régulier, interrompu par quelques légères ruptures de pente, il annonce déjà les cours d'eau de hautes plaines semi-arides. En résumé, la haute Seybouse présente des pentes faibles dont la pente maximale est inférieure 7.5% une pente moyenne de 1%.

La moyenne Seybouse et ses affluents descendants de l'Atlas tellien donnent des gorges profondes qui renforcent la vitesse des eaux. Ces dernières sont à l'origine des crues parfois catastrophiques dans le bassin de Guelma et la plaine d'Annaba.

A la sortie des gorges de Nador, la pente redevient très faible en pénétrant dans la plaine de Annaba, sa valeur tombe à 0.3% ; à l'approche de la mer, elle est réduite à 0.05%.

Ainsi, le profil en long de la Seybouse offre un tracé très régulier entre Medjez Amar et l'embouchure. A la sortie de la station hydrométrique de Mirbeck, à 12 Km de l'embouchure, le lit de la Seybouse n'est qu'à 10m d'altitude.

A l'ancienne station hydrométrique de Boudaroua, 60 Km du littoral, le chenal d'écoulement est à 73 m d'altitude, au pont de Guelma, le lit est à 191m, à la confluence de Medjez Amar la Seybouse est à 270m, l'oued Charef au Moulin Rochefort est à 750m d'altitude, ces différents points d'altitude montrent que le régime de la Seybouse et ces affluents est encore fortement torrentiel.

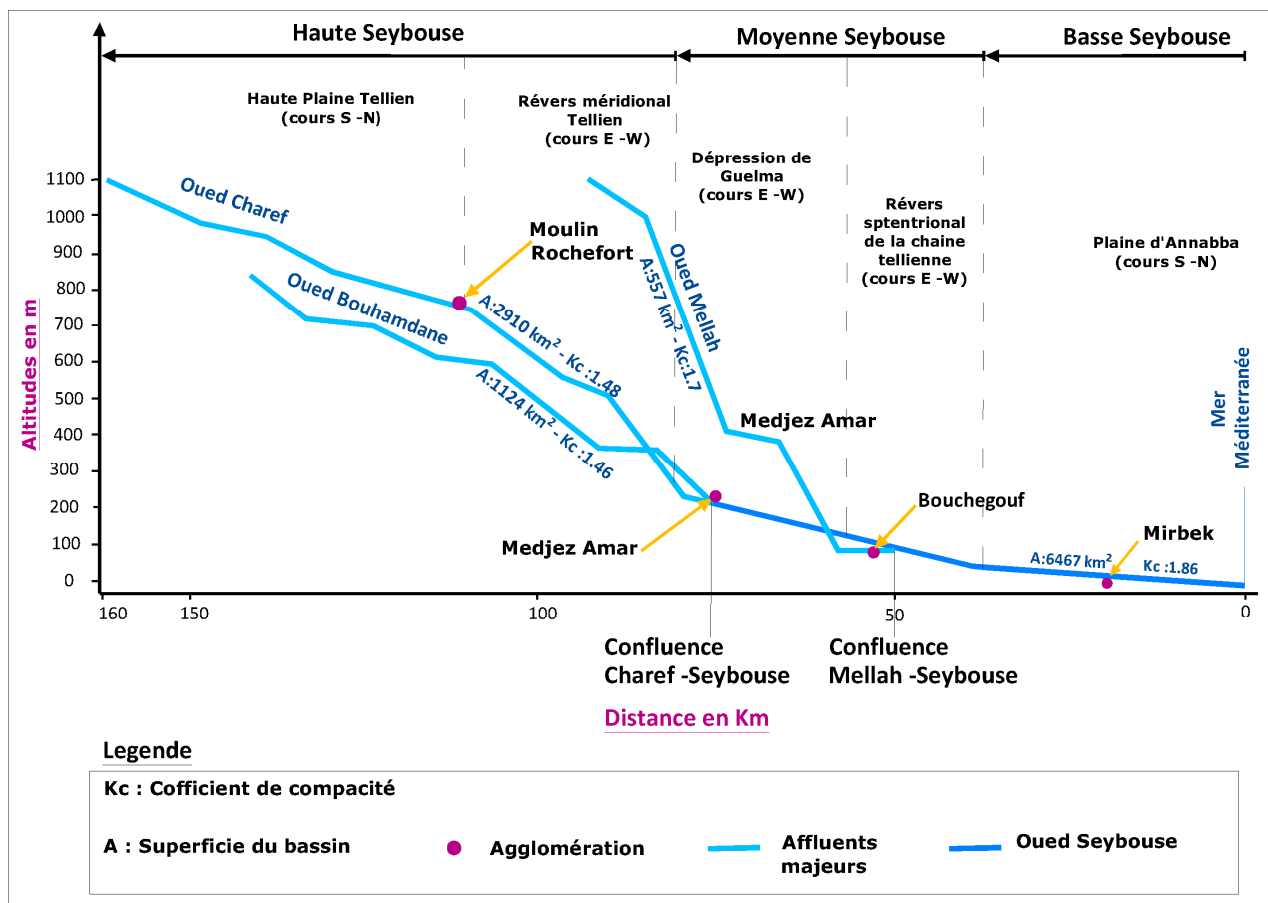


Figure 30 : Profil en long de l’Oued Seybouse (Ghachi, 1982), modifié en 2020

Les profils hydrologiques offrent l’avantage de visualiser les variations, de la source à l’embouchure, de l’apport des grands cours d’eau principaux s’étalant, en général, sur des domaines morpho-structuraux et climatiques bien tranchés (Mebarki, 2005). L’année 1984/85, en raison des crues exceptionnelles de décembre 1984-janvier 1985 et celles de mars 1985, marque nettement la variabilité du cycle hydrologique de ces trois dernières décennies. L’année 2002/03, non comprise dans les séries étudiées, a également connue une pluviosité exceptionnelle (en particulier les mois de novembre, décembre et janvier), du même ordre que celle de 1984/85. Ses effets apparaissent sur l’abondante d’alimentation en eau des barrages.

### 3.3.2 Les densités de drainage

La densité de drainage ou densité de Talwegs, est définie pour un bassin donné de superficie (A), comme la longueur totale (L) des cours d’eau de tous ordres sur la surface drainée, soit :

$$D_d = L/A$$

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus pour la densité de drainage globale permanent et temporaire, d’une part au niveau de chaque bassin partiel et d’autre part à l’échelle de deux grands ensembles :

- La moitié Sud du bassin présentant une densité de drainage généralement faible.
- La moitié Nord, dotée d’une densité relativement dense.

Toutefois, il faut signaler que ces valeurs de densité de drainage du chevelu hydrographique sont approximatives vu l’échelle de la carte au 1/20.000 (Ghachi, 1982).

**Tableau 18** : Les densités de drainage global permanent et temporaire (Ghachi, 1982)

Bassin	D <sub>d</sub>	D <sub>dp</sub>	D <sub>dp</sub> /D <sub>d</sub> (%)	D <sub>dt</sub>	D <sub>dt</sub> /D <sub>d</sub> (%)
Charef amont à moulin Rochefort	0.48	0.22	46	0.26	54
Charef aval à Medjez Amar I	0.80	0.43	53	0.56	47
L'ensemble des bassins amont : (Réseau hydrographique faible)	0.56	0.25	44	0.32	56
Mellah à Bouchegouf	0.72	0.63	87	0.13	18
Seybouse à Mirbeck	0.72	0.41	56	0.32	44
L'ensemble des bassins aval (Réseau hydrographique dense)	0.84	0.48	57	0.36	43
Ensemble du bassin de la Seybouse	0.72	0.41	56	0.32	44

Avec :

D<sub>d</sub>= densité de drainage,

D<sub>dp</sub> = densité de drainage permanent,

D<sub>dt</sub>= densité de drainage temporaire.

La densité de drainage temporaire est élevée dans le bassin du haut Charef. Elle est de 0.26 au moulin Rochefort et passé à 0.56 sur Charef aval à Medjez Amar.

Pour l'ensemble de ces deux bassins, la densité de drainage permanent est de 0.25, alors que la densité de drainage temporaire est de 0.32. Cette situation est inversée pour l'ensemble des bassins aval, les valeurs sont respectivement de 0.36 et 0.32 les plus petites valeurs correspondent aux plus grands sous bassins. Ces résultats indiquent que nos sous bassins versants sont en général assez bien drainés (Bouanani, 2008). Ainsi le bassin de la Seybouse appartient bien à deux grands domaines hydroclimatiques différents, à un écoulement faible et temporaire, lié à une lithologie perméable et à une pluviométrie faible, s'oppose le drainage permanent, élevé dans la partie Nord du bassin traduisant l'abondance pluviométrique et une perméabilité généralement faible (Ghachi, 1982).

### 3.3.3 La dénivelée Spécifique (Ds) :

Le dénivelé spécifique Ds donne une idée sur le degré de développement du réseau Hydrographique. C'est dérivé de la pente globale Ig en la corrigeant l'effet de surface admise étant inversement proportionnel à racine de S :

$$D_s = I_g \times \sqrt{S}$$

$$I_g = \frac{H_{0.05} - H_{0.95}}{L} = \frac{D}{L}$$

$$L = \frac{C \times \sqrt{S}}{1.128} (1 + 1 - \sqrt{1 - (1.128/C)})$$

S : la superficie du bassin (km<sup>2</sup>)

D : dénivelée (m),

L : longueur du rectangle équivalent (km)

C : indice de compacité, P : périmètre du bassin (km)

H<sub>0,95</sub> et H<sub>0,05</sub> : altitudes entre lesquelles s'inscrivent 90% de la surface du bassin, sur la courbe hypsométrique tracée, nous prenons les points tels que la surface supérieure ou égale à 5% et

inférieures ou égale à 95%. Suivant la deuxième classification de O.R.S.T.O.M, indépendante des surfaces des bassins (LABORDE J.P, 19997).

**Tableau 19 :** Deuxième classification d'O.R.S.T.O.M pour différents reliefs

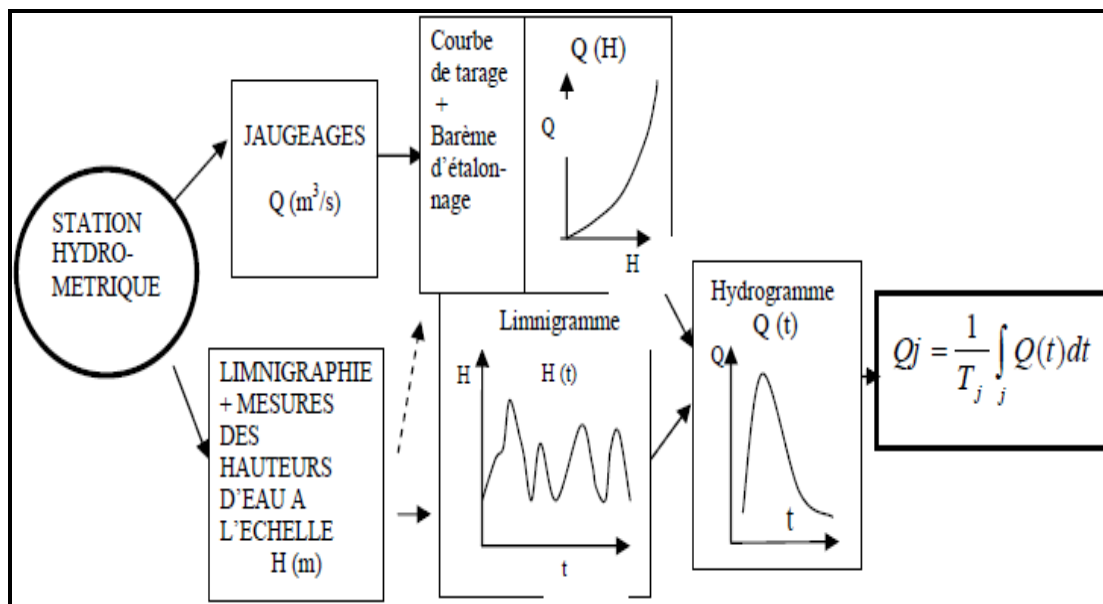
Classe	Nature du relief	Dénivelée spécifique (m)
R1	Relief très faible	$D_s < 10$
R2	Relief faible	$10 < D_s < 25$
R3	Relief assez faible	$25 < D_s < 50$
R4	Relief modéré	$50 < D_s < 100$
R5	Relief assez fort	$100 < D_s < 250$
R6	Relief fort	$250 < D_s < 500$
R7	Relief très fort	$D_s > 500$

La deuxième classification de l'ORSTOM, la dénivelée spécifique du bassin de la Seybouse dans un relief fort  $D_s = 327,35$  (m/km) (R6 :  $250\text{m} < D_s < 500\text{m}$ ) (Djabri, 1996).

### 3.4 Réseau hydrométrique

#### 3.4.1 Exploitation des données hydrométriques

Les étapes de calcul des débits moyens journaliers dans une station hydrométrique sont résumés dans la figure 2424. Grâce à la traduction de la courbe de tarage  $Qf(H)$  en barème d'étalonnage d'une part, et le dépouillement des limnigrammes  $Hf(t)$  (côtes d'eau de l'oued enregistrées en continu sur des bandes limnigraphiques) d'autre part, permet de déduire, en dernière étape, les débits moyens journaliers  $Q_jf(t)$ .



**Figure 31 :** Etapes de calcul d'un débit moyen journalier. (Mebarki A, 2005)

Tracée à l'aide d'une série de jaugeages périodiques, la courbe de tarage  $Q(H)$  représente les débits instantanés en fonction des hauteurs d'eau correspondantes. Il est bien souvent nécessaire d'établir différentes courbes suivant les différentes périodes de l'année « On obtient donc un

faisceau de courbes de tarage auxquelles sont attachées différentes périodes de validité » (Laborde .JP, 1997).

Les courbes de tarage ne sont pas stables. En basses eaux, la relation hauteur-débit est perturbée en raison des modifications subies par le lit de l'oued et de l'influence de la végétation. En hautes eaux, malgré les précautions prises, les courbes de tarage sont considérées comme approximatives pour le calcul des débits de crue.

### 3.4.2 Mesure des débits

Les observations hydrométriques expriment le comportement hydrologique du bassin versant en un point donné et en un temps déterminé. En chaque station, en plus de l'enregistrement en continu des hauteurs d'eau à l'aide du limnigraphe (comparé aux relevés de hauteur à l'échelle limnimétrique), sont entrepris des jaugeages périodiques au moulinet (vélocimétrie à élément rotatif pour mesurer la vitesse de l'eau ou méthode d'exploration du champ des vitesses) (Audinet, 1995). Le moulinet est fixé à un support maintenu (perches et microperches) ou suspendu (saumon). Les jaugeages de crue sont entrepris, lorsque les conditions d'équipement s'y prêtent (station équipée de trille téléphérique ou à partir d'un pont par le biais d'une cyclopotence), à l'aide du moulinet monté sur saumon ou lest profilé.

En étiage, les jaugeages sont établis au déversoir lorsque l'emploi du moulinet devient impossible, le réseau hydrométrique algérien connaît, depuis peu de temps, un début de modernisation avec l'installation progressive de stations dites « automatiques » (enregistreurs électroniques), remplaçant le mode d'enregistrement graphique sur papier (le limnigraphe classique). Le transfert des données sur ordinateur est facilité grâce à la capacité de mémoire dont est muni l'appareil d'enregistrement électronique.

La station hydrométrique Mirbeck va nous servir comme référence pour le développement détaillé de cette partie pour les raisons suivantes :

- Dernière station avant l'exutoire (vers la mer méditerranéenne)
- Reçoit la quasi-totalité des affluents de la Seybouse.
- Draine une surface importante 5955 km<sup>2</sup>
- Sa localisation géographique dans la zone d'étude.

Le suivi des débits enregistrés à la station Mirbeck fait par les services de l'ANRH, s'étend sur 23 ans d'observation (1968-1991). Nous avons décortiqué cette période en deux ;

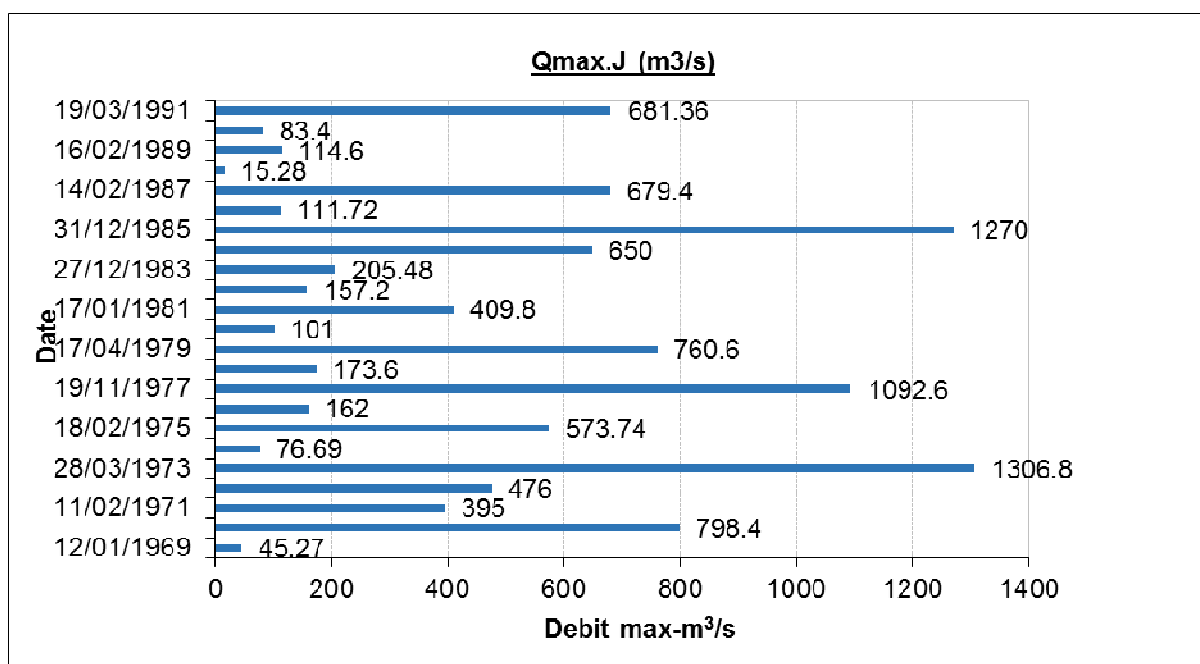
- L'une de 1968-1980 pour le suivi journalier des débits mensuels, c'est une série sans lacune et aucun comblement de données n'a été

- l'autre de 1981- 1991 qui comporte des lacunes et plusieurs valeurs nulles de débits journaliers (parfois deux mois sans observation), relevés à partir des annuaires hydrologiques de l'ANRH. On signale que l'acquisition des données hydrométriques au niveau de l'ANRH est devenue une tâche fastidieuse et laborieuse.

### 3.4.3 Evolution des débits en fonction de la pluie à la station de Mirbeck.

En hydrologie la connaissance des précipitations est essentielle car celles-ci conditionnent le fonctionnement du cycle de l'eau. Leur impact est notamment déterminant sur la disponibilité des ressources en eau : écoulements de surface. Pour montrer ce phénomène, on a étudié les variations du débit de l'oued Seybouse au niveau de la station de Mirbeck en fonction de la hauteur mensuelle de précipitations au niveau de deux stations : l'une à l'aval de l'oued Seybouse (station des salines) et l'autre à l'amont de l'oued (station de Kef Mourad).

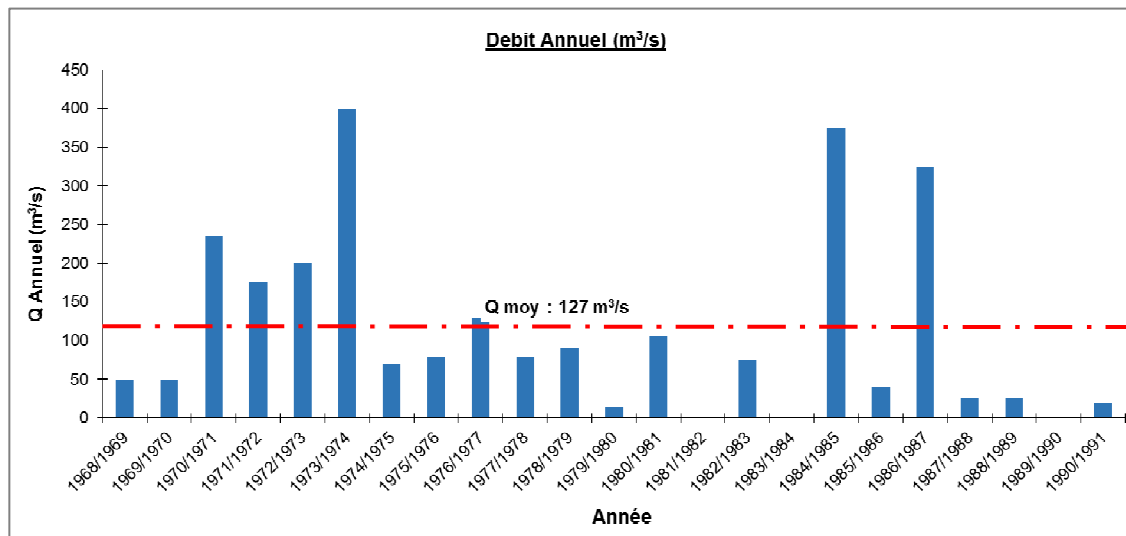
Le débit de l'Oued Seybouse varie de 0 m<sup>3</sup>/s (période d'étiage) à 100 m<sup>3</sup>/s, mais pendant les périodes de fortes averses, il atteint des valeurs de l'ordre de 1306.8 m<sup>3</sup>/s (observées le 28/03/1973, ANRH-Constantine).



**Figure 32 :** Débits maximums journaliers observés- Station de Mirbeck

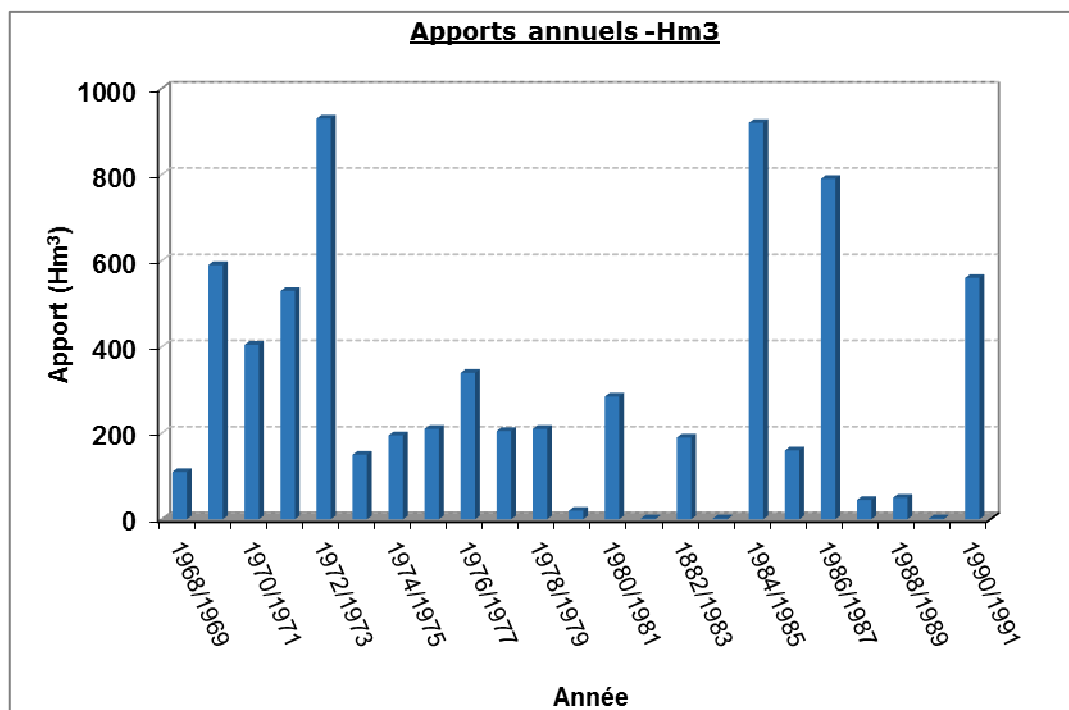
La variation de débit montre que le régime d'écoulement de l'oued Seybouse est lié aux apports de l'ensemble du bassin versant, à la hauteur de précipitations, à la durée et à la répartition spatiale des précipitations. Pour montrer les années déficitaires et excédentaires au niveau de l'Oued Seybouse, selon les variations annuelles des débits du cours d'eau (annexe 1).

La représentation graphique des variations annuelles des débits est présentée ci-après



**Figure 33 :** Variations des débits annuels -Station de Mirbeck (1968-1991)

A la basse Seybouse, les histogrammes montrent une alternance de périodes humides et des Périodes sèches. L'apport annuel moyen évolue du Sud vers le Nord : 20 hm<sup>3</sup> dans la haute Seybouse, 7.9 à 9.9 hm<sup>3</sup> dans la moyenne Seybouse (Mouchara, 2009), dans la basse Seybouse l'apport est important, il est estimé à 350 hm<sup>3</sup> (Voir annexe 2).



**Figure 34 :** Variations des apports annuels -Station de Mirbeck (1968-1991)

### 3.4.4 Les variations mensuelles du débit à station Mirbeck

Le suivi mensuel a été étalé sur 13 ans (1968-1981) (figure 35) seulement, car il semble préférable et adéquat de baser notre analyse sur des données réellement observées et non théoriquement extrapolées et comblées. Le caractère typiquement méditerranéen caractérise la Seybouse, les débits observés pendant la période des hautes eaux (décembre - avril) sont importantes variables (15 à 30 m<sup>3</sup>/s) et qui produit une dilution des eaux de l'Oued. Par contre pendant la période des basses eaux (Juin - novembre) le débit est faible (0 à 6 m<sup>3</sup>/s), ce qui sous l'effet des rejets et de l'évaporation va jouer sur l'augmentation des concentrations des différents éléments chimiques.

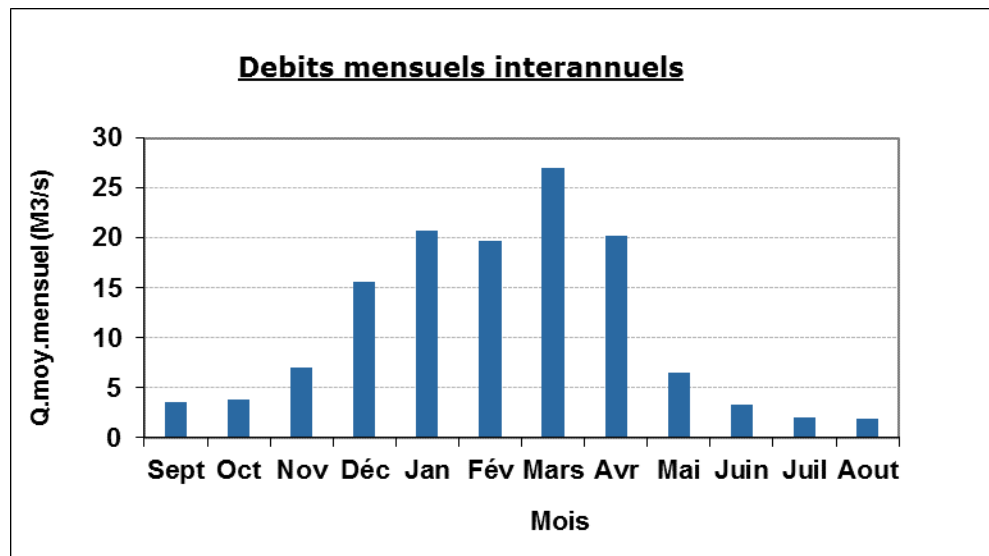


Figure 35 : Débits mensuels interannuels - station de Mirbeck 1968-1981

### 3.4.5 Coefficient moyen de débit

Le régime d'un cours d'eau est défini par le coefficient moyen des débits correspondant aux rapports débits mensuels au module de la période considérée. Il s'exprime mathématiquement par :

$$CMD = Q_i/Q$$

Avec :

CMD : Coefficient moyen des débits

$Q_i$  : Débits moyens mensuels en m<sup>3</sup>/s.

Q : La moyenne des débits

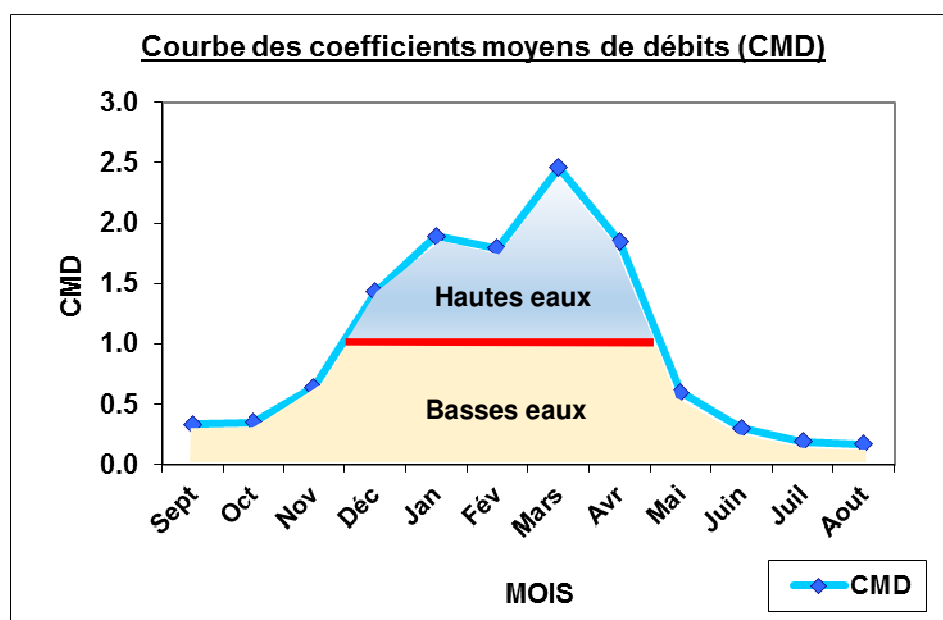
C'est un coefficient, qui permet d'identifier le type de la période des eaux (basse ou haute eaux).

En effet, le coefficient moyen des débits (CMD) est, soit supérieur à la valeur 1 qui est le module, dans ce cas, il correspond à la période des hautes eaux. Et si le CMD est inférieur à 1, donc c'est la période des basses eaux. Les valeurs de coefficient moyen des débits calculés à partir des données d'Oued Seybouse sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 20** : Coefficient moyen des débits -Station de Mirbeck (1968-1981)

Mois	Débits moyens mensuels m <sup>3</sup> /s	La moyenne des débits	Coefficient moyen de débit	Nature de la période
Sept	3.56	10.96	0.33	Basses eaux
Oct	3.89		0.35	Basses eaux
Nov	7.06		0.64	Basses eaux
Déc	15.66		<b>1.43</b>	Hautes eaux
Jan	20.67		<b>1.89</b>	Hautes eaux
Fév	19.66		<b>1.79</b>	Hautes eaux
Mars	26.94		<b>2.46</b>	Hautes eaux
Avr	20.24		<b>1.85</b>	Hautes eaux
Mai	6.55		0.6	Basses eaux
Juin	3.34		0.3	Basses eaux
Juil	2.04		0.19	Basses eaux
Aout	1.89		0.17	Basses eaux

La représentation graphique des Coefficients Mensuels de Débits (CMD), établie pour la station de Mirbeck, permet de visualiser le régime de la Seybouse et de ses principaux affluents (figure suivant). En effet, le régime, en alimentation essentiellement pluviale de tous les oueds, souligné par une courbe en cloche dont le maximum se situe le plus souvent en février, comporte des hautes eaux de décembre à avril et des basses eaux de mai à novembre. Les données relatives aux débits mensuels enregistrés aux différentes stations du bassin versant de l'oued Seybouse mettent en valeur les fortes disponibilités en eau en hautes eaux (Khanchoul, 2000).

**Figure 36** : Courbe des coefficients moyens de débits (CMD) de l'oued Seybouse et ses principaux affluents -Station Mirbeck

Ces variations peuvent être étudiées en calculant les rapports des débits extrêmes ( $R = Q_{max}/Q_{min}$ ) relatifs aux 12 mois de l'année pendant la période de 23 ans (1968-1991). Ces rapports permettent de connaître le degré de la variation interannuelle des débits moyens mensuels (Sayad.L, 2015).

### 3.4.6 Influence de la mise en eau du barrage de Bouhamdane sur Oued Seybouse

La Seybouse dispose d'une aire de réception de l'ordre de 6471 Km<sup>2</sup>, La station de Mirbeck donne le débit de la Seybouse avant son arrivée à la mer. En réalité les débits mesurés montrent un accroissement progressif de l'amont vers l'aval. La Seybouse à Mirbeck débite 13.2 m<sup>3</sup>/s. les Oueds Charef et Bouhamdane, transitent respectivement un débit de 2.27 m<sup>3</sup>/s (17% du débit total) pour un bassin partiel de 1104 Km<sup>2</sup> et 3.79 m<sup>3</sup>/s, soit 28.6% pour une surface drainée de 1194 Km<sup>2</sup>. L'oued Mellah à Bouchegouf a des caractères nettement différents du Charef et du Bouhamdane, c'est un petit bassin de montagne (542 Km<sup>2</sup>), il affiche un débit de 3.41 m<sup>3</sup>/s, soit 25.7% du débit globale. L'apport moyen annuel de l'Oued.

Par ailleurs, l'Oued Mellah est le plus important après celui de l'oued Charef, Néanmoins, la surface de drainage du bassin de mellah est deux fois plus moins que celle de l'Oued Charef.

La construction du barrage entraîne automatiquement une perte d'eau conséquente pour l'Oued. A titre indicatif, les eaux de l'Oued Bouhamdane n'alimentent plus la Seybouse à l'exception des lâches d'eaux du barrage de Hammam D'Bagh dans la période hivernale. En plus, les faibles quantités de précipitation remarquées ces dernières années sur la région d'étude entraîne une perte conséquente des débits de l'Oued ce qui a favorisé la dégradation de la qualité des eaux des cours d'eaux. En réalité l'Oued reçoit également les eaux usées des villes et villages limitrophes (Guelma, Bouchegouf, Drean, El Hadjar...) et les rejets industriels avec 0,5 m<sup>3</sup>/s (MATE, 2014). Les eaux polluées étant plus importantes en quantité font que les phénomènes de dilution ne se produisent pas et se traduisant par une dégradation de la qualité des eaux et en particulier en période d'étiage. (Djabri et al, 2004).

La Seybouse écoule 6.44 m<sup>3</sup>/s pour une superficie de drainage, résultat de la somme des deux bassins d'affluent (Charef et Bouhamdane), elle est estimée à 4049 km<sup>2</sup>, alors qu'oued Mellah débite 49% du module de la Seybouse à Medjez Amar, par conséquent la Seybouse à cette confluence moyennant un débit de 9.47 m<sup>3</sup>/s sur une superficie de 5955 km<sup>2</sup> .

Dans la basse Seybouse, au niveau de la station Mirbeck, la Seybouse génère 11.4 m<sup>3</sup>/s. On n'a malheureusement pas pu continuer la procédure (jaugeage). De ce fait la différence de 1.93 m<sup>3</sup>/s accusant la dernière augmentation a été attribuée aux nombreux petits chenaux et affluent, infestant le long de la rive gauche et droite (Meboudja...etc.) issus pour la plupart du coté septentrional de l'Atlas Tellien bénéficiant largement des influences du Nord-Ouest (Sayad L.2015).

### 3.4.7 Conclusion :

L'étude hydrologique a été abordée par la quantification des débits au niveau de la station de Mirbeck. L'interprétation statistique et graphique des données nous a permis de saisir les variations spatiales de l'écoulement superficiel en liaison avec les données climatiques et physiographiques des sous bassins.

Le bassin versant est défini par un cours d'eau principal (oued Seybouse) et 03 affluent majeurs (Oued bouhamdane, Oued Charef et Oued Mellah), draine une superficie de 6471 Km<sup>2</sup> est caractérisé par une forme allongé ( $Kg > 1,5$ ), la valeur de son débit maximal est de 1306 m<sup>3</sup>/s a été observé à la station de Mirbeck en 1973.

Le régime d'écoulement de l'Oued Seybouse présente des particularités au système pluvial méditerranéen dans son ensemble, il est tributaire du régime pluvial, dont les débits sont étroitement liés aux saisons (humide ou sèche) avec de forte variabilité temporelle, annuelle et surtout saisonnières et journalières. Les débits sont régis par des modes d'alimentation, et des conditions de rétention, restitution qui sont à l'origine des écarts entre les impulsions de débits et les hauteurs de pluies. On note également au niveau du bassin versant de la Seybouse un accroissement de la lame d'eau écoulée de l'amont en aval.

Les écoulements dans le bassin de la Seybouse sont fortement influencés par les aménagements hydrauliques : les grands barrages, les petits barrages, et les retenues collinaires qui régularisent des volumes d'eau importants. L'influence anthropique sur les écoulements va encore s'accroître avec la construction des autres barrages.

**CHAPITRE 4 :**  
**CARACTERISATION DES**  
**EFFLUENTS INDUSTRIELS**

## 4. Caractérisation des effluents industriels

Utiliser l'eau, c'est pratiquement accepter de la polluer... En effet, toute activité industrielle engendre des rejets polluants qui renferment tous les sous-produits et les pertes de matières premières qui n'ont pu être récupérées ni recyclées (BOEGLIN.JC, 1999).

L'industrie utilise de grandes quantités d'eau mais le principal problème tient à ce que la majeure partie de cette eau retourne à la nature, polluée car chargée de déchets, de produits chimiques et de métaux lourds. Plus de 85% de l'eau consommée par l'industrie sont retournés à la nature sous forme d'eau résiduaire industrielle (Gupta. 1992).

### 4.1 Nature des effluents

Alors que les rejets domestiques présentent des caractéristiques relativement peu variables, l'extrême diversité des rejets industriels nécessite une investigation par chaque type d'industrie et souvent le recours à des procédés spécifiques, Il est donc fondamental d'être parfaitement informé sur les procédés de fabrication, l'organisation des circuits et les chaînes de prétraitement des eaux résiduaires.

#### 4.1.1 Origine des effluents

Quatre catégories de rejet doivent être distinguées dans l'industrie (DEGREMONT ,2005),

#### 4.1.2 Effluents généraux de fabrication

La plupart des procédés conduisent à des rejets polluants qui proviennent du contact de l'eau avec des gaz, liquides ou solides.

Les rejets sont soit continus, soit discontinus. Ils peuvent même n'être produits que durant quelques mois par an (campagne dans l'industrie agro-alimentaire), deux mois généralement les flux de pollution sont connus si les fabrications sont régulières, mais si les industries travaillent par campagnes spécifiques (chimie de synthèse, pharmacie, parachimie) l'analyse des rejets est plus difficile, ceux-ci évoluant constamment.

#### 4.1.3 Effluents particuliers

Certains effluents sont susceptibles d'être séparés soit pour un traitement spécifique avec éventuellement récupération, soit dans un bassin de stockage pour être réinjectés à débit pondéré dans le circuit de traitement tel est le cas des :

- Bains de décapage et galvanoplastie ; soudes usées ; eaux ammoniacales de cokerie,
- Condensats de papeterie, eaux de l'industrie agro-alimentaire,
- Rejets toxiques et rejets concentrés.

#### 4.1.4 Effluents de service généraux

- Eaux de vannes (cantines, etc.).
- Eaux de chaufferie (purges chaudière, éluats de régénération).
- Boues du traitement des eaux d'appoint
- Purges d'eaux de réfrigération.

- Rejets de minéralisation et adoucissement des eaux

Dans ce chapitre, et pour identifier les effluents industriels devers au milieu naturel, nous procéderons à :

- ♦ Définition des textes réglementaires nationaux et internationaux.
- ♦ La caractérisation de la pollution des rejets industriels et leur nocivité et effets sur le milieu naturel ;
- ♦ L'inventaire sommaire de la pollution industrielle avec des essais de classification ;

## 4.2 Textes réglementaires

Pour s'imposer d'une manière évidente à chacun des acteurs économiques, cette étude et ses conclusions doivent s'avérer cohérentes avec le contexte législatif, ce qui explique la démarche retenue, inscrite dans le cadre réglementaire algérien la concernant, parfois complété par des sources dont les recommandations sont reconnues au niveau international.

Ce cadre comporte deux volets :

- ✓ Un classement par activités et risque polluant des différents acteurs économiques du bassin versant de l'Oued Seybouse, qu'il s'agisse ou non de sites industriels.
- ✓ Un classement de leurs rejets estimés par rapport aux normes réglementaires et à des seuils acceptables pour les « petits pollueurs ». Ces seuils servant à les écarter de la sélection.

### 4.2.1 Les classes par activités et par risques

#### 4.2.1.1 Nomenclature algérienne des activités et des produits

Après dizaine d'années d'utilisation de la Nomenclature Algérienne des Produits (NAP80), l'Etat algérien s'est doté en 2000 d'une nouvelle nomenclature : la NAP2000. Elle est destinée à favoriser des classements plus fins et à permettre une meilleure exploitation statistique des spécificités nationales tout en s'alignant sur les nomenclatures internationales, pratiquées par les Nations Unies définit par la Classification Internationale Type par Industrie de toutes les branches d'activités (CITI, REV.3), et l'Europe par La Nomenclature des Activités des Communautés Européennes (NACE REV1) est dérivée de la CITI REV 3,

Ce classement se compose de deux volets distincts mais complémentaires :

- **Nomenclature Algérienne des Activités (NAA)**

La nouvelle nomenclature algérienne des activités (NAA) fournit ainsi un ensemble hiérarchisé de catégories d'activités économiques utilisables qui permet une classification aussi aisée que possible des agents économiques selon leur activité principale.

- **Nomenclature Algérienne des Produits (NPA)**

Elle a pour objet de classer les produits (biens et services) ayant des caractéristiques communes pour l'élaboration de statistiques sur la production, le commerce, la consommation, le commerce extérieur et le transport de ces produits.

#### 4.2.1.2 Nomenclature algérienne (ICPE)

En 2007, Algérie, et en prolongement de la Loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, fit l'objet du :

- ✓ Décret exécutif n° 07-144 du 2 Joumada El Oula 1428 correspondant au 19 mai 2007 fixant la nomenclature des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

La Nomenclature des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) est destinée au classement des risques eut égard aux substances utilisées et aux activités effectuées. Il est important de bien différencier la gestion de ces classements avec celles des activités de la NAA2000, pour éviter toute confusion entre certaines parties des codifications pouvant revêtir un aspect similaire.

Il est loisible de supposer qu'une activité répertoriée dans la NAA2000, mais non identifiable dans la Nomenclature des ICPE ne présente pas de risque au sens de ce classement et n'est donc pas susceptible de rejeter des eaux usées autres que domestiques. De ce fait elle peut directement être exclue du périmètre des investigations liées aux pollutions industrielles.

#### 4.2.2 Documentation technique divers

Après le classement suivant la NAA2000 et la nomenclature ICPE, et à travers différents documents techniques, dont, BREF (Best available techniques reference documents), document technique adopté par la Commission européenne sont des références internationales, mais ne revêtent aucun caractère réglementaire et ne prétendent pas à l'exhaustivité. Néanmoins la directive IPPC (Integrated Pollution Prévention and Control) s'appuie sur eux pour l'établissement des MTD (Meilleures Technologies Disponibles) ainsi que NSPS (New Source Performance Standards) documents américains.

Il y a aussi les documents universitaires (thèses et articles scientifiques) , les normes nationales et internationales et les diverses réglementations de l'eau, ainsi que les agences de l'eau.

Grâce à l'ensemble de ces documents, le risque de pollution seront déterminés au niveau de chaque type d'activité industrielle ainsi que, leur impact sur l'environnement, et par conséquent, les moyens techniques adéquats pour leur dépollution.

#### 4.2.3 Lois et réglementation sur l'eau et environnement

Différentes lois algériennes réglementent l'usage de l'eau et la protection du milieu naturel s'inscrivant dans une politique de développement durable.

- **Protection de l'eau**

- ✓ Loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005 relative à l'eau.

- **Rejets d'huiles**

- ✓ Décret exécutif n° 93-161 du 10 juillet 1993 réglementant le déversement des huiles et lubrifiants dans le milieu naturel,

Art- 2 Est interdit le déversement dans le milieu naturel par rejet direct ou indirect ou après ruissellement sur le sol ou infiltration des huiles et lubrifiants, neufs ou usagés

- ✓ Décret exécutif n° 04-88 du Aouel Safar 1425 correspondant au 22 mars 2004 portant réglementation de l'activité de traitement et de régénération des huiles usagées.

- **Rejets industriels au réseau public**

- ✓ Décret exécutif n° 09-209 du 17 Joumada Ethania 1430 correspondant au 11 juin 2009 fixant les modalités d'octroi de l'autorisation de déversement des eaux usées autres que domestiques dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration.

Valeurs limites maximales de la teneur en substances nocives des eaux usées autres que domestiques au moment de leur déversement dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration (voir annexe 3)

- **Rejets industriels au milieu naturel**

- ✓ Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

Les annexes du décret définissent les normes de rejet en général et celles accordées par dérogation à certaines industries plus polluantes (annexe 4).

- **Mite de toxicité des rejets d'effluents**

- ✓ Décret exécutif n° 10-88 du 24 Rabie El Aouel 1431 correspondant au 10 mars 2010 fixant les conditions et les modalités d'octroi d'autorisation de rejets d'effluents non toxiques dans le domaine public hydraulique.

- **Redevances sur les Rejets industriels**

- ✓ Décret exécutif n° 07-300 du 15 Ramadhan 1428 correspondant au 27 septembre 2007 fixant les modalités d'application de la taxe complémentaire sur les eaux usées industrielles.

- **Forages**

- ✓ Décret exécutif n° 08-148 du 15 Joumada El Oula 1429 correspondant au 21 mai 2008 fixant les modalités d'octroi de l'autorisation d'utilisation des ressources en eau.

- **Installations Classées pour la Protection de l'Environnement**

- ✓ Décret exécutif n° 07-144 du 2 Joumada El Oula 1428 correspondant au 19 mai 2007 fixant la nomenclature des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

## 4.3 Les différents paramètres de la pollution des eaux résiduaires

Pour fixer les critères de sélection des unités industrielles, et qui nous permette de quantifier les quantités de pollution, nous devons d'abord définir les différents paramètres caractérisant la pollution des eaux résiduaires à savoir :

### 4.3.1 Les paramètres de débit

Tout d'abord les débits journaliers, moyen ou de pointe de temps sec. Hors surcharge éventuelle due aux eaux pluviales, ils regroupent les composantes suivantes :

- ✓ **Débits journaliers de temps sec à travers :**
  - Débit journalier des Eaux Usées Domestiques
  - Débit journalier des Eaux Résiduaires Industrielles
  - Débit journalier constant d'Eaux Claires Parasites Permanentes
- ✓ **Débits moyens horaires de temps sec à partir de :**
  - Débit moyen horaire des eaux Usées Domestiques.
    - Suivant la taille des Collectivités.
  - Débit moyen horaire des Eaux Résiduaires Industrielles.
    - Suivant les périodes de production et de lavage.
  - Débit moyen horaire des Eaux Claires Parasites Permanentes.
- ✓ **Débits de pointe horaires de temps sec à partir de :**
  - $Q_{PTS}$  : Débit de pointe de temps sec
  - Débit de pointe des eaux usées
  - Débit constant d'Eaux Claires Parasites Permanentes
    - $Q_{PECPP} = Q_{MECPP}$
  - Débit de pointe des Eaux Résiduaires Industrielles
    - $Q_{PERI} \approx 2 Q_{MERI}$ , suivant le type d'industries.

#### 4.3.2 Les paramètres in situ

Il s'agit des paramètres facilement mesurables et utiles pour la détermination de l'état chimique des polluants dans l'eau.

##### ✓ **T°C : température**

La température constitue un facteur déterminant en milieu aquatique car son augmentation favorise le développement des micro-organismes et donc la consommation d'oxygène et par conséquent la réduction de la teneur en oxygène dissous dans l'eau (Vrignaud, 1998).

Elle limitée et ne dépasse pas la norme du rejet ( $T^{\circ} c < 30^{\circ}$ ) pour les Eaux résiduaires

##### ✓ **pH : potentiel hydrogène**

Le potentiel d'hydrogène est un paramètre qui détermine l'acidité ou l'alcalinité d'une eau ainsi que l'état d'équilibre des éléments chimiques dans les diagrammes Eh-pH.

##### ✓ **Conductivité électrique (CE) : $\mu\text{cm/l}$**

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques (Platine) de  $1\text{cm}^2$  de surface et séparée l'une de l'autre de 1cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau et est à ce titre un bon marqueur de l'Origine d'une eau (HCEFLCD, 2006). En effet, la mesure de la conductivité permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau, donc de sa minéralisation. La conductivité est mesurée à l'aide d'un conductimètre les valeurs sont exprimées en  $\mu\text{s/cm}$  (BEN AAKAME.R, 2015)

✓ **Oxygène dissous-en (mg/l)**

La quantité d'oxygène en solution dans une eau régit les réactions d'oxydoréduction et présente une évolution identique à celle du Eh (DEBIECHE.TH, 2002). L'oxygène dissous (O<sub>2</sub>) est très important par le fait qu'il conditionne l'état de plusieurs sels minéraux, la dégradation de la matière organique et la vie des animaux aquatiques (HCEFLCD, 2006).

✓ **Potentiel d'oxydoréduction (Eh)**

Ce paramètre nous permet de prévoir l'état des ions chimiques dans l'eau et la direction des réactions chimiques (oxydation ou réduction).

### 4.3.3 Les principaux paramètres physico-chimiques

✓ **MES : Matière En Suspension**

Les matières en suspension représentent la fraction non solubilisée, donc retenue par un filtre. Les MES se subdivisent en 2 catégories :

- Les MVS (Matières Volatiles en Suspension) qui représentent la partie organique (donc biodégradable) de MES. Dans une eau usée domestique, elles représentent environ 70 à 75% de MES
- Les matières minérales sont obtenues en calculant la différence entre MES et MVS.

✓ **DCO : Demande Chimique en Oxygène (Pollution organique)**

La DCO représente la consommation d'oxygène dans les conditions d'une réaction d'oxydation au dichromate de potassium, en milieu acide (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), à chaud et en présence de catalyseur. Elle caractérise tout ce qui peut être oxydé par voie chimique, en particulier les sels minéraux oxydables et la majeure partie des composés organiques, biodégradables ou non.

✓ **DBO<sub>5</sub> : Demande biochimique en Oxygène (Pollution organique)**

La DBO<sub>5</sub> représente la quantité d'oxygène consommée en 5 jours pour réaliser, par voie biologique, l'oxydation des matières organiques biodégradables contenues dans les eaux usées, et ce dans des conditions déterminées (incubation à 20°C, à l'obscurité pendant 5 j) .

✓ **NTK : Azote Kjeldahl (Pollution azotée exprimée en N)**

Le NTK représente la quantité d'azote correspondant à la somme des composés azotés réduits exprimés en N et comprenant l'azote organique R-NH<sub>2</sub> et l'azote ammoniacal NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

✓ **NH<sub>4</sub><sup>+</sup> : Azote ammoniacal (Pollution azotée exprimée en N)**

Dans les eaux usées, l'ammoniac est le résultat de la transformation de la matière organique azotée par les micro-organismes. À noter que la transformation de l'azote organique en azote ammoniacal s'accroît lorsque le temps de séjour dans le réseau est élevé. Ce phénomène se rencontre dans un réseau séparatif assez long ou dans un réseau unitaire, par temps sec, surtout s'il est long. Les valeurs NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/NTK peuvent évoluer entre 60% et 80% avec une moyenne de 67% pour une EUD collectée par un réseau séparatif de longueur moyenne.

✓ **N.org : Azote organique**

Il s'agit de l'azote combiné au Carbone, que l'on trouve dans les molécules organiques, telles que les protéines, les acides aminés et l'urée.

En eau usée urbaine, azote organique provient presque exclusivement de l'urine composée elle-même d'eau à 95%, d'urée (n radicaux RN associé à CO) et de quelques composés organiques et des sels minéraux.

Le NTK représente la quantité d'azote correspondant à la somme des composés azotés réduits exprimés en N et comprenant l'azote organique R-NH<sub>2</sub> et l'azote ammoniacal NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

✓ **NGL : Azote global**

L'azote global, exprimé en N, représente la somme des composés réduits et oxydés.

✓ **PO<sub>4</sub> : Ortho phosphates**

Il représente la quantité de phosphore sous forme de phosphate dissous. Ils proviennent majoritairement des détergents des produits lessiviels.

✓ **Pt : Phosphore total**

Le phosphore total représente la somme du Phosphore dissous et du Phosphore particulaire. La concentration de ce dernier étant généralement faible dans les eaux usées.

La pollution au phosphore d'origine industrielle provient essentiellement de la filière agroalimentaire, et à un degré moindre de l'industrie pétrolière, de l'industrie papetière et du secteur des traitements de surfaces des métaux (DREAL, 2012).

✓ **Chlorures (Cl<sup>-</sup>)**

La présence des chlorures dans les sources d'eau potable peut être attribuée à la dissolution des dépôts de sel, à l'épandage de sel sur les routes pour faire fondre la glace et la neige, aux effluents des usines de produits chimiques à l'exploitation des puits de pétrole aux eaux d'égout, à l'écoulement des eaux d'irrigation, aux eaux de lixiviation des déchets aux émanations volcaniques, aux embruns marins et à l'intrusion de l'eau de mer dans les zones côtières. Chacune de ces sources peut entraîner une contamination locale des eaux de surface et des eaux souterraines (Sante.C,1987).

L'ion chlorure est très mobile et finit par être transporté dans des bassins fermés ou vers les océans.

✓ **Graisses**

Les graisses sont des corps gras, donc hydrophobes, se présentant à l'état solide à température ambiante. Les graisses se différencient des huiles qui, bien que ne se mélangeant pas non plus à l'eau, se présentent sous forme liquide pouvant éventuellement s'émulsionner avec elle. Les graisses se distinguent également des cires, de composition similaire mais qui possèdent un point de fusion supérieur à 45°C. Les graisses peuvent être solubilisées dans l'eau grâce à des détergents, dont le plus connu est le savon. Les concentrations en graisses sont mesurées par

extraction avec différents solvants. Les mesures généralement utilisées portent sur les Substances Extractibles au Chloroforme (SEC) ou les Matières Extractibles à l'Hexane (MEH) dont les valeurs peuvent différer en fonction du pouvoir de solubilité de ces réactifs.

#### ✓ **Huiles**

L'huile est un terme générique désignant des corps gras, visqueux, qui sont à l'état liquide à température ambiante et qui ne se mélangent pas à l'eau.

Les huiles sont d'origine animale, végétale, minérale ou synthétique. Elles se différencient des graisses qui sont pâteuses dans les conditions normales d'utilisation. Le beurre n'est pas considéré comme une huile bien qu'il soit liquide dans certains pays chauds. Dans les pays tempérés certaines huiles, normalement liquides, peuvent se figer par temps froid (LOUATL.B, 2015).

- **Les huiles végétales** sont essentiellement constituées d'acides gras ; on différencie :
  - Huiles alimentaires généralement d'origine végétale. Elles sont fabriquées dans les huileries par des huiliers, le plus souvent par pressage des graines d'oléagineux. Il est dit à froid, s'il se fait à une température inférieure à 50°C.
  - Huiles essentielles obtenues par divers procédés d'extraction, dont la distillation, en raison de leur très faible concentration dans le produit de base. Elles sont utilisées dans les parfums et les produits de soins corporels.
- **Les huiles animales** sont essentiellement constituées des esters de la glycérine et sont aussi utilisées dans l'industrie, en peinture, en savonnerie ou en pharmacie. Les principales huiles animales sont les huiles de poisson, de baleine, de cachalot, de phoque, de foie de morue.

#### ✓ **Hydrocarbures (Huiles minérales)**

Les hydrocarbures ou huiles minérales selon AFNOR X31410, Regroupe différents produits pétrolier (pétrole brut, pétrole kérosène, essences fuels, lubrifiants et huiles à moteurs), sont stables chimiquement, c'est-à-dire généralement non biodégradables, sauf quelques nouveaux produits qui gagneraient à être généralisés (HAP, alcool et cétones aldéhydes) (BRGM 300,2001). Ils appauvrissent le milieu en oxygène ou (et) gênent son transfert : il suffit d'un litre d'huile pour former une pellicule graisseuse d'environ 1 000 m<sup>2</sup> sur l'eau. Les additifs qui contiennent les hydrocarbures (phénols, amines aromatiques) sont généralement très toxiques. Les phénols, par exemple, sont biodégradables, mais nécessitent une accoutumance de la biomasse.

Les hydrocarbures ont tendance à s'adsorber aux sédiments et ils peuvent être transportés dans les sédiments en suspension, le ruissellement urbain, etc. S'ils adhèrent aux sédiments, ils peuvent s'assembler au fond des nappes d'eau et avoir des effets négatifs sur le biote benthique (ALISON.L,1995).

### 4.3.4 Métaux lourds et métalloïdes

Les métaux lourds, tels que : Fer, Nickel, Cobalt, Cadmium, Plomb, Chrome et Cuivre suivant sa valence, sont des micropolluants susceptibles d'entraîner des nuisances pour l'homme et pour la nature, même quand ils sont rejetés en quantité très faible, du fait de leur potentiel de bioaccumulation et leurs solubilité variables. En ce qui concerne les composés du mercure, ils sont tous particulièrement toxiques.

## 4.4 Les principaux types d'Eaux Résiduaires et leurs polluants

### 4.4.1 Eaux Résiduaires biodégradables

#### 4.4.1.1 Eaux usées domestiques

Ces eaux sont caractérisées par les paramètres suivants :

- **Biodégradabilité** : dont le ratio est  $DCO / DBO_5 \leq 3$  ;
- **Equilibre nutritionnel nécessaire à l'assimilation** : dont le ratio entre le  $DBO_5$ , l'Azote et le phosphore  $DBO_5 / N / P \geq 100 / 5 / 1$ .

Les eaux usées domestiques sont définies par rapport au rejet théorique d'un Equivalent Habitant, incluant une part de sécurité puisque le dimensionnement des stations d'épuration est effectué pour plusieurs années (objectif à 30 ans pour le génie civil, avec possibilité d'adapter les équipements). Par conséquent les habitants actuels rejettent une pollution moindre (MATEE, 2012). Les EUD sont parfaitement biodégradables. Pour un usager théorique appelé Equivalent Habitant (EH), elles sont caractérisées par les paramètres suivants :

**Tableau 21:** Paramètres de pollution spécifiques à un équivalent habitant

Paramètres	Coefficients spécifiques	Concentrations
Débit	150 l/j	-
DCO	135 g/j	900 mg/l
$DBO_5$	60 g/j	400 mg/l
MES	90 g/j	600 mg/l
NTK	15 g/j	100 mg/l
$NH_4^+$	10 g/j	67 mg/l
Pt	4 g/j	27 mg/l
MEH (graisses)	18 g/j	120mg/l
DCO/ $DBO_5$ Biodégradabilité	2,25	
$DBO_5/N/P$	100 / 25 / 6,6	
$DBO_5/N/P$ Equilibre nutritionnel	100 / 5 / 1	
N à traiter, hors assimilation et P à traiter	N = 20% et P = 5,6%	
$NH_4^+ / NTK$ – Réseau séparatif (L moyen)	67%	
MES / DCO – ratio particulière	67%	
MES / $DBO_5$ – ratio particulière biodégradable	150%	

#### 4.4.1.2 Eaux Résiduaire Industrielle exemptes de toxiques et à équilibre nutritionnel approximatif :

Ces eaux sont également caractérisées par des paramètres similaires :

- **Biodégradabilité** : Dont le rapport DCO / DBO<sub>5</sub> ≤ 3
- **Equilibre nutritionnel nécessaire à l'assimilation où DBO<sub>5</sub> / N / P ≥ 100 / 5 / 1**
- Dans l'industrie Agro-alimentaire, ces ratios caractérisent parfois des ERI plus faciles à épurer que les EUD ; mais avec des concentrations initiales beaucoup plus élevées,

Moyennant certaines conditions de mise en œuvre, une telle eau est globalement plus facile à épurer qu'une eau usée domestique, pourtant en comparant les concentrations en DBO<sub>5</sub> elle représente 10 fois plus d'Equivalents Usagers. Néanmoins si l'on considère l'azote à éliminer par nitrification – dénitrification, au-delà de l'assimilation, sa part ne représente que le quart de celle d'une eau usée domestique.

Ceci peut être le cas d'Industries Agro-alimentaires sucrières.

Un rapport DBO<sub>5</sub> / N / P faible, même proche des valeurs de l'assimilation et une DBO<sub>5</sub> principalement dissoute favorisent la nitrification.

#### 4.4.1.3 Eaux résiduaire industrielle biodégradable mais à déséquilibre nutritionnel

Ces eaux sont également caractérisées par les paramètres suivants :

- **Biodégradabilité** : Dont le rapport DCO / DBO<sub>5</sub> ≤ 3
- **Équilibre nutritionnel non respecté** : Carence ou excès de N et (ou) P

##### ➤ Mise en œuvre de l'assimilation

De tels effluents peuvent nécessiter une mise en œuvre renforcée de l'assimilation, comme par exemple la désodorisation de gaz d'équarrissage par filtration sur tourbe et rétablissement de l'équilibre nutritionnel par ajout d'un substrat carboné (carence en DBO<sub>5</sub>) et de phosphates (carence en P).

##### ➤ Mise en œuvre de la nitrification

C'est le cas des cokeries, d'industries chimiques, des distilleries, levurières, équarrissages et élevages industriels avec des teneurs en NH<sub>4</sub><sup>+</sup> pouvant atteindre 1500 mg/l, d'eau usées renfermant du sulfate d'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ≈ 2500 mg/l) qui crée une inhibition complète de la nitrification. Dans ces procédés il est impératif de faire attention aux baisses de pH occasionnées par les nitrifications importantes, il peut atteindre des valeurs de pH ≈ 4, ce qui inhibe la dénitrification et conjointement la flore bactérienne qui élimine la pollution carbonée, puisqu'il s'agit habituellement de la même. Dans ce cas, les valeurs au rejet se dégradent rapidement.

Les **inhibitions par l'azote ammoniacal** sont définies par les principaux seuils suivants :

- 0 mg/l ≤ NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ≤ 100 mg/l : risque nul ;
- 100 mg/l ≤ NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ≤ 500 mg/l : risque mineur, suivant les conditions du milieu ;

- $500 \text{ mg/l} \leq \text{NH}_4^+$  : risque moyen à majeur.

La **suppression de ces inhibitions** liées aux fortes concentrations en azote ammoniacal peut être effectuée grâce à la mise en œuvre de 2 à 3 étages de nitrification – dénitrification ou en équilibrant les concentrations avec un autre effluent.

➤ **Mise en œuvre de la dénitrification – nitrification :**

Les effluents à forte concentrations en nitrates se rencontrent en particulier dans les usines d'engrais, les pectineries (1 à 2 g/l de  $\text{NO}_3^-$ ), le traitement de l'oxyde d'uranium (1g/l de  $\text{NO}_3^-$ ) et certaines industries minières.

Les **inhibitions par les nitrates** sont définies par les principaux seuils suivants :

- $0 \text{ mg/l} \leq \text{NO}_3^- \leq 600 \text{ mg/l}$  : risque nul
- $600 \text{ mg/l} \leq \text{NO}_3^-$  : risque moyen à majeur

La **suppression de ces inhibitions** liées aux fortes concentrations en nitrates peut être obtenue par l'ajout d'azote ammoniacal favorisant le développement des bactéries hétérotrophes.

#### 4.4.1.4 Eaux résiduaires industrielles avec présence de toxiques

Les seuils de toxicité dépendent de la synergie avec d'autres facteurs

Les principaux toxiques de la flore bactérienne sont les :

- **Métaux lourds**
- **Micropolluants minéraux**
- **Micropolluants organiques**

Les **Micropolluants et substances dangereuses** sont abordés ultérieurement dans ce chapitre.

Les seuils de toxicité baissent lorsqu'il s'agit de rejets accidentels, les bactéries n'ayant pas la possibilité de s'adapter. C'est pourquoi il est important de détecter les arrivées de toxiques non prévues et de les confiner dans un bassin à part en attendant de les traiter ou de les évacuer.

#### 4.4.2 Eaux Résiduaires non biodégradables

##### 4.4.2.1 Eaux résiduaires industrielles non biodégradables (ratio DCO / DBO5 > 3)

La DCO dure, non biodégradable, traverse les stations de prétraitement et rejoint le milieu récepteur presque en totalité. Face à cette problématique, il existe actuellement plusieurs solutions techniques. L'osmose inverse, l'évaporation ou le charbon actif sont souvent utilisés bien que ce soient avant tout des techniques séparatives. Les traitements tertiaires d'oxydation sont considérés comme efficaces mais onéreux, ils permettent néanmoins de redonner un caractère biodégradable à la DCO dure, ce qui autorise le rejet des effluents traités au réseau d'eaux usées. Il existe également un autre procédé, l'ozonation catalytique qui assure une minéralisation des composés organiques des effluents avec une consommation en oxydant normalement plus faible qu'avec une technique conventionnelle, (LOUATI B, 2015).

#### 4.4.2.2 Eaux résiduelles industrielles non biodégradables (MES minérales)

Les matières minérales qui décantent rapidement ne posent pas de problème de traitement. Une décantation physique s'avère souvent suffisante.

Cette catégorie concerne en particulier les extractions de roches et leur transformation, de même que les eaux résiduelles chargées de limons, provenant des lavages de légumes maraîchers par exemple. Les fines particules ou colloïdes sont chargés de la même manière. Les répulsions électrostatiques empêchent la décantation, les eaux restant « laiteuses ». Après essai, l'utilisation d'un floculant approprié rompt les répulsions électrostatiques, permettant une décantation grenue rapide. En principe les eaux surnageâtes, si elles ne contiennent pas de pollution organique, doivent pouvoir rejoindre directement le milieu récepteur. Néanmoins par mesure de précaution, il est conseillé de diriger ces eaux vers une station d'épuration ou leur introduction pourrait être surveillée, avec une mise en confinement éventuel si les sondes de détection signalaient par exemple un défaut de turbidité (LOUATI B, 2015).

#### 4.4.2.3 Eaux résiduelles industrielles avec présence de toxiques

En cas de présence de toxique et suivant le type, les eaux résiduelles pourront faire l'objet d'un traitement physico-chimique (toxiques particulaires et colloïdaux), une filtration plus ou moins fine : ultrafiltration ou osmose inverse (toxiques dissous, suivant la taille), un passage sur une résine échangeuse d'ions (ions toxiques), ou une évaporation à basse pression, pour économiser l'énergie (éléments très toxiques en quantité limitée).

##### 4.4.2.3.1 Micropolluants et substances dangereuses

➔ **Toxique** : c'est une substance susceptible de provoquer des perturbations, des altérations des fonctions d'un organisme vivant, entraînant des effets nocifs dont le plus grave est la mort (Un toxique était un poison dont on enduisait les flèches dans l'antiquité hellénique)

➔ **Micropolluants** : ce terme désigne des substances inexistantes ou faiblement présentes dans un milieu à l'état naturel et susceptible d'induire des effets négatifs dans ce milieu, même à faibles ou très faibles concentrations.

On distingue les :

- **Micropolluants minéraux** : métaux et métalloïdes
- **Micropolluants organiques** : hydrocarbures, pesticides, etc....

##### 4.4.2.3.1.1 Micropolluants minéraux

Les principaux groupes de substances toxiques sont les suivants :

##### ➔ **Les métaux :**

Les principaux métaux mis en avant par l'AESM sont le cadmium (Cd), mercure (Hg), nickel (Ni), plomb (Pb), argent (Ag), chrome (Cr), cuivre (Cu), zinc (Zn), (MATE, 2001).

Certains sont toxiques quelques soient les concentrations, d'autres, comme le zinc, le cuivre, le sélénium sont indispensables au métabolisme des êtres vivants. La carence ou l'excès de ces oligo-éléments minéraux provoquent des maladies.

Les métaux toxiques de forte masse atomique sont généralement appelés les métaux lourds.

**Tableau 22** : Teneurs limites des éléments métalliques des rejets

Eléments	Algérie	France	Allemagne	Angleterre	Suisse	Etat Unis	Japons
Aluminium	5	5	-	-	10	-	-
Cadmium	0,2	0,2	3	0,2 à 2	0,2	1,2	0,1
Chrome VI	0,1	0,1	0,5	-	0,1	-	0,5
Chrome III	3	3	-	-	2	-	-
Cuivre	3	2	1	0,5 à 5	0,1	4,5	3
Fer	5	5	2	5	1	-	-
Nickel	5	5	3	0,5 à 2	2	4,1	3
Plomb	1	1	-	0,5 à 2	1	0,6	1
Etain	-	2	-	-	2	-	-
Zinc	5	5	3	-	2	4,2	5

#### ➔ Les métalloïdes :

Les 7 principaux éléments classés comme métalloïdes sont :

Le bore (B), le silicium (Si), le germanium (Ge), l'arsenic (As), l'antimoine (Sb), le tellure (Te), le polonium (Po), le sélénium (Se) parfois considéré comme un métal.

Ils sont également constituants des roches avec des caractéristiques proches de celle des métaux dont un rôle potentiel d'oligo-éléments, mais néanmoins différentes. Dans l'environnement, au-delà de certaines concentrations, généralement faibles, ils sont considérés comme des polluants.

#### ➔ Les organométalliques :

Ce sont des composés possédant une liaison métal – carbone ; les grandes familles de ces composés sont :

Les organostanniques (organoétain Sn), les organomagnésiens, les organolithiens, les organocuivreux et cuprates et les organozinciques.

Il s'agit de composés utilisés en chimie organique, comme intermédiaire de synthèse organique, comme catalyseur ou comme biocides. Un des plus connus et maintenant interdit depuis 2003 est le tributylétain (TBT) qui était notamment utilisés dans certaines peintures « antisalissure » sur les coques de bateaux.

Tous ces composés sont susceptibles de s'accumuler dans le foie des organismes, de plus le TBT provoque des perturbations sur la croissance et la reproduction des êtres marins.

#### 4.4.2.3.2 Micropolluants organiques

##### ➔ Les HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques)

Ils proviennent principalement de produits dérivés issus de transformations liées à l'industrie pétrolière. Les familles comprennent plusieurs dérivés dont certains sont reconnus cancérigènes. Leur utilisation dans la constitution des goudrons est censée diminuer dans les années à venir, au profit de liants hydrocarbonés moins polluants (LOIZEAU V,2014)

Quelques exemples : Le benzopyrène, le naphtalène,

### ➔ Les PCB (Polychlorobiphényles)

Ces substances chlorées de synthèse, très stables, résistent au feu et ne sont biodégradables que moyennant des délais de plusieurs dizaines d'années.

Les PCB entraient autrefois dans la composition des vernis, encres, peinture et solvants.

Ils présentent de fortes affinités avec les MES et les lipides et se bio accumulent dans la chaîne alimentaire.

La concentration de PCB dans l'eau ne devrait pas dépasser  $0.01 \mu\text{gAL}^{-1}$ , si l'on veut protéger et préserver la vie aquatique marine (CCMRE, 2008).

Les dioxines et furanes sont des composés organochlorés formés par oxydation lors de combustion incomplète de dérivés aromatiques chlorés. Elles sont également des impuretés de fabrication de certains pesticides et des PCB, classés POP Polluants Organiques Persistants (LOIZEAU V, 2014)

### ➔ Les PBDE, PBB (diphényles polybromés)

Les éthers diphényles polybromés sont des substances utilisées comme ignifuges dans une vaste gamme de produits de consommation. Ils servent d'additif à la mousse de polyuréthane, aux fibres textiles, à divers plastiques. Ils servent également de rembourrage pour les sièges, les textiles non portés comme vêtement.

Ils sont également susceptibles de se bioaccumuler.

Sont appelés PBDE, à la fois le pentabromodiphényléther ( $\text{C}_{12}\text{H}_5\text{Br}_5\text{O}$ ), substance prioritaire DCE et les 209 isomères de la famille des poly BDE. Leur forme commerciale est généralement un mélange de plusieurs isomères.

Le groupe des polybromobiphényles (PBB) est également utilisé comme élément ignifuge et possèdent des comportements similaires à ceux des PBDE.

### ➔ Les solvants

Un solvant peut dissoudre, diluer ou extraire d'autres substances sans les modifier chimiquement, ni se modifier lui-même.

Il existe un millier de solvants différents, courants ou non, utilisés dans l'industrie et le bâtiment (peintures et revêtement). Certains sont utilisés en intermédiaire de synthèse organique (benzène, tétrachlorure de carbone) ;

Aucun solvant organique n'est inoffensif pour la santé, ce qui par exemple, n'est pas le cas de l'eau, principal solvant minéral.

### ☛ Les solvants chlorés

Ils sont utilisés pour le dégraissage des pièces mécaniques, le décapage de peinture, le nettoyage à sec en pressing. Certains dérivés servent à la synthèse organique (pesticides et produits pharmaceutiques).

Exemple : perchloréthylène, chloroforme, chlorure de méthylène.

Ils sont faiblement biodégradables, sont persistants et se bioaccumulent.

#### ☛ Les solvants benzéniques

Le benzène, le toluène et le xylène (BTX) sont les plus connus. Le benzène est le plus toxique de tous. Il se distingue par sa grande toxicité pour les cellules sanguines et les organes qui les produisent (moelle osseuse), de plus il est cancérigène.

#### ➔ Autres organochlorés

##### ☛ Les chloroalcanes

Anciennement appelés paraffines et progressivement interdit dans plusieurs applications depuis 1999, ils sont utilisés dans l'usinage du métal, les peintures, mastics et adhésifs et pour ignifuger les textiles et les caoutchoucs.

##### ☛ Les chlorophénols

Il s'agit de phénols chlorés avec un nombre variable d'atomes de chlore.

Ils sont principalement utilisés dans les industries du traitement du bois et du papier et servent à fabriquer des pesticides, détergents, colorants et des médicaments.

Plusieurs chlorophénols sont des biocides persistants.

Quelques exemples : le PCP (pentachlorophénol), le 2,4-DCP (dichlorophénol), et 2,4,6 TCP (trichlorophenol) toxiques pour les organismes aquatiques. Il a également des effets sur l'homme, constatés lors d'intoxication accidentelles.

La valeur limite de trichlorophenol est 0.2 Mg/l (WHO,2011).

##### ☛ Les chloroanilines

Ces composés aromatiques chlorés, dérivés de l'aniline, sont utilisés principalement dans la fabrication d'herbicides (diuron, linuron), de colorants, et du caoutchouc synthétique. Ils peuvent être présents dans l'eau en tant que produits de dégradation biologique d'autres molécules (exemple : chloronitrobenzène). Ils sont très toxiques pour les organismes aquatiques et toxiques pour l'homme (atteintes respiratoires, méthémoglobinémie).

#### ➔ Détergents et plastifiants

##### ☛ Les alkylphénols

Les alkylphénols sont des surfactants anioniques encore fréquemment utilisés comme détergents industriels et agents de mouillage. Parmi eux, les plus fréquents sont les octylphénols et les dérivés éthoxylés du nonylphénol, imparfaitement retenus par les systèmes de traitement des eaux usées (MEDDDE, 2005). Certaines de ces molécules sont susceptibles de perturber le système endocrinien, en particulier en mimant l'action des œstrogènes.

#### ☛ Les phtalates

Ces substances entrent dans la composition des matières plastiques, des fluides diélectriques et des insecticides. Ils sont très employés comme plastifiants dans la production d'objets en PVC souple. Le plus utilisé reste le DEHP (di(2-éthylhexyl) phtalate), du fait de son très bon rapport qualité-prix, même si la place qu'il occupe sur le marché est en diminution.

Peu soluble, il semble représenter un faible risque de toxicité directe pour l'écosystème aquatique, néanmoins des effets perturbateurs ont été observés sur des poissons et le DEHP est connu comme perturbateur endocrinien (effets oestrogènes) et suspecté de cancérogénicité.

Son usage est interdit dans les industries des jouets pour enfant et des cosmétiques ; il fait actuellement l'objet d'une évaluation dans les plastiques alimentaires.

#### ☛ Le biphénol A

Composé chimique synthétique issu de la réaction entre le phénol et l'acétone, il entre dans la composition des récipients en polycarbonates (ex. biberons, bonbonnes d'eau) et autres plastiques (plastifiant assurant leur souplesse). Migrant assez facilement dans l'eau, c'est une substance considérée comme préoccupante, car elle pourrait notamment avoir des effets de perturbation endocrinienne tant sur la faune aquatique que sur l'homme.

#### ☛ MTBE (Méthyl-Ter-Butyl Ether)

Ces composés ajoutés aux carburants visent à améliorer les performances des moteurs par une meilleure combustion. Le MTBE, qui a remplacé le plomb tétraéthyle, améliore l'indice d'octane des supercarburants qui peuvent en contenir jusqu'à 13,6 % en masse. À cause de sa grande volatilité, le MTBE libéré dans l'environnement se retrouve sous forme de gaz dans l'atmosphère.

Les eaux de surface peuvent être contaminées par des déversements d'essence ; Cependant, en raison de la grande volatilité du MTBE, l'évaporation est en grande partie responsable. Les déversements et les fuites dans les réservoirs de stockage peuvent causer plus de graves problèmes dans les eaux souterraines (WHO, 2011).

Des effets ont été constatés sur l'animal (atteintes aux systèmes nerveux, respiratoire et digestif de la souris) ; les effets sur l'homme sont mal connus.

#### ➔ Les pesticides

Les pesticides sont des substances chimiques, minérales ou organiques de synthèse, également appelées « phytosanitaires », ou plus récemment « phytopharmaceutiques », par les fabricants et utilisateurs, destinées à lutter contre les parasites animaux et végétaux des cultures.

Compte tenu de leur très grand nombre, seules quelques familles ont pu être étudiées dans le guide de l'AESN : celles reconnues comme étant à ce jour les plus toxiques ou persistantes dans l'environnement.

Les pesticides peuvent être classés en grandes familles chimiques : organochlorés, phosphorés, azotés, substances minérales... ou par famille d'usages (herbicides, fongicides, insecticides, molluscicides, acaricides...).

La toxicité dépend du mode de pénétration dans l'organisme. Des études épidémiologiques ont mis en évidence des liens entre l'exposition à certains pesticides et des effets retardés tels que cancer (leucémie, gliome), effets immunitaires, neurologiques ou troubles de la reproduction, ainsi que des réactions allergiques (ORTELLI, D et AL,2010).

Plusieurs études ont été ou sont lancées, les concernant. Actuellement, plus d'une centaine de substances réévaluées ont été interdites.

#### ➔ **Les biocides, dont les désinfectants et conservateurs**

Au-delà des pesticides, les biocides sont utilisés contre les vecteurs d'infections parasitaires (vers, protozoaires) ou microbiologiques (champignons, bactéries et virus).

Le formol, les parabènes, les produits bromés, la chlorhexidine, le glutaraldéhyde sont quelques exemples de produits utilisés pour la désinfection ou la conservation. Certains pesticides et solvants chlorés ont aussi des usages biocides.

A long terme, ils ne sont pas aussi inoffensifs que leur usage dans des produits de consommation courante (denrées alimentaires, cosmétiques...) peut le laisser penser. Il existe par exemple une forte suspicion de cancérogénicité pour le formol, d'allergies ou d'effets perturbateurs endocriniens pour de nombreux biocides... Un effort d'évaluation des effets sur la santé est en cours, en application de la directive « Biocides » (98/8/CE).

#### ➔ **Les produits pharmaceutiques (MATEE,2012)**

Ces composés synthétiques d'usage très répandu ont été créés pour avoir un effet thérapeutique. 4 000 matières actives pharmaceutiques sont autorisées en Europe pour l'homme ou l'animal.

Les principales « familles » selon leur effet thérapeutique, sont les antalgiques, les anti-inflammatoires, les psychotropes, les bêtabloquants, les hypolipidémies, les antibiotiques, les diurétiques, les antiépileptiques, les antiparasitaires et les antifongiques (liste non exhaustive).

Ces produits ou leurs métabolites se retrouvent à l'état de traces (dizaine nanogrammes (ng) par litre) dans les cours d'eau car ils sont imparfaitement retenus par les systèmes d'assainissement.

De telles concentrations ne sont pas à même de créer des effets de toxicité aiguë ; d'éventuels effets à long terme, en cas de synergie notamment, sur les écosystèmes et la santé restent encore à évaluer, mais paraissent peu probables aux très faibles concentrations retrouvées dans les eaux naturelles, sauf peut-être pour les hormones et certains anticancéreux très toxiques.

En Résumé, et suivant ces caractéristiques de la pollution des eaux résiduaires, qui peuvent se regrouper dans Les trois critères fondamentaux :

- **Nature** : organique ou minérale
- **Taille et forme** : soluble, colloïdale, particulaire, en suspension
- **Type** : carboné, azoté, phosphoré, ou autres (métaux lourds, médicaments)

## 4.5 Critères de sélection retenus et leur application

Les raisons pour lesquelles les critères de sélection permettant de quantifier la pollution au niveau des industriels déversés au milieu naturel ou vers le réseau d'assainissement, et par conséquent de dimensionner les stations d'épuration sont prioritaires sur les critères pouvant être appliqués aux prétraitements. En effet, même après l'installation de prétraitements performants, les stations d'épuration devront encore traiter 90% à 95%, c'est-à-dire presque la totalité de la DBO<sub>5</sub>, paramètre servant à quantifier la pollution biodégradable. Ce paramètre représentant la pollution carbonée est le plus utilisé mais il n'est en aucun cas limitatif.

L'impact particulier de la **composition des effluents** {particulaire (insoluble) ou dissous (soluble) et organique ou minéral} a été retenu comme support pour définir ces critères destinés à appréhender la filière de prétraitement mieux adaptée et la plus proche de celle qui pourra être déterminée d'une manière plus classique, au cours prochaine chapitre (LOUATI, 2015).

Il est utile de rappeler que seuls quelques industriels devraient être équipés de prétraitements, dont nous n'avons pas la garantie qu'ils seront mieux entretenus que certains équipements actuels. Les futures stations d'épuration industrielles publiques, gérées par un exploitant qualifié, resteront le seul rempart qui protégera l'Oued Seybouse des pollutions industrielles. Ce qui confirme la nécessité de considérer les critères de définition des stations d'épuration comme prioritaires sur les critères servant à définir les prétraitements.

La majeure partie des effluents liquides sont traités par voie biologique, les bactéries refermant le cycle de la vie. Les critères de sélection principaux seront par conséquent basés sur les différents niveaux de biodégradabilité des Eaux Résiduaires et en cas de biodégradabilité difficile ou impossible, les toxiques ou facteurs d'inhibition responsables seront pris en compte et éliminés dans des unités de traitement prévues pour chaque industriel concerné ou éventuellement plusieurs industriels, mais à condition que ces installations partagées soient exploitées et conduite par le gestionnaire des stations d'épuration industrielles, même si cela s'effectue dans le cadre d'un contrat privé souscrit par un groupement créé officiellement par les entreprises concernées, de type GIE par exemple (Groupement d'Intérêt Economique).

### 4.5.1 Les multiples critères utilisés servent à qualifier les types de pollution.

Qualifier c'est déterminer une qualité ou un critère, bon ou mauvais, qui permette d'intégrer l'objet ou l'idée qui est alors qualifiée dans un classement par type. Il est donc impossible de connaître le type avant d'avoir effectuée cette qualification. Par contre, après, le type étant lié à la qualification qui a permis de l'établir (MATEE, 2012).

Les industriels peuvent choisir parmi trois modes d'épuration pour leurs effluents aqueux (H. Djalal & al, 2008) :

- Le rejet en milieu naturel après traitement par une station d'épuration autonome (interne au site industriel)
- Le rejet, après généralement un prétraitement sur le site industriel, en réseau d'assainissement aboutissant à une station d'épuration collective industrielle ou bien le plus fréquemment urbaine avant rejet en milieu naturel ;
- L'épandage des effluents liquides sur les sols agricoles.

Les différents industriels sont répertoriés suivant les normes de classement NAA et ICPE. L'approche est menée en fonction des branches d'activité. De ce fait peuvent apparaître des

branches d'activité de l'industrie chimique. Elles figureront en tant que tel dans la base de données et certains tableaux qui en sont extraits.

Par contre le critère "Pollution chimique" n'a pas été retenu, car tous les composés ont un caractère chimique qu'ils soient rattachés à la chimie inorganique (généralement minérale) ou à la chimie organique et qu'ils soient à l'état solide, liquide ou gazeux. Ceci se retrouve dans l'épuration biologique ou la DBO<sub>5</sub> quantifie la Demande biochimique en Oxygène à 5 j et à 20°C. Les organismes vivants, pour se développer et se reproduire, sont l'objet d'une multitude de réactions chimiques souvent très complexes. La caractérisation en principe ne porte pas sur le critère chimique mais sur les critères d'inhibition ou de toxicité pouvant représenter une menace pour le fonctionnement des stations d'épuration ou le milieu récepteur et les écosystèmes

Par ailleurs, les critères relatifs à la caractérisation de l'eau et utilisés pour celle des prétraitements et qui se finit vers le milieu naturel ou vers une STEP industrielle sont basés sur :

- **Nature** : organique ou minérale
- **Taille et forme** : soluble, colloïdale (limite entre soluble et insoluble), en suspension (insoluble)

La composition des eaux usées ressort rarement d'un mono-état. On constate des états mixtes qui peuvent être mentionnés dans les différents documents. Le terme mixte signifie : qui est formé d'éléments de nature différente. Par exemple les Eaux Usées Domestiques contiennent des matières fécales organiques non dissoutes, des urines dissoutes véhiculant des sels minéraux également dissous alors que le lavage de légumes est la cause d'une pollution par des particules minérales et organiques.

Ceci forme un mélange mixte de :

- DCO et DBO<sub>5</sub> organiques dissous
- DCO et DBO<sub>5</sub> organiques non dissous : MVS
- Composés minéraux dissous
- Composés minéraux non dissous : MES - MVS

Ce mélange mixte n'est pas réhhibitoire à épurer car les Eaux Usées Domestiques sont généralement parfaitement biodégradables.

Le tableau ci-dessous, représente les différents types de pollution selon la nature des effluents (Biodégradable et non biodégradable, toxique et...Ets), pour La présélection des unités industrielles potentiellement polluantes et leur impact de la pollution sur le milieu récepteur (station d'épuration ou milieu naturel).

**Tableau 23** : Critères de sélection des types de pollution (STEP, milieu naturel)

<b>Critère n° 1 : Type de pollution</b>	<b>Abréviation du Type pollution</b>
<b>Cas 1-1 : Effluents normalement biodégradables</b>	<b>BIO</b>
Eaux Usées Domestiques exemptes de toxiques et à équilibre nutritionnel	EUD Std
Eaux Résiduaires Industrielles exemptes de toxiques et à équilibre nutritionnel approximatif.	ERI Bio Std
Eaux Résiduaires Industrielles exemptes de toxiques mais à déséquilibre nutritionnel.	ERI Bio Pb(N,P)
Eaux Résiduaires Industrielles avec présence de toxiques et/ou d'inhibiteurs dont l'inhibition peut être levée ou atténuée pour rendre l'effluent biodégradable.	ERI Bio Tox
<b>Cas 1-2 : Effluents non biodégradables</b>	<b>Non BIO</b>
Eaux Résiduaires Industrielles avec présence de toxiques* dont l'inhibition est stable.	ERI non Bio Tox
Eaux Résiduaires Industrielles non biodégradables (ratio DCO / DBO <sub>5</sub> > 3)	ERI non Bio DCO
Eaux Résiduaires Industrielles non biodégradables (MES minérales).	ERI non Bio Min
<b>Cas particuliers du cas 1-2 : *Toxiques ou facteurs d'inhibition</b>	
<b>Micropolluants et substances dangereuses :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Micropolluants minéraux : métaux, métalloïdes et organométalliques</li> <li>✓ Micropolluants organiques : hydrocarbures, pesticides, etc...</li> <li>✓ Produits pharmaceutiques</li> </ul> <b>Autres facteurs d'inhibition :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ pH</li> <li>✓ Température</li> <li>✓ Chlorures</li> <li>✓ Oxygène (déficit pour des boues activée ; RedOx ≤ - 250 mV)</li> <li>✓ Concentration en NH<sub>4</sub><sup>+</sup></li> <li>✓ Concentration en NO<sub>3</sub><sup>-</sup></li> <li>✓ Autres</li> </ul>	pH T°C Cl <sup>-</sup> RedOx > NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> > NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> AUTRE

Les critères de sélection des types de pollution en traitement des eaux usées sont orientés vers les bonnes conditions de fonctionnement de la station de traitement biologique, seul procédé généralement utilisé en collectivité urbaine et (ou industrielle) pour garantir un rejet au milieu récepteur conforme aux normes. A part quelques procédés généralement onéreux et réservés à certains traitements particuliers, les autres procédés permettent d'assurer le prétraitement ou le traitement préalable des effluents sans pouvoir obtenir le respect des normes, hors cas particuliers d'effluents très dilués.

Les critères de sélection des types de pollution en prétraitement, avant raccordement à une station de traitement, sont orientés vers la protection du réseau d'assainissement et de son personnel d'exploitation et la protection de la station d'épuration ou la protection du milieu naturel (c'est le l'effluent prétraité rejette directement vers le milieu naturel).

**Tableau 24** : Critères de sélection des types de pollution en prétraitement (MATEE,2012)

Tableau de correspondance de la Composition et des Types de pollution			Abréviation du Type pollution
Non soluble	Soluble	Indicateur	
Minérale	Pas de pollution soluble	MES	ERI non Bio Min
	Minérale	MES	ERI non Bio Min
	Minérale et Organique	MES, DCO, DBO <sub>5</sub>	ERI Bio Pb(N,P)
	Minérale et Organique Toxique	MES, DCO, HC Métaux lourds	ERI non Bio Tox
Minéral et Organique	Pas de pollution soluble	MES, DCO, HC	ERI non Bio DCO
	Minérale	MES, DCO, HC	ERI non Bio DCO
	Minérale et Organique Toxique	MES, DCO, HC	ERI non Bio DCO
	Organique	MES, DCO, DBO <sub>5</sub>	ERI non Bio Tox
Organique	Minéral et Organique	MES, DCO, DBO <sub>5</sub> SEH	ERI Bio Pb(N,P)
	Organique	MES, DCO, DBO <sub>5</sub> SEH	ERI Bio Pb(N,P)
Pas de pollution non soluble	Minéral et Organique	DCO, DBO <sub>5</sub>	ERI Bio Pb(N,P)
	Organique	DCO, DBO <sub>5</sub>	ERI Bio Pb(N,P)
<b>Composés Toxiques ou Facteurs d'inhibition les 4 paramètres les plus courants en excès pour prédéterminer une pollution</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Matière grasse,</li> <li>▪ Huiles (hydrocarbure),</li> <li>▪ Matière en suspension (MES),</li> <li>▪ DCO</li> </ul>			Confère les seuils définis ci-avant.

#### 4.5.2 Seuils de rejets des effluents industriels

Lorsque les campagnes de mesure auront été effectuées, au cours des chapitres suivantes, il sera possible de comparer les valeurs mesurées avec les seuils de rejet autorisé. En attendant les sélections seront effectuées sur la base des critères énumérés ci-dessus. Les « petits pollueurs » en charges polluantes ne doivent pas faire l'objet de mesures puisqu'il n'est pas prévu de les doter de prétraitements. Il reste à définir cette notion de « petit pollueur » rejetant de faibles charges de pollution non toxiques.

Faute d'avoir trouvé des éléments d'appréciation dans la législation algérienne à propos de ces seuils de rejets d'effluents, il est proposé de baser cette approche sur une notion qui existe dans les autres législations parmi les quelles, la législation de l'union européenne. En effet l'Arrêté du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation stipule (JORF,1998) :

Art. 21. - I. - Les valeurs limites d'émissions sont fixées dans l'arrêté d'autorisation sur la base de l'emploi des meilleures technologies disponibles à un coût économique acceptable et des caractéristiques particulières de l'environnement. Des valeurs limites sont fixées pour le débit des effluents, pour les flux (flux par unité de temps et, le cas échéant, flux spécifique) et pour les concentrations des polluants principaux conformément aux dispositions du présent arrêté. Pour la

détermination des flux, les émissions canalisées et les émissions diffuses sont prises en compte (MATEE, 2012).

#### 4.5.2.1 Cas de raccordement à une station d'épuration

Selon le Décret exécutif n° 09-209 du 11 juin 2009, Le raccordement d'un réseau industriel à une station d'épuration collective, urbaine ou industrielle, n'est envisageable que dans le cas où l'infrastructure collective d'assainissement (réseau et station d'épuration) est apte à acheminer et traiter l'effluent industriel dans de bonnes conditions.

L'étude d'impact comporte un volet spécifique relatif au raccordement. Ce volet atteste de l'aptitude précitée, détermine les caractéristiques des effluents qui peuvent être admis sur le réseau et précise la nature ainsi que le dimensionnement des ouvrages de prétraitement prévus, le cas échéant, pour réduire la pollution à la source et minimiser les flux de pollution et les débits raccordés. Les incidences du raccordement sur le fonctionnement de la station, la qualité des boues, et, s'il y a lieu, leur valorisation, sont en particulier étudiées au regard de la présence éventuelle de micropolluants minéraux ou organiques dans les effluents (F. CHEVALIER, 2009).

Lorsque le flux maximal apporté par l'effluent est susceptible de dépasser 15 kg/j de MEST (160 EH) ou 15 kg/j de DBO<sub>5</sub> (250 EH) ou 45 kg/j de DCO (330 EH), (soit  $\approx 20$  à  $25 \text{ m}^3/\text{j}$ ) les valeurs limites de concentration imposées à l'effluent à la sortie de l'installation avant raccordement à une station d'épuration urbaine ne dépassent pas :

- MEST : 600 mg/l ;
- DBO<sub>5</sub> : 800 mg/l ;
- DCO : 2 000 mg/l ;
- Azote global (exprimé en N) : 150 mg/l ;
- Phosphore total (exprimé en P) : 50 mg/l.
- *Graisses (non réglementée par l'arrêté. Vu au cas par cas)  $\approx 250 \text{ mg/l}$  (150 à 300 mg/l) .*

Toutefois, l'arrêté d'autorisation peut prescrire des valeurs limites en concentration supérieures si l'étude d'impact démontre, à partir d'une argumentation de nature technique et, le cas échéant, économique, que de telles dispositions peuvent être retenues sans qu'il en résulte pour autant des garanties moindres vis-à-vis des impératifs de bon fonctionnement de la station d'épuration urbaine et de protection de l'environnement.

Pour les polluants autres que ceux réglementés ci-dessus, les valeurs limites sont les mêmes que pour un rejet dans le milieu naturel.

Les seuils ainsi définis sont calés sur les concentrations exprimés par la législation algérienne en faisant référence au seuil de l'arrêté de 2 février 1998 (JORF.1998), dont les valeurs correspondent à des conditions où les bilans sont réalisables et au décret exécutif n° 09-209 du 11 juin 2009.

**Tableau 25** : seuils minimaux de sélection (absence de toxiques)

Paramètres	Décret Exécutif N° 09-209 Du 11 juin 2009 (ALGERIE)	Seuils de sélection		Base de l'arrête du 2 Février 1998 lors bilan 24 h (France)
		"peu polluants" (ERI INFERIEUR)	"très polluants" (ERI SUPERIER)	
Débit journalier		< 10 m <sup>3</sup> /j	≥ 10 m <sup>3</sup> /j	≈22,5 m <sup>3</sup> /j
DCO	1000 mg/l	< 10 kg/j	≥ 10 kg/j	45 kg/j (2000 mg/l)
DBO <sub>5</sub>	500 mg/l	< 5 kg/j	≥ 5 kg/j	15 kg/j (800 mg/l)
MES	600 mg/l	< 6 kg/j	≥ 6 kg/j	15 kg/j (600 mg/l)
NTK	150 mg/l	< 1,5 kg/j	≥ 1,5 kg/j	≈4 kg/j (150 mg/l)
P	50 mg/l	< 0,5 kg/j	≥ 0,5 kg/j	≈1,25 kg/j (50 mg/l)
MEH (estimé)	≈250 mg/l	< 2,5 kg/j	≥ 2,5kg/j	3,5 à 7 kg/j (250 mg/l)
Hydrocarbures totaux	10 mg/l	< 0,1 kg/j	≥ 0,1 kg/j	

#### 4.5.3 Quantification et qualification de la pollution

Les démarches de qualification et de quantification sommaire de la pollution se déroulent en deux temps :

- **Qualification** : les paramètres de pollution sont identifiables de plusieurs manières
  - Paramètres de pollution connus liés à la branche d'activité.
  - Renseignements fournis par l'interlocuteur lors de l'enquête,
  - Paramètres de pollution visualisés dans l'effluent,
  - Appréciation de l'expert par comparaison à des paramètres de pollution rencontré dans d'autres unités travaillant dans la même branche d'activité.
- **Quantification** : les visites effectuées lors des prés enquêtes industriels n'incluent pas de campagne de mesure. Les charges polluantes sont alors quantifiées à dire d'expert en fonction des aspects et quantités rencontrés dans la phase de qualification. Les valeurs estimées sont sécurisées par les coefficients de sécurité appliqués aux seuils évoqués ci-dessus.
  - Les pollutions quantifiées sont exprimées à l'aide de 4 principaux paramètres pour avoir idée plus précise possible des facteurs de pollution à risque devant être prétraités, traités ou classée comme unité potentiellement polluante.
  - Certaines estimations ont été confortées par des données extraites de documents comme les BREF ou diverses études où figurent les coefficients spécifiques de pollution de branches d'activités similaires. Dans certains cas ces valeurs ont dû être ajustées pour tenir compte des pratiques de production en Algérie. Par exemple l'absence de cuve de récupération du sang dans les abattoirs oblige à compter 1 tonne de DCO supplémentaire pour 4 m<sup>3</sup> de sang, soit 250 000 mg/l. A noter qu'une tonne de DCO en abattoirs représentent environ 8000 à 10000 EH.

Le respect du Décret exécutif n° 09-209 du 17 Jomada Ethania 1430 correspondant au 11 juin 2009 fixant les modalités d'octroi de l'autorisation de déversement des eaux usées autres que

domestiques dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration (JORA,2009) conduirait à équiper chaque industriel d'une station d'épuration ou au moins d'un traitement physico-chimique pour respecter des normes de rejet du niveau d'une Eau Usée Domestique.

Les seuils et leur correspondance avec les types d'Eaux Résiduaires Industrielles sont regroupés ci-après (MATEE, 2012) :

- ✓ **ERI\*** **INFRIEUR AUX SEUILS** : signifie que les flux de pollution estimés sont normalement inférieurs aux seuils de sélections pour l'ensemble des paramètres, par conséquent aucune mesure n'est prévue, mais les effluents seront dirigés vers une station d'épuration pour préserver l'Oued Seybouse.
  - Q < 10 m<sup>3</sup>/j
  - MEH < 2,5 kg/j
  - Hydrocarbures totaux < 0,1 kg/j
  - MES < 6 kg/j
  - DCO < 10 kg/j
  
- ✓ **ERI SUPERIEUR AUX SEUILS** : signifie que les flux de pollution estimés sont supérieurs aux seuils de sélections pour un ou plusieurs des paramètres, par conséquent des mesures sont prévues.
  - Q ≥ 10 m<sup>3</sup>/j
  - MEH ≥ 2,5 kg/j
  - Hydrocarbures totaux ≥ 0,1 kg/j
  - MES ≥ 6 kg/j
  - DCO ≥ 10 kg/j
  
- ✓ **ERI A VERIFIER** : signifie qu'il a été difficile, d'estimer les caractéristiques des flux de pollution. Néanmoins d'après l'activité de l'établissement, un risque de pollution supérieur aux seuils reste possible. Il est donc prévu d'effectuer une visite d'enquête détaillée dans cet établissement. Selon les conclusions de cette dernière, il sera proposé au maître d'ouvrage de réaliser éventuellement une campagne de mesures.
  
- ✓ **EUD\*\*** : Eaux usées domestiques. Les caractéristiques de ces eaux sont connues et leur traitement pourra être effectué sans qu'il soit besoin de réaliser des campagnes de mesures. Seul le nombre d'Equivalents Habitants sera à déterminer pour calculer les flux hydrauliques et les flux de pollution organiques.

(\*) ERI, eaux résiduaires industrielles

(\*\*) EUD, eaux usées domestiques.

**CHAPITRE 5 :**  
**INVESTIGATIONS INDUSTRIELLES**  
**ET L'IDENTIFICATION DES**  
**ETABLISSEMENTS INDUSTRIELS**

## 5. Investigations industrielles et l'identification des établissements industriels

### 5.1. Méthodologie

L'investigation industrielle a pour objectif de recenser l'ensemble des établissements industriels du bassin versant. Une base de données a été créée afin de permettre d'étudier le risque polluant potentiel de chaque établissement et de déterminer, à l'aide de critères de sélection, s'il est à classer parmi les établissements les plus polluants devant être équipés de prétraitement avant leur futur branchement à un réseau raccordé sur une station d'épuration, ou bien avant le déversement au milieu récepteur.

En deuxième phase, après la présélection des établissements, On effectuera des enquêtes industrielles détaillées pour les unités présélectionnées polluantes ou peu polluantes, afin de définir celles-ci nécessitant des bilans et mesures.

Pour cette raison, et afin de gérer et enrichir cette base de données en fonction de nos enquêtes, la répartition des unités industrielles ainsi que la géo référencier des établissements par rapport un fond de carte (Carte topographique, image satellitaire ou restituions numérique), une base de données à été créé à travers un système d'information géographique simple à savoir le SIG - Map Info :

La création de cette base nécessite plusieurs étapes :

- ✓ Création de la structure de base,
- ✓ Définition de la zone d'étude à la base du fond de carte géo référencier ;
- ✓ Implantations et indentification des établissements (informations de l'enquête sur terrain) ;
- ✓ Indentification des établissements à risque avéré, suivant plusieurs types de risques ;
- ✓ Indentification des établissements à risque potentiel ;
- ✓ Appréciation sommaire de la pollution et comparaison avec les seuils.

## 5.2. Structure de la base de données :

A la base du système d'information géographique – SIG (annexe 5), et vu à son efficacité et simplicité, une base de données a été créée, intégrée dans le système comportant les champs nécessaires s'adaptant avec nos objectifs (MATEE, 2012) :

### Repère dans la base de données

- **ID** : Numéro d'identifiant de l'établissement au sein de la base de données,

### Signalement de l'établissement

- **Raison sociale** : Raison sociale de l'établissement (nom) ;
- **Wilaya** : Localisation de base de l'établissement ;
- **Commune** : Localisation plus fine de l'établissement ;
- **Lieu** : Précise le nom de la ZA ou de la ZI où est localisé l'établissement ;
- **Activité du site** : description détaillée de l'activité de l'établissement ;

### Classification de l'activité de l'établissement suivant la nomenclature NAA2000

- Code de l'activité de l'établissement : secteur et branche ;
- Intitulé de l'activité correspondant au secteur ;
- Intitulé de l'activité correspondant à la branche ;

### Classification de l'activité de l'établissement suivant la nomenclature ICPE

- Codes des activités de l'établissement : secteur et branche,
- Intitulé de l'activité correspondant au secteur,
- Intitulé de l'activité correspondant à la branche,

### Situation actuelle

- **Situation** : En activité, à l'arrêt ou en cours de construction

### Polluants générés et critères de sélection

- Origine des principaux effluents polluants liés à la branche d'activité
- Caractéristiques principales des rejets
- Abréviations du type de pollution : Biodégradabilité de la pollution
- Seuil de pollution : ERI supérieur, ERI inférieur ou ERI à Vérifier.

### Données complémentaires sur l'établissement

- Coordonnées ;
- Production (Volume ou Tonnage) ;
- Matières premières (type) ;
- Consommation en eau estimée (AEP + forages) ;

- Effectif : nombre d'employés ;
- Surface couverte en m<sup>2</sup> ou bien, en hectares.

La création de la structure de cette base de données, destinée au classement des différentes industries référencées dans le périmètre de l'étude, implique d'estimer les rejets potentiels de chacun en fonction :

- ✓ Des secteurs et surtout branches d'activité définis grâce à la nomenclature algérienne des activités (NAA2000),
- ✓ Des secteurs d'activités et branches recoupés grâce à la nomenclature des Installations Classés pour la Protection de l'Environnement (ICPE),
- ✓ De l'activité constatée lors de la visite sur site,
- ✓ De la consommation en eau (AEP + Forage) estimée ou mieux fournie, qui sera ultérieurement vérifiée et corroborée avec les déclarations de l'industriel ;
- ✓ Il serait sans doute utile d'envisager le remplacement de quelques compteurs pour que l'entreprise puisse mieux appréhender les débits journaliers réels.

Pour compléter la base de données de la manière la plus représentative possible, les éléments de réflexion précédents ont été complétés par les approches suivantes :

- ✓ Coefficients spécifiques de pollution (s'ils existent des données bibliographiques)
- ✓ Recherche des réseaux sur site et des rejets à analyser sous l'aspect olfactif et visuel. Même imparfaite, il s'agit d'une approche souvent probante.
- ✓ Identification des produits chimiques utilisés (fiche technique de matières premières, classification des produits complémentaires en bidon et en fûts.

Le logigramme suivant permet d'expliquer la méthodologie (démarches à suivre) du terrain afin d'obtenir les informations nécessaires au remplissage de la base de données.

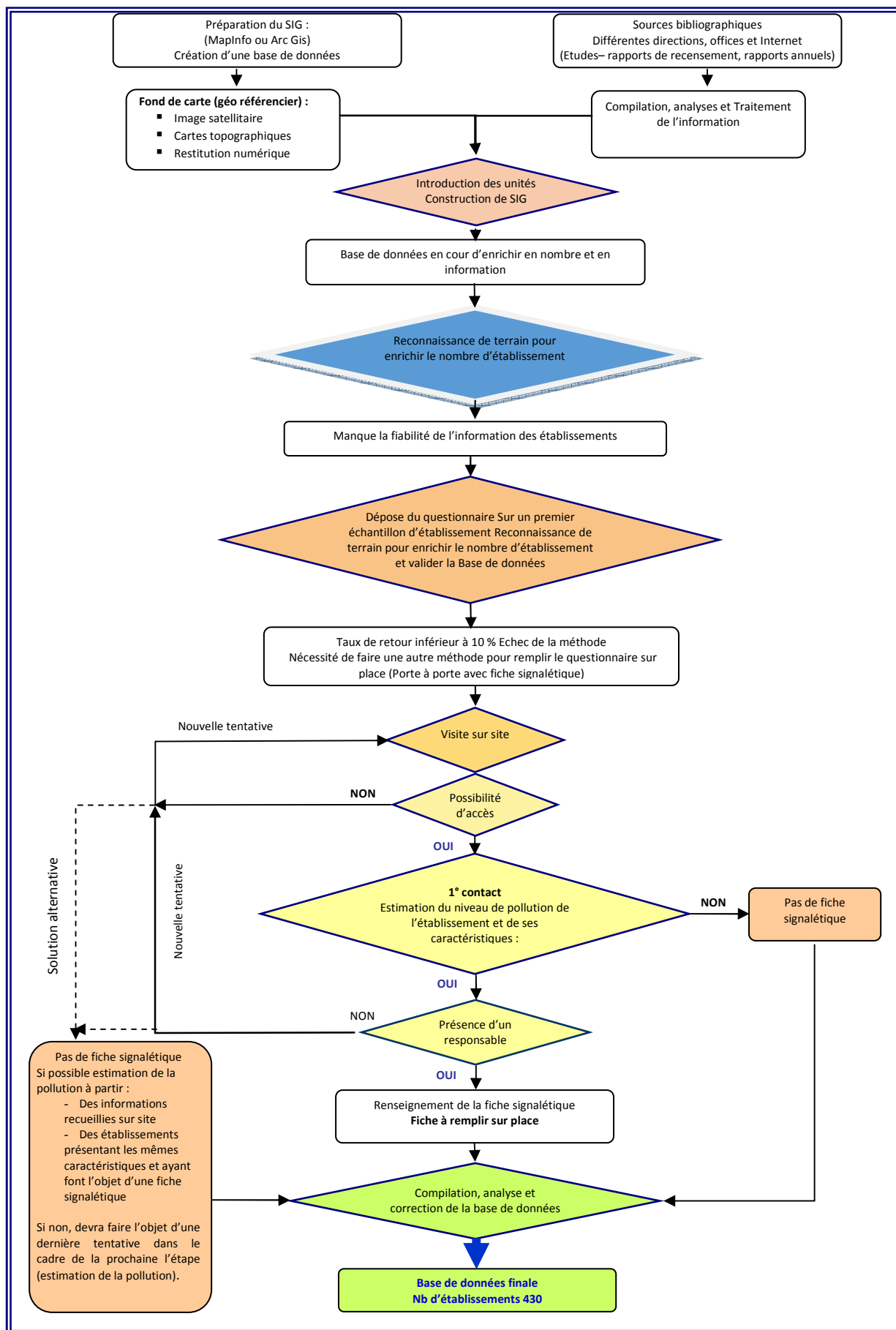


Figure 37 : logigramme de la méthodologie (MATEE, 2012 ; modifié en 2020)

### 5.3. Définition de la zone d'étude

La zone d'études recouvre toutes les zones industrielles, zones d'activité commerciales et les unités éparses d'un tissu industriel, commercial ou agricole, implantées sur toute l'échelle du bassin versant d'Oued Seybouse ;

La zone d'étude s'étend essentiellement sur 3 wilayas : Annaba, El-taraf, Guelma et certaines unités dans le Sud-Ouest de la wilaya de Souk Ahras (zone de Sedratta), dont l'ensemble des établissements industriels se trouvent dans la moyenne et la basse d'Oued Seybouse.

Elle touche aussi les wilayas de Constantine, Skikda et Oum-El-Bouaghi situées en amont du bassin versant de la Seybouse, mais la haute seybouse étant dénuée d'industries, comme indiqué par les différents organismes, ce secteur ne génère pas de pollution industrielle.

En particulier, en ce qui concerne la wilaya de Skikda, le périmètre de l'étude se situe sur les communes de Bakkouche Lakhdar et Ouled Hbaba secteur qui est exclusivement à vocation agricole des vérifications ont été effectuées et ont montrées qu'aucune industrie n'était à recenser sur cette zone.

Pour la wilaya de Constantine, la zone d'étude concernée par l'étude se situe dans les communes de Ben Badais et Ain Abid dont, les seules installations classées se limitent aux stations de service et quelques zones d'exploitation d'agrégats pour la construction.

Quant à la wilaya d'Oum El Bouaghi les seules installations classées et appartient à la zone d'étude celles des stations de lavage et décharges anarchiques.

Le recensement initial des industries a été effectué au niveau de wilayas concernées. Dans ce contexte, différents documents furent fournis par les différentes directions de l'environnement. Ils ne font ressortir la présence d'aucune industrie, mis à part à Souk Ahras, dans la zone de Sedratta dont, une unité polluante a été détectée et recensée : en cours de réhabilitation et équipé d'une station de prétraitement.

Le bassin versant d'Oued Seybouse est constitué de 07 wilayas et 68 communes, dont 30 communes entièrement incluses dans le Bassin versant et 38 autres sont partiellement touchées par le bassin versant.

La répartition des communes et des wilayas faisant le bassin versant et touchées par cette étude sont regroupées dans le tableau suivant, et limitées sur la figure ci-dessous.

**Tableau 26:** Wilayas et communes du bassin versant d'Oued Seybouse

Commune	Wilaya	Commune	Wilaya
EL HADJAR	ANNABA	GUELMA	GUELMA
EL BOUNI		NECHMEYA	
CHEURFA		OUED ZENATI	
AIN BERDA		TAMLOUKA	
SIDI AMAR		OUED FRAGHA	
DREAN	EL-TARF	AIN SANDEL	
CHIHANI		RAS EL AGBA	
CHEBAITA MOKHTAR		DAHOUARA	
BESBES		BELKHEIR	
ECHATT		BENDJERRAH	
SEDRATA	SOUK-AHRAS	BOUHAMDANE	
HANENCHA		AIN MAKHLOUF	
MECHROHA		AIN BEN BEIDA	
TIFFECH		KHEZARAS	
BIR BOUHOUCHE		BENI MEZZLINE	
M'DAOUROUCHE		BOUHACHANA	
OUM EL ADHAIM		HAMMAM DEBAGH	
AIN SOLTANE		EL FEDJOU DJ	
SAFEL EL OUIDENE		BORDJ SABAT	
RAGOUBA		HAMMAM N'BAILS	
KHEMISSA		AIN LARBI	
TERRAGUELT		MEDJEZ AMAR	
ZOUABI		BOUCHEGOUF	
OULED HABEBA		SKIKDA	
OUM EL BOUAGHI	OUM EL BOUAGHI	AIN HASSAINIA	
EL AMIRIA		ROKNIA	
AIN BABOUCHE		SELLAOUA ANNOUNA	
BERRICHE		MEDJEZ SFA	
AIN DISS		BOUMAHRA AHMED	
EL ZORG		AIN REGADA	
KSAR SBAHI		OUED CHEHAM	
AIN FAKROUN		DJEBBALLAH KHEMISSA	

La figure ci-dessous montre les limites de notre zone d'étude à l'échelle du bassin versant et par wilaya ainsi que les différentes communes de chaque wilaya.

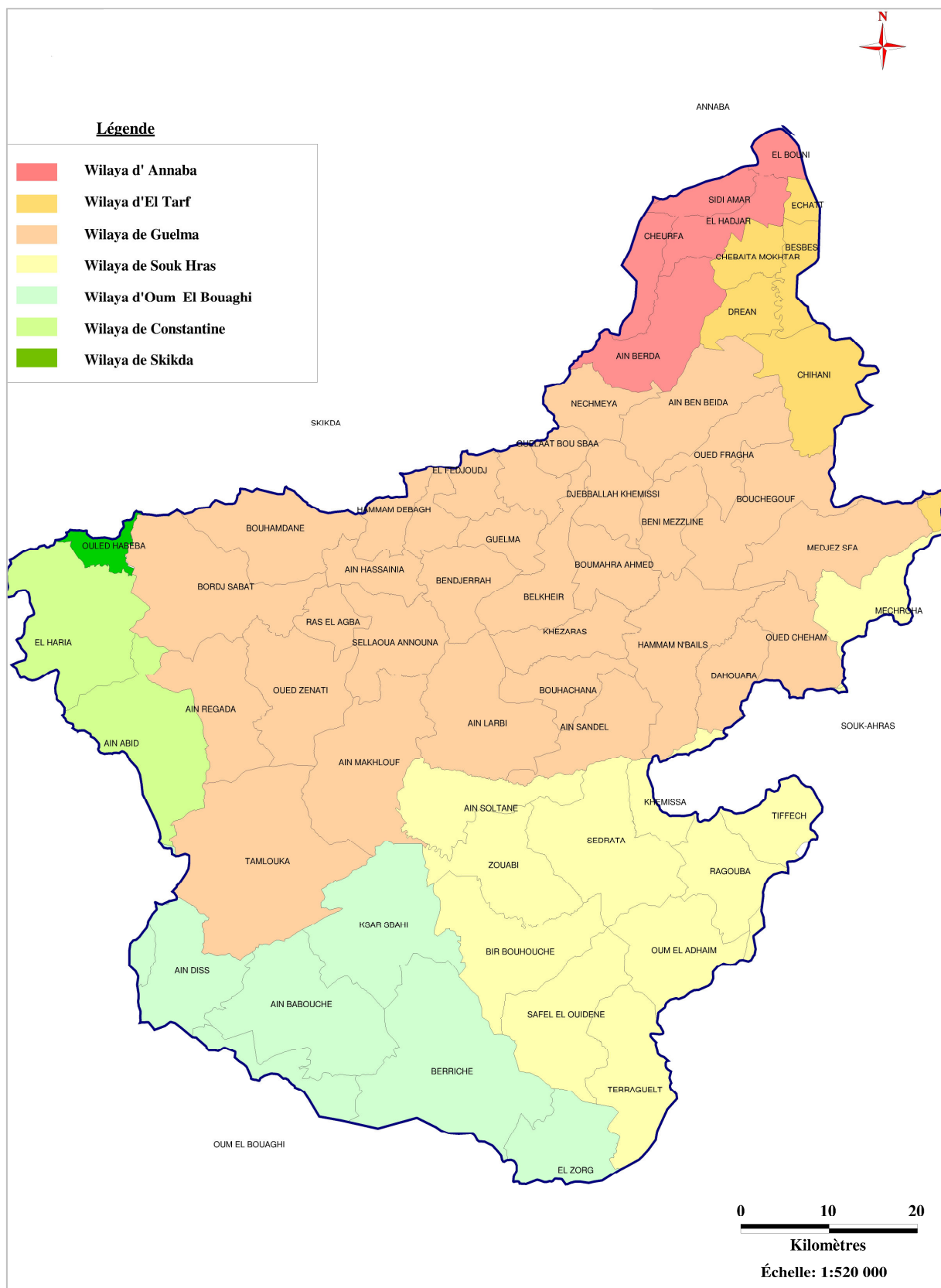


Figure 38 : Limites du bassin versant d'Oued Seybouse

## 5.4. Identification des établissements industriels

L'objectif consiste de définir les caractéristiques de chaque entreprise à travers la collection de toutes les informations nécessaires pour chaque établissement d'une vocation industrielle dans la zone d'étude, ces données techniques nous permettant de classer et d'évaluer les degrés de pollution de chaque établissement.

### 5.4.1. Inventaire des établissements

La première étape de recensement s'est faite à partir des informations recueillies auprès de nombreuses administrations :

- Direction du commerce de la wilaya d'Annaba
- Directions de l'environnement des wilayas : d'Annaba, El-taraf et Guelma, Souk Ahras, Constantine et Oum El-Bouaghi,
- Direction de la PME des wilayas d'Annaba, El-Taraf et Guelma,
- Directions des SGI (société de gestion des zones industrielles d'Annaba, Guelma)
- Bureau d'étude d'urbanisme d'Annaba (URBAN),
- Directions de l'hydraulique des wilayas d'Annaba, El-taraf et Guelma et Oum El-Bouaghi,
- Directions de l'industrie des wilayas, Annaba, El-taraf et Guelma,
- Différentes communes,
- Direction urbanisme Guelma et El-Taraf pour PDAU,

Cependant, des vérifications faites sur terrain ont montré que les informations recueillies n'étaient pas exhaustives et ne concernaient qu'une partie des établissements existants.

Il a donc été indispensable de faire un recensement systématique des entreprises de la zone d'étude par des visites de terrain sur les zones répertoriées dans les différents documents ou détectées grâce à des éléments cartographiques (Etudes effectués, Google Earth, carte d'état-major, informations internet, etc).

Le recensement s'est déroulé principalement dans les wilayas de Guelma, El-Taraf, Annaba et Souk Ahras, pour les autres wilayas, dont la wilaya de Constantine, Skikda et Oum El Bouaghi aucune industrie éventuellement polluante n'appartient à la zone d'étude à l'exception des petites unités de lavage et entretien de véhicules et certaines semouleries.

Ce recensement, en complément des informations recueillies auprès des administrations, a permis de localiser plus de 430 entreprises et d'établir la base de données, et qui ont été reportés sur un document cartographique SIG- MAP INFO ( annexe 5).

Une fiche d'identité reprenant les différents éléments précédents est liée à chaque localisation permettant ainsi d'identifier directement l'entreprise.

Ce premier recensement a permis de prédéfinir **430** établissements sur le secteur d'étude.

Dont, Les entreprises actives sont principalement concentrées sur la basse Seybouse au niveau des communes d'El Bouni, El Hadjar, Sidi Amar qui regroupent 80% des établissements recensés, La répartition des unités par zone sont présentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 27** : Répartition spatiales des établissements dans le BV de la Seybouse

Zone	Wilaya	Commune	Nombre_ Unités	En (%)	
Zone Basse du BV	ANNABA	Ain Berda	15	307	71,4 %
		El Bouni	121		
		El Cheurfa	3		
		El Hadjar	92		
		Sidi Amar	76		
	EL TARF	Besbas	2	32	7,4 %
		Chabaita.M Mokhtar	7		
		Deran	23		
La moyenne Seybouse	GUELMA	Belkhir	13	88	20,5 %
		Boucheouf	8		
		Boumahra	5		
		EL Fedjoudj	11		
		Guelma	26		
		H.Debagh	1		
		Heliopolis	8		
		Medjez Amar	2		
		Medjez-Sfa	6		
		Oued Fragha	3		
		Oued Zenati	4		
		Tamlouka	1		
Zone Haute du B. V	Souk Ahras	Sedratta	3	3	0,7 %
<b>Total</b>			<b>430</b>		

Le premier constat est que 71 % des établissements industriels du bassin versant sont situés dans la Wilaya d'Annaba (figure 40), dont 90 % situés dans les zones industrielles ou d'activités à savoir la zone industrielle de Meboudja, Pont Bouchet et EL Bouni, ainsi que Le complexe sidérurgique d'El Hadjar. Il utile de signaler que leurs rejets se déversent dans le milieu nature (oued Meboudja) et certaines unités à Oued Seybouse.

La zone d'El-Tarf fait partie de tissu industriel de la Seybouse, présente 7,4 % de l'industrie du bassin versant, dont les industriels s'implantent entre la région de Drean et Chebaita Mokhtar (ZAC Drean et zone de Dergaina).

En ce qui concerne la Wilaya de Guelma, ayant 20,5 % des industries, ils sont repartis sur le territoire de la zone, et en particulier dans le chef-lieu de Guelma et la zone d'El Fedjoudj, Zone industrielle de Belkhir ainsi que vers le Nord Est, on trouve la Zone d'activité de Boumahra jusqu'à la zone de Boucheouf.

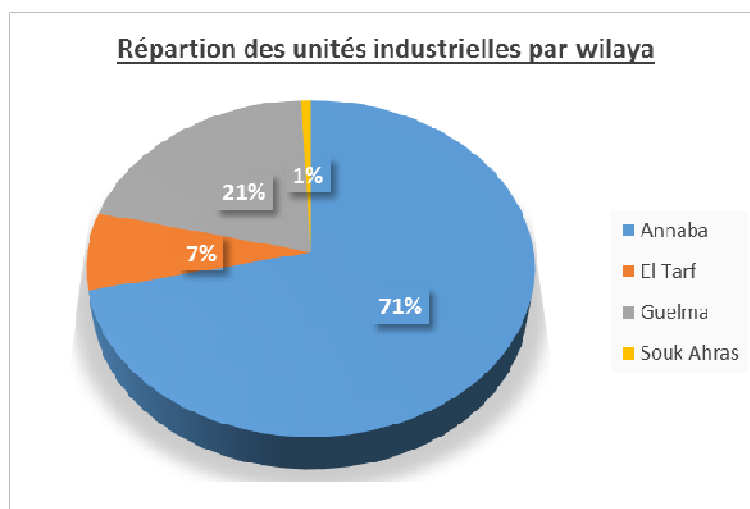
A propos de leurs effluents industriels, ils se déversent vers Oued Seybouse, dont ses affluents (Oued EL Fedjoudj et O.Zimba et Boumaiz), sans traitements ou prétraitement efficaces.

A propos de leurs effluents industriels, ils se déversent vers Oued Seybouse, dont ses affluents (Oued EL Fedjoudj et O.Zimba et Boumaiz), sans traitements ou prétraitement efficaces.

Pour la wilaya de Souk Ahras, la présence uniquement, 02 unités industrielles (unité de Papier et unité de production des serrureries-ERIS) au niveau de la commune de Sedratta, où leurs effluents se rejoignent le réseau d'assainissement puis vers la STEP de Sedratta.

Par ailleurs, dans les autres wilayas, aucun établissement industriel potentiellement polluant n'a été recensé

Une représentation graphique des établissements industriels par wilaya montre la répartition des établissements polluants par wilaya



**Figure 39** : Répartition des unités industrielles par wilaya

Selon le tableau et la représentation graphique ci-dessous, on conclut que la répartition spatiale des industries par wilaya et par conséquent à l'échelle du bassin versant d'oued Seybouse n'est pas homogène, dont la majorité des unités sont regroupés dans la zone basse d'oued Seybouse et un peu moins dans la moyenne Seybouse, par ailleurs, dans la haute Seybouse (wilaya d'Oum El Bouaghi, Souk Ahras et Constantine) le tissu industriel n'est pas significatif.

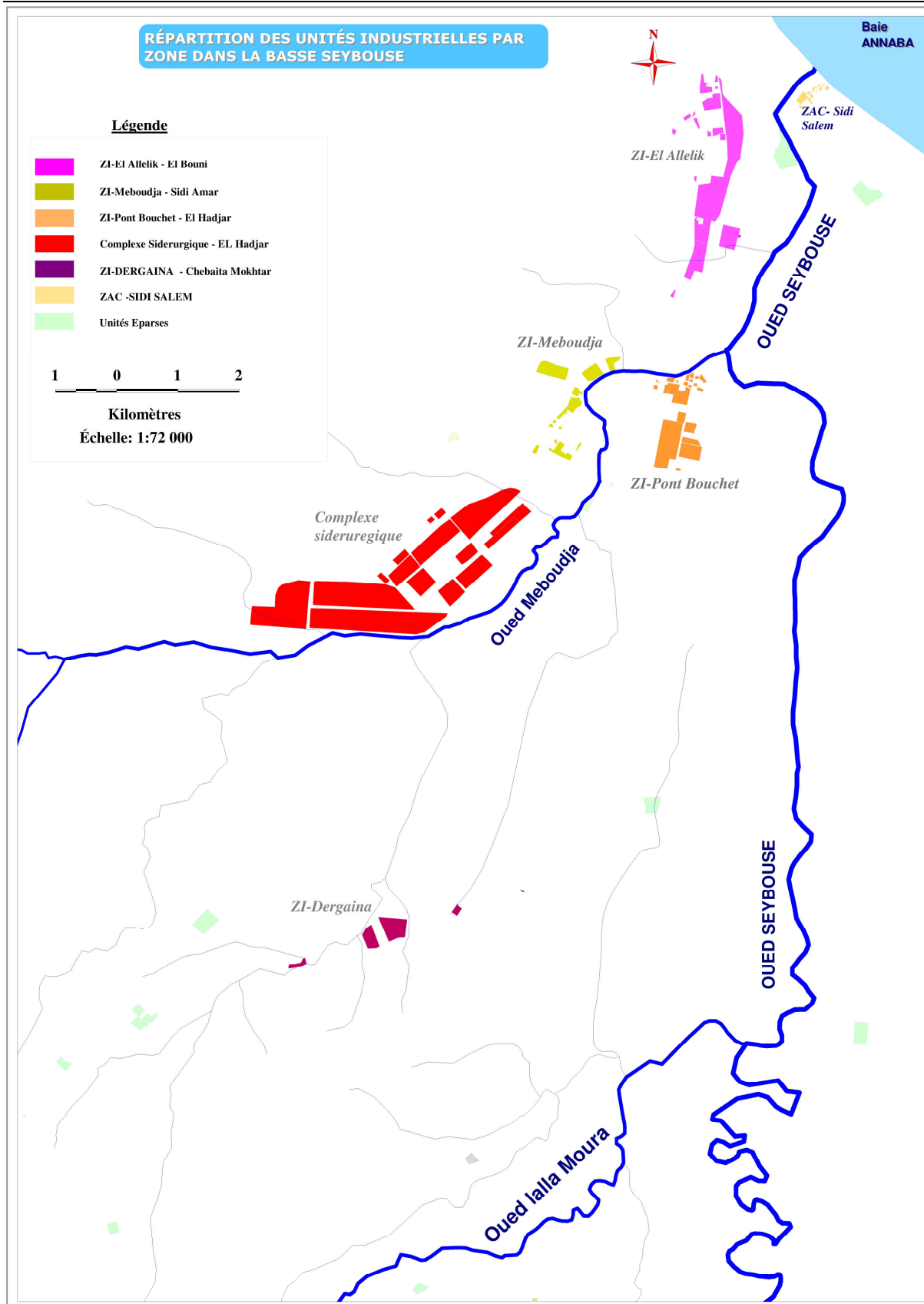
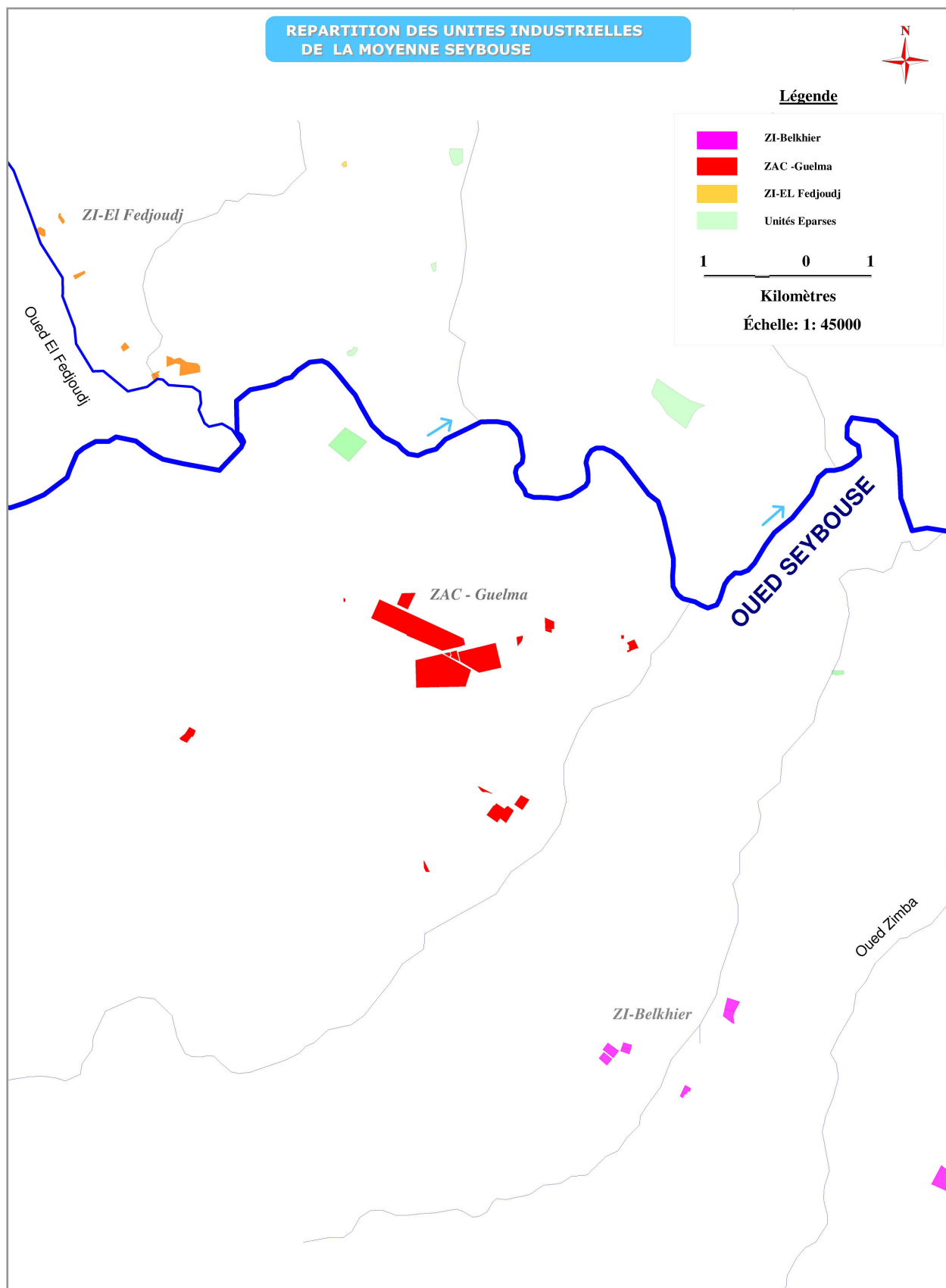


Figure 40 : Répartition des unités industrielles de la basse Seybouse



**Figure 41** : Répartition des unités industrielles de la moyenne Seybouse

### 5.4.2. Répartition en fonction de la nature et du secteur d'activité

Le recensement des entreprises implantées dans le bassin versant de l'Oued Seybouse avoir permis d'identifier 430 établissements réparties sur plusieurs secteurs d'activités :

**Tableau 28** : Nombre d'établissements par secteur d'activité

SECTEUR D'ACTIVITE SUIVANT LA NOMENCLATURE ALGERIENNE DES ACTIVITES		Nombre d'établissements			
		A l'arrêt	En cours	En activité	Total
<b>AA</b>	AGRICULTURE, CHASSE, SYLVICULTURE			6	<b>6</b>
<b>CA</b>	EXTRACTION DE PRODUITS ENERGETIQUES				<b>0</b>
<b>DA</b>	INDUSTRIES AGRICOLES ET ALIMENTAIRES	8	2	63	<b>73</b>
<b>DB</b>	INDUSTRIE TEXTILE ET HABILLEMENT			2	<b>2</b>
<b>DC</b>	INDUSTRIE DU CUIR ET DE LA CHAUSSURE	1			<b>1</b>
<b>DD</b>	TRAVAIL DU BOIS ET FABRICATION D'ARTICLES EN BOIS			9	<b>9</b>
<b>DE</b>	INDUSTRIE DU PAPIER ET DU CARTON; EDITION ET IMPRIMERIE	1		6	<b>7</b>
<b>DF</b>	COKEFACTION, RAFFINAGE, INDUSTRIES NUCLEAIRES	1			<b>1</b>
<b>DG</b>	INDUSTRIE CHIMIQUE	2		8	<b>10</b>
<b>DH</b>	INDUSTRIE DU CAOUTCHOUC ET DES PLASTIQUES	4		12	<b>16</b>
<b>DI</b>	FABRICATION D'AUTRES PRODUITS MINERAUX NON-METALLIQUES	1		14	<b>15</b>
<b>DJ</b>	METALLURGIE ET TRAVAIL DES METAUX	6	1	27	<b>34</b>
<b>DK</b>	FABRICATION DE MACHINES ET EQUIPEMENTS	2		3	<b>5</b>
<b>DL</b>	FABRICATION D'EQUIPEMENTS ELECTRIQUES ET ELECTRONIQUES			3	<b>3</b>
<b>DM</b>	FABRICATION DE MATERIEL DE TRANSPORT			1	<b>1</b>
<b>DN</b>	AUTRES INDUSTRIES MANUFACTURIERES			11	<b>11</b>
<b>EE</b>	PRODUCTION ET DISTRIBUTION D'ELECTRICITE, DE GAZ ET D'EAU	1		2	<b>3</b>
<b>FF</b>	CONSTRUCTION	4		13	<b>17</b>
<b>GG</b>	COMMERCE; REPARATIONS AUTOMOBILE ET D'ARTICLES DOMESTIQUES	19	2	130	<b>151</b>
<b>HH</b>	HOTELS ET RESTAURANTS				<b>0</b>
<b>II</b>	TRANSPORTS ET COMMUNICATIONS	3	1	7	<b>11</b>
<b>JJ</b>	ACTIVITES FINANCIERES				<b>0</b>
<b>KK</b>	IMMOBILIER, LOCATION ET SERVICES AUX ENTREPRISES	1		16	<b>17</b>
<b>LL</b>	ADMINISTRATION PUBLIQUE			1	<b>1</b>
<b>MM</b>	EDUCATION				<b>0</b>
<b>NN</b>	SANTE ET ACTION SOCIALE				<b>0</b>
<b>OO</b>	SERVICES COLLECTIFS, SOCIAUX ET PERSONNELS			6	<b>6</b>
<b>?</b>	ACTIVITE INCONNUE	30			<b>30</b>
<b>Total</b>		<b>84</b>	<b>6</b>	<b>340</b>	<b>430</b>

### 5.4.3. Répartition des établissements selon le type de pollution

Avant d'interpréter les différents tableaux de classement des établissements, on présente les différents types d'eaux résiduaires, les prétraitements qu'elles impliquent éventuellement et les mesures préventives à effectuer en entrée de station d'épuration pour les prévenir d'éventuels dysfonctionnements des prétraitements sont rappelées ci-après :

**Tableau 29** : Nomenclature des types d'eaux résiduaires industrielles

Type d'effluents	Abréviation de type de pollution
<b>Effluents normalement biodégradables</b>	<b>Biodégradable</b>
Eaux Usées Domestiques exemptes de toxiques et à équilibre nutritionnel	EUD Std
Eaux Résiduaires Industrielles exemptes de toxiques et à équilibre nutritionnel approximatif	ERI Bio Std
Eaux Résiduaires Industrielles avec présence de toxiques et/ou d'inhibiteurs dont l'inhibition peut être levée ou atténuée pour rendre l'effluent biodégradable	ERI Bio Tox
<b>Effluents non biodégradables</b>	<b>Non biodégradable</b>
Eaux Résiduaires Industrielles avec présence de toxiques	ERI non Bio Tox
Eaux Résiduaires Industrielles non biodégradables (ratio organique DCO / DBO <sub>5</sub> >> 3)	ERI non Bio DCO
Eaux Résiduaires Industrielles non biodégradables (MES minérales)	ERI non Bio Min

Le tableau ci-dessous récapitule les établissements industriels recensés par type de pollution en fonctions des classes d'Eaux Résiduaires Industrielles.

**Tableau 30** : Ensemble des établissements classes d'eaux résiduaires et types de pollution.

Type de pollution	ERI Inferieur	ERI Supérieur	ERI à Vérifier	Total
ERI Biodégradable Standard	3	16	14	<b>35</b>
ERI Biodégradable Toxique	5	69	81	155
ERI non Biodégradable- DCO		8		<b>8</b>
ERI non Biodégradable Minérale		5	15	<b>20</b>
ERI non Biodégradable Toxique		11	4	<b>15</b>
EUD Standard	193		6	<b>199</b>
<b>Total</b>	<b>203</b>	<b>109</b>	<b>120</b>	<b>432</b>

#### 5.4.4. Conclusion

Les recensements qu'ont été effectuées au niveau des zones industrielles et les unités éparses qu'ils se déversent dans l'Oued Seybouse et leurs affluents, et à la lumière de la présélection par classe d'eau résiduaire et par type de pollution, permettent de visualiser plus de 430 unités industrielles, dont 230 établissements sont confirmés pour faire des investigations industrielles détaillées, et autour de 200 unités sont éliminées de ces enquêtes, vu au leur type de pollution (eau usée domestique standard), où l'effluents ne comportent que des faibles flux polluants ou sans rejet industriel.

## 5.5. Enquêtes industrielles dans les unités potentiellement polluantes

### 5.5.1. Objectif

La synthèse des enquêtes industrielles a pour objet, d'établir un nouveau classement des établissements distinguant :

- Les unités nécessitant la réalisation de mesures et bilans,
- Les unités qui requièrent l'installation de prétraitement,
- Les unités présentant un faible flux polluant ou avec peu d'impact sur le milieu récepteur,
- Les unités sans rejet d'effluent industriel.

Les visites furent effectuées sur le territoire du bassin versant pour les unités déjà présélectionnées polluantes ou peu polluantes. Le déroulement de chaque visite comprenait un entretien avec le responsable d'industriel et un diagnostic technique sur le site permettant de définir :

- La nature de l'activité ;
- Le rythme de la production (permanant ou saisonnière) ;
- La capacité de production et consommation d'eau ;
- Le procédé de fabrication (matières premières à utiliser dans la fabrication) ;
- Type de rejet et leur milieu récepteur ;
- Le type de traitement ou prétraitement existant dans l'entreprise ;
- La situation de l'établissement vis à vis le réseau d'assainissement, et son raccordement ou non à une station d'épuration ;

Au cours de chaque visite, une fiche d'enquête (formulaire) à remplir sur place pour la bonne gestion de ces enquêtes.

Cette fiche d'enquête détaillée comprend les principales rubriques suivantes :

- ✓ Identification de l'entreprise, avec nom de l'entreprise (raison sociale), adresse de l'activité, contact (téléphone, fax, mail) et représentant de l'entreprise (personne ayant participé à l'enquête) ;
- ✓ Activités de l'entreprise, avec statut réglementaire, nature de l'activité, capacité de production et production réelle, rythme de production et effectifs ;
- ✓ Utilisation de l'eau, avec :
  - L'origine et la nature de l'eau utilisée dans le process (eau du réseau public, eau naturelle, eau adoucie, eau déminéralisée, etc.);
  - le relevé des compteurs d'alimentation et de rejet,
  - Présentation des installations utilisant de l'eau et présentant un rejet d'effluents liquides industriels ;
- ✓ Rejets liquides des process (origine, nature et flux de pollution) avec :
  - Description simplifiée du principe de fabrication,

- Description du mode de manutention,
- Collecte de tous les documents disponibles (plan de l'usine, plans et schémas des installations concernées et des réseaux, rapport d'audit, étude d'impact ou étude de danger, photos),
- Grandeurs représentatives de la production,
- Produits chimiques utilisés pour la production ;
- ✓ Ensemble des effluents liquides (hors procès) avec :
  - Détermination des réseaux présents dans l'usine,
  - Recueil des plans correspondants, s'ils existent ;
- ✓ Traitement et destination des effluents non industriels, en dissociant :
  - Eaux usées domestiques,
  - Eaux de refroidissement,
  - Eaux pluviales ;
- ✓ Ouvrages d'épuration existants avec les rubriques suivantes :
  - Type de prétraitement ou de traitement existant,
  - Consommation en réactifs de traitement,
  - Sous-produit du traitement des effluents industriels,
  - Autres déchets produits par l'établissement,
  - Surveillance et contrôle ;
- ✓ Démarche qualité,
- ✓ Projets d'investissement,
- ✓ Besoins en prélèvements et en analyses,
- ✓ Autres renseignements.

La fiche d'enquête simplifiée, quant à elle, se résume à l'identification de l'établissement et à l'annotation de quelques observations générales (MATEE, 2012).

### 5.5.2. Organisation et déroulement des enquêtes

Afin de faire des enquêtes au niveau de toutes les unités inventoriées pour la campagne de mesures on a suivi l'organisation suivante :

Les établissements nécessitant des enquêtes de terrain ont été reclassés selon les catégories suivantes :

**Enquêtes Confirmés** : industriels présentant un risque de pollution élevé et moyen, sur lesquels un bilan de pollution semble nécessaire pendant cette campagne de mesures, mais les enquêtes détaillées sont nécessaires avant d'y faire.

**Enquêtes Possibles** : industriels devant présenter un risque de pollution faible à moyen, sur lesquels un bilan de pollution s'avère possible, suivant le résultat de l'enquête détaillée.

**Enquêtes Statistiques** : industriels appartenant à une même branche d'activité et pouvant présenter un risque de pollution ; en approche statistique, l'un d'entre eux fera l'objet d'une enquête détaillée.

**Enquêtes reportées :** établissements en cours de construction lors de la visite préliminaire de terrain, cependant, nécessitant une visite de contrôle pendant la deuxième visite, pour vérifier leur statut actuel. En cas de démarrage de l'activité et de l'émission de rejets liquides industriels l'établissement fera l'objet d'une enquête détaillée,

Deuxième cas, établissements à l'arrêt pendant la période des enquêtes. L'unité reprend l'activité, dont la nature est d'un caractère polluant, dans ce cas, l'établissement fera l'objet d'une enquête détaillée.

### 5.5.3. Description des enquêtes industrielles :

A travers le classement des industriels par type de pollution et la nature de l'activité, un diagnostic spécifique pour chaque unité, consacrant le procédé de fabrication, le type des effluents résiduaires, la capacité de production et par conséquent, les matières premières utilisées dans la production et l'utilisation de l'eau et dans quelle phase son utilisation, le système de nettoyage de sol et lavages des équipements et en particulier dans les laiteries et les unités de production boissons.

A l'exutoire, l'effluent à rejeter recyclable ou non, le type d'équipements de traitement existant, ainsi que, son milieu récepteur (station d'épuration, milieu naturel, ...etc.).

#### 5.5.3.1. ERI Bio Tox : Eaux Résiduaires Industrielles Biodégradable avec présence de toxiques

Ce type de pollution concerne 140 établissements dont 85 ayant des flux de polluants supérieurs aux seuils. Ces établissements feront l'objet de campagnes de mesures. Les flux polluants de 55 établissements ne feront pas partis de la campagne de mesures, leurs flux polluants estimés étant inférieurs aux seuils.

Cette pollution touche différents domaines d'activités dont :

- **Atelier mécanique et maintenance**

Les ateliers de maintenance ne représentent une source de pollution notable quand les huiles motrices et autres fluides ne sont pas collectés et éliminés comme déchets, mais plus volontairement rejetés dans le réseau d'assainissement.

- **Station-service avec lavage**

Les stations-services ayant un atelier de lavage ont été prises en considération dans l'étude. En fonction du nombre de voitures nettoyées par jour.

Le traitement de tels effluents peut être abordé de deux manières :

- **Eaux usées non recyclées :** avant de se raccorder au réseau, l'installation doit être équipée d'un débourbeur, d'un séparateur à hydrocarbures et d'un filtre coalescent limitant le rejet d'hydrocarbures à 10 mg/l.
- **Eaux usées non recyclées**

- **Elevage**

Pour les élevages en plein air, il y a un risque faible (eau d'abreuvement pour les animaux) (fientes au sol), mais pour les élevages en batterie sous hangar le risque est élevé (fientes stockées puis évacuées, eaux de lavage et de désinfection polluées, risque d'entraînement de pollution organique d'aires de stockage éventuelles, par les eaux pluviales (lessivage vers l'Oued). En cas d'abattage, le risque est accru, surtout si le sang n'est pas collecté (250 000 mg/l de DCO).

- **Transformation du bois**

Aujourd'hui, l'industrie du bois concerne de petites menuiseries qui n'utilisent pas d'eau de process. Elles peuvent traiter le bois avec des produits destinés à détruire les insectes xylophages et les champignons et autres pourritures. Pour certains produits et suivant les méthodes de mise en œuvre, la pollution de l'eau peut être élevée.

- **Chimie : fabrication de peinture, de produits chimiques, de détergents et produits d'entretien...**

De nombreuses entreprises situées dans le bassin versant de l'Oued Seybouse exercent leur activité dans différents domaines de la chimie et de la parachimie comme :

- ✓ Produits d'entretien, détergents
- ✓ Cosmétique
- ✓ Peintures, colles, adjuvants
- ✓ Produits d'étanchéité, bitume
- ✓ Divers

- **Fabrication de matériels électriques**

Les industries électriques génèrent de manière générale une pollution biodégradable toxique due à la présence de produits acides et des métaux : Plomb et Etain en particulier, parfois du Baryum et du Phosphore, du Mercure également suivant les produits fabriqués ou démantelés. Pour ce type d'industries il est important d'avoir une bonne gestion des déchets pour limiter les risques sur les grands ateliers de fabrication de matériels électriques.

- **Agroalimentaire : laiterie, chocolaterie/confiserie, abattoir**

Les Industries Agroalimentaires sont presque systématiquement polluantes, mais un certain nombre de petites unités ont été écartées suite à la mise en place de la notion de seuil. Ceci n'empêchera pas de traiter leurs charges polluantes au niveau des stations d'épuration.

Une consommation d'eau et des rejets faibles, ne signifient pas une absence de pollution, si l'effluent est très concentré.

Le devenir des eaux de chaudière est à vérifier, pour identifier les purges partielles ou complètes des circuits (SAYAD.L, 2015).

- **Huilerie, meunerie (Cas particulier)**

L'activité de trituration des olives constitue une source de pollution "majeure" pour les eaux d'un certain nombre d'oueds algériens. En effet, les eaux résiduaires de l'industrie oléicole (marges)

sont des eaux acides et chargées en poly phénols, ayant de ce fait un caractère inhibiteur de l'activité bactérienne et phytotoxique (BENYAHIA N, 2003).

Ces effluents sont généralement évacués dans la nature sans traitement ou collectés dans de grandes lagunes d'évaporation pouvant polluer le sous-sol si le fond des bassins n'est suffisamment imperméable.

- **Fabrication d'emballages métalliques et plastiques**

Il y a une différence entre les unités de fabrication qui utilisent des granulés de matières premières pour fabriquer des pièces par extrusion, injection ou moulage (risque limité, MES principalement) et les usines de fabrication de matières premières qui entrent dans le domaine de l'industrie chimique.

Par contre les unités de broyage des plastiques de récupération, sont amenées à les laver avant de les reconditionner et de les commercialiser. Du fait de la provenance diverse des plastiques recyclés, la pollution des eaux de lavage peut être significative.

- **Dépôt d'hydrocarbures :**

Les dépôts de stockage de produits liquides feront l'objet d'une visite d'enquête pour vérifier la présence et l'état de bâches de rétention destinées à prévenir les pollutions accidentelles

De même les conditions de service en remplissage et sous tirage seront examinées pour déterminer le risque de chute d'égouttures ou de coulures.

Les risques d'entraînement par temps de pluie seront vérifiés et il proposera si nécessaire d'implanter un bassin d'orage avec vanne d'isolement pour le transformer en bassin de confinement en cas d'accident sur des stockages non équipés de bâche de rétention. A l'aval, ils seront à équiper de séparateur à hydrocarbures avec filtre à coalescence (MDDEP, 2001).

- **Stockage et distribution de bitume**

Les liants hydrocarbonés sont des matériaux constitués essentiellement d'assemblage d'atomes de carbone et d'hydrogène qui, au contact de particules solides telles que les granulats, développent des forces d'adhésion assurant de la sorte une certaine rigidité, des résistances aux déformations en traction, compression et cisaillement.

Il existe trois grandes familles de liants hydrocarbonés : les asphaltes et bitumes naturels, les goudrons, et le bitume de pétrole.

La technique à chaud est la plus répandue pour mettre en œuvre les goudrons et les bitumes. En effet, ces produits doivent être chauffés pour atteindre la viscosité nécessaire à leur mise en œuvre en technique routière : épandage, émulsion, etc.

- **Dépôt de butane et propane et centre d'enfutage**

Les petits dépôts de butane et de propane, gaz propres contenus dans des réservoirs résistant à des pressions élevées présentent peu de risque de contamination des eaux. Par contre en cas de rupture et d'incendie la pollution occasionnée ressort des stipulations des normes ICPE en matière de sécurité, mais pas d'une pollution quotidienne de l'eau.

Par contre les établissements de plus grande capacité comme une unité NAFTAL, utilisent de l'eau de refroidissement pour l'arrosage des sphères. Ces eaux en ruisselant peuvent entraîner différents dépôts polluants, particuliers ou non, de même que les eaux pluviales qui peuvent contenir des gaz résidus de gaz dissous par lessivage.

- **Transformation du coke**

Le coke de pétrole se présente sous forme solide, noire, et se compose majoritairement de carbone, avec très peu d'hydrogène et des quantités importantes de polluants (soufre, métaux lourds...). Le coke est obtenu par distillation de la houille dans un four à l'abri de l'air. La fabrication de coke s'accompagne de l'émission d'un certain nombre de matières volatiles : gaz (dihydrogène, méthane et divers composants minoritaires comme l'acétylène, l'éthylène, les oxydes de carbone), benzène et goudron de houille. Les gaz sont refroidis par aspersion d'eau. Les gaz et les matières sont séparés, lavés. Ils sont ensuite valorisés soit par combustion des gaz directement dans l'usine sidérurgique soit par transformation chimique.

Lors de la transformation du coke ces éléments polluant peuvent se retrouver dans l'eau

Dans le cadre de cette étude, le seul établissement produisant du coke appartient au complexe sidérurgique d'Arcelor Mittal et il est actuellement à l'arrêt. En principe cette société doit investir pour remettre en service cette cokerie, après l'avoir modernisée.

- **Menuiserie métallique et tôlerie**

Les activités de menuiserie métallique sont peu polluantes quoi que très poussiéreuse car les locaux sont rarement nettoyés. Le risque peut provenir des applications de peinture et des solvants qui sont utilisés.

Les activités d'usinage avec l'utilisation d'huiles de coupe et d'huile soluble peuvent-elles s'avérer polluantes pour le cas où ces huiles seraient rejetées dans le réseau, ce qui est d'ailleurs formellement interdit.

- **Parc communal de véhicules de collecte d'ordures ménagères**

Les parcs de véhicules de collecte d'ordures ménagères peuvent générer deux types de pollutions suivant les activités de lavage. Les "lavages extérieurs" collectent principalement des terres et poussières minérales décollées des châssis, ainsi que des traces d'hydrocarbures. Par contre les "lavages intérieurs" des bennes collectent des détritiques en tout genre, dont une bonne part est organique.

- **Les fonderies**

Suivant le type de métal fondu, les activités de fonderie peuvent s'avérer de moyennement polluante à très polluantes. En dehors du procédé de fabrication l'application de peinture et les solvants utilisés peuvent présenter un facteur de risque.

Les activités d'usinage également, avec l'utilisation d'huiles de coupe et d'huile soluble peuvent représenter un complément de pollution pour le cas où elles seraient rejetées au réseau.

Les fonderies rejettent à l'atmosphère des métaux lourds qui peuvent être lessivés par les eaux pluviales, tel que : Arsenic, Cadmium, Plomb, Mercure, Nickel. Par ailleurs certaines d'entre elles, qui utilisent des substances chlorées dans leurs matières premières, évacuent à l'atmosphère des dioxines et des furannes. Tous ces facteurs de risque exigent une maîtrise complète des rejets dans l'atmosphère pour se prémunir de la pollution des eaux qui en découle.

### **Production d'engrais**

Les engrais sont destinés à amender les sols en apportant en juste proportions :

- Des éléments de base : azote (N), phosphore (P), potassium (K), souvent associés tous les 3 éléments.
- Des éléments secondaires, calcium (Ca), soufre (S), magnésium (Mg),
- Des oligo-éléments, tels que le fer (Fe), le manganèse (Mn), le molybdène (Mo), le cuivre (Cu), le bore (B), le zinc (Zn), le chlore (Cl), le sodium (Na), le cobalt (Co), le vanadium (V) et le silicium (Si).

Ces éléments secondaires ne sont généralement ajoutés qu'en cas de carence du sol.

- L'azote organique se trouve de l'azote en particulier dans le sang séché, dans les tontes de gazon ou dans le purin d'orties. Sous forme de nitrates il est soluble et polluant.
- Le **phosphore** en excès est un facteur d'eutrophisation de l'eau. Les engrais phosphorés chimiques peuvent contenir des **radionucléides** et du **cadmium** résiduel.
- Le **potassium** est issu de composants pouvant contenir des métaux lourds, ou des radionucléides dans certaines régions.

La production chimique de l'engrais passe par la synthèse de l'ammoniac à partir de l'azote de l'air, d'où sont dérivés l'urée et le nitrate.

L'azote ammoniacal dérivé de ce type de fabrication est biodégradable, quoique quelques peu inhibiteur suivant les concentrations rejetées. Par contre la présence éventuelle de métaux lourds pourra souvent être prise par un traitement physico-chimique qui sera alors suivi par un traitement biologique par aération prolongée avec un cycle de nitrification – dénitrification.

Si les phosphates sont normalement présents et utiles à faible dose dans l'eau et les sols, leur excès est (avec celui des teneurs en nitrates) une des causes majeures de l'eutrophisation voire de dystrophisation de l'environnement.

Ils contribuent notamment aux problèmes de turbidité liés au verdissement des eaux et aux phénomènes de zones marines mortes en aval des estuaires.

- **Verrerie**

Les effluents de ces industries sont généralement difficilement biodégradables, mais une fois levés les seuils de toxicité, ce principe de traitement est utilisable.

Les industries du verre peuvent avoir un impact systématique sur l'eau de deux manières : par le rejet direct d'eaux usées et par le biais des rejets atmosphériques lessivés par les eaux pluviales. Ceux-ci peuvent en effet contenir des poussières ou des vésicules qui, une fois dans l'air, sont entraînées vers le sol par les précipitations ou par condensation.

Les émissions de SO<sub>x</sub> et de NO<sub>x</sub>, générées par les différents fours (fusion, cuisson, façonnage à chaud), contribuent aux phénomènes d'acidification des sols et des eaux de surface.

Les métaux lourds représentent également un risque. Ces particules toxiques, émises par les différents fours verriers et retombées au sol, sont susceptibles, sous l'effet de précipitations de se retrouver dans les eaux de surface.

#### 5.5.3.2. ERI non Bio DCO (Eaux Résiduaires Industrielles non biodégradable) :

Ce type de pollution contient 07 établissements, dont leurs flux de polluants supérieurs aux seuils. Ces établissements feront l'objet de la campagne de mesures :

Cette pollution touche une seule activité à savoir :

- **Dépôts de ferraille**

Le stockage de solide pouvant se détériorer par oxydation ou de pulvérulent à l'air libre doivent faire partie de l'étude car il peut y avoir un lessivage et donc un rejet vers l'oued. Ce pourrait d'ailleurs être le cas des décharges rejetant des lixiviats,

Vu leur caractère polluant pour les eaux superficielles et parfois pour les eaux souterraines (nappe phréatique), suivant les conditions d'exécution, le sujet reste entier face à la protection des Oueds.

Théoriquement, Ces établissements feront l'objet de la campagne de mesures, Par contre, nos enquêtes montrent qu'il n'y a pas de rejets liquides sur l'ensemble des dépôts de ferraille.

#### 5.5.3.3. ERI non Bio Min : Eaux Résiduaires Industrielles non biodégradables (MES minérales) :

Ce type de pollution concerne 14 établissements. 5 établissements rejettent une pollution supérieure aux seuils et feront donc l'objet d'un bilan et mesures en. Les 09 autres, dont 02 établissements, reclassés au cours de ces enquêtes, feront l'objet de la campagne de mesures

Les autres, dont leurs flux polluants estimés étant inférieurs aux seuils ne feront pas l'objet de la campagne de mesures.

Cette pollution touche différents domaines d'activités dont :

- **La céramique, fabrication de béton et ciment (minéraux et minerais)**

Les activités de préparation de béton, de plâtre, d'enduit peuvent rejeter une pollution d'origine minérale, éventuellement conséquente et dommageable pour les réseaux, dans le cas de laitance de ciment ou autre. Les particules de ponçage de marbre, de fabrication de faïence, d'argile sont en général l'objet de charges électrostatiques de même signe qui rend leur décantation difficile. Seul un traitement par floculation ou physico-chimique complet permet une excellente séparation.

Par ailleurs les pigments métalliques utilisés en faïencerie s'avèrent généralement toxiques.

#### 5.5.3.4. ERI non Bio Tox : Eaux Résiduelles Industrielles avec présence de toxiques

Ce type de pollution concerne 15 établissements. 07 établissements rejettent une pollution supérieure au seuil et feront donc l'objet d'une campagne de mesures, dont la pollution rejetée n'a pas pu être appréciée assez finement, feront l'objet d'une autre vérification au cours de la période des campagnes, éventuellement complétée par une campagne de mesures selon les conclusions des visites.

Parmi les 07 établissements dont le flux de pollution est supérieur au seuil, un établissement (ERIS) était en cours de réhabilitation, les informations nécessaires aux choix des industriels devant faire l'objet de la campagne ont pu être collectées.

#### **Travail des métaux (ouvrage métallique, tube, sidérurgie...)**

Les activités de serrurerie et de chaudronnerie sont peu polluantes. Le risque provient des applications de peinture et des solvants qui sont utilisés.

Les activités d'usinage suscitent la même remarque que dans le cas des usinages de pièces de fonderie.

- **Laminage**

Les éléments polluants généralement présents dans les effluents rejetés par une usine de laminage sont : l'arsenic, le cadmium, le cuivre, le fluor, le plomb, le manganèse, le mercure, le soufre sous forme de sulfate, le sulfite, le zinc, le nitrogène d'ammoniac.

Ces polluants peuvent se retrouver dans l'ensemble des rejets liquides et des déchets et résidus de fabrication liquides, comme :

- les eaux usées de procédé telles que les eaux de refroidissement direct, de nettoyage et de rinçage des lingots, demi-produits, produits et équipements

- les effluents aqueux provenant des traitements des bains de décapage et de dégraissage usés, des émulsions huileuses et liquides d'écrouissage (au laminage à froid, au skin pass, à la rectification des cylindres). Des solutions de nettoyage des cylindres, des lessives de traitement thermique, ..., etc.

les eaux de refroidissement indirect des équipements, des fumées et des produits notamment aux fours de réchauffage des lingots et semi-produits, de réchauffage des bobineuses (cas de certains laminoirs), de réchauffage des ébauches bobinées au coil box, de recuit et autres traitements métallurgiques en général, aux laminoirs proprement dits (refroidissement des cylindres, des moteurs, des transformateurs, des émulsions, des huiles hydrauliques,...), au décapage, au skin pass, au soudage, aux cisailles, à l'atelier des cylindres,...

- les filtrats de déshydratation (par exemple, des boues de neutralisation des bains,), les éluats de régénération de résines et les effluents de conditionnement des eaux en général (décarbonatation, adoucissement, déminéralisation), les condensats de conduites de gaz et de gazomètres, les effluents de lavage des filtres, les purges de déconcentration des circuits d'eau de chaudière, ...

- les eaux usées domestiques,

- les eaux d'aspersion des parcs à déchets et résidus de fabrication, les eaux d'aspersion des pistes, les eaux de nettoyage des voiries (lutte contre les envols de poussières), les eaux de nettoyage des sols et des locaux, ...
- les eaux pluviales (ruissellement et drainage) collectées sur le site, notamment au niveau des toitures et dans les zones de stockage non couvertes des lingots, demi-produits et produits, des matières énergétiques, des déchets et résidus de fabrication, ...
- les rejets des laboratoires et des divers ateliers,
- les égouttures, fuites, pertes, écoulements fortuits ou diffus (provenant des diverses manipulations de produits, des divers équipements, réservoirs, cuves, bassins,...) et par extension, les matières solides susceptibles de relarguer des matières polluantes dans le sol et dans les eaux, en tenant compte de leurs éventuels traitements et moyens de prévention, de recyclage, d'utilisation en cascade prévus dans le cadre du projet, de l'efficacité des systèmes d'épuration choisis et des moyens métrologiques pour leur contrôle.

- **Galvanisation (traitement de surface)**

La technique de galvanisation à chaud est basée sur l'utilisation d'une succession de cuves :

- Par voie sèche : décapage, rinçage, fluxage, étuvage, bain de zinc,
- Par voie humide : décapage, rinçage, bain de zinc,

Le décapage est généralement effectué à l'acide, avec une déconcentration régulière pour éliminer les traces de gras et les particules. L'acide usagé est évacué dans un centre de régénération, tandis que le complément est assuré avec de l'acide neuf pour conserver des teneurs en boues inférieures au seuil nécessaire pour atteindre la qualité de galvanisation requise.

Les deux risques de pollution sont causés par l'acide (HCl ou H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) et le zinc liquide.

Les sels tels que les chlorures et les sulfates sont extrêmement solubles et il y a donc des risques de les retrouver partiellement dans le milieu naturel, à conditions qu'ils sortent des cuves de stockage où ils sont censés restés emprisonnés. En revanche, les carbonates, les oxydes et les sulfures sont insolubles et il est donc facile de les éliminer lors de l'épuration des eaux résiduaires.

Vis-à-vis des poissons et des autres organismes aquatiques, les sels solubles de zinc présentent une toxicité variable selon la dureté de l'eau. L'effet toxique n'est en général pas immédiat et un poisson soumis à une pollution accidentelle par le zinc peut ne mourir que quelques jours après.

Néanmoins la galvanisation à chaud ressort du domaine des cuves de stockage avec bâches de rétention et non d'un écoulement journalier en eaux usées domestiques.

Il est aisé d'imaginer que si chaque branche de la métallurgie présente des risques importants pour l'environnement (ERI et AIR + EP), les risques inhérents à l'ensemble d'une aciérie, regroupant plusieurs de ces activités, sont plus conséquents.

• **Complexe sidérurgique IMETAL Ex-Arcelor Mittal**

En raison de sa taille, le complexe sidérurgique d'El Hadjar, principalement opéré par ARCELORMITTAL constitue un cas particulier dans le tissu industriel du bassin versant de l'Oued Seybouse.

Complexe intégré depuis la réception du minerai de fer jusqu'à la livraison de produits semi-finis, le site d'El Hadjar comprend 12 entités industrielles distinctes qui génèrent des effluents.

Employant plus de 6 000 personnes, le site d'El Hadjar rejette chaque jour 2 000 à 3 000 m<sup>3</sup> d'effluents, constitue le pôle industriel le plus important du bassin versant de l'Oued Seybouse.

Ce complexe sidérurgique SIDER regroupe et Faisait partie d'ARCELOR MITTAL

- ✓ 10 établissements de sidérurgie et production de ferro-alliages à savoir :
  - Préparation du minerai et agglomération (PMA 1 et PMA 2) ;
  - Haut fourneau (HF2) ;
  - Aciéries à l'oxygène et électrique - ACO1, ACO2 et ACE) ;
  - Laminage à chaud (LAC) ;
  - Laminoir produits longs (PLG) : fil rond (LFR) et rond à béton (LRB).
- ✓ 1 établissement de laminage à froid de feuillards et galvanisation (LAF)
- ✓ 1 établissement de fabrication de gaz industriels - COX
- ✓ 1 établissement de cokéfaction- COKERIE, actuellement à l'arrêt ;

Le complexe abrite également 02 établissements qui n'appartiennent pas au groupe ARCELOR MITTAL à savoir :

TSS filiale d'ARCELOR MITTAL et Groupe SIDER : production de tubes sans soudure ;

ALFAPIPE filiale du groupe SIDER : production de tubes roulés-soudés de grand diamètre.

L'ensemble des établissements du site d'El Hadjar, qui ont été enquêtés, sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 31** : Ensembles des unités du complexe sidérurgique- El Hadjar

ID	NOM	ACTIVITE
388	LFR	Laminoir à fil rond
389	TSS	Fabrication des tubes sans soudure
390	LAF	Laminoir à froid : production de tôle
391	LAC	Laminoir à chaud : production de bobine laminée
392	ACIERIE N° 1	Production de brames
393	COX	Production d'oxygène, azote et argon
394	ACIERIE N° 2	Production de billettes
395	ALFAPIPE	Fabrication de tubes en acier spiralé de diamètre 24" à 48"
396	PMA 1 ET 2	Production d'aggloméré
398	HAUTS FOURNEAUX	Production de fonte
399	USINE A EAU	Production d'eau industrielle
400	HYDROSID	Production de coagulants
401	ACIERIE ELECTRIQUE	Fabrication de billettes et lingots
407	LRB	Production de rond à béton
420	CENTRALE ELECTRIQUE	Centrale électrique

Chaque unité industrielle qui utilise de l'eau pour le refroidissement est équipée d'installation de décantation/déshuilage, filtration et refroidissement permettant le recyclage de cette eau.

Les eaux de lavage des filtres à sables sont réceptionnées dans des baches dédiées.....

Pour Les Hauts Fourneaux, Les eaux de refroidissement des gaz des haut-fourneaux sont recyclées après décantation et refroidissement, par ailleurs, la PMA ne génère pas de pollution liquide.

4 points de rejets spécifiques ont été identifiés :

- USINE A EAU : rejet des boues de décarbonatation de l'eau de barrage ;
- LAF : rejet des émulsions de laminage et des eaux de rinçage après décapage sulfurique ;
- ACIERIE ELECTRIQUE : rejet des eaux de lavage en continu des filtres à sable.
- TSS et ALFAPIPE : rejettent de petites quantités d'huiles solubles en émulsion utilisées pour les épreuves hydraulique des tuyauteries.

La centrale à oxygène ne génère qu'un très faible volume d'eaux de lavage de filtres à sable.

L'ensemble des effluents sont déversés dans l'Oued de Meboudja, à travers des collecteurs principaux, de plus, une partie des eaux résiduaires s'infiltrer directement dans le sol, en particulier dans les ateliers de maintenance, où se pose un problème de la pollution de la nappe phréatique d'Annaba.

- **Imprimerie :**

En ce qui concerne les imprimeries, deux types d'encres sont généralement utilisées : solubles à l'eau et non solubles à l'eau. Le manque de précaution lors du nettoyage peut être à l'origine d'une pollution élevée. Des encres solubles à l'eau peuvent représenter des rapports DCO/DBO<sub>5</sub> proche de 40. Pour les non solubles, les rejets éventuels de solvant au réseau représentent une pollution élevée, que des séparateurs à hydrocarbures retiendront difficilement. Un traitement physico-chimique serait plus adapté.

La pollution générée par les imprimeries est habituellement faible, mais elle dépend des conditions de mise en œuvre et d'élimination des différents produits utilisés. De plus, dans le cas d'encres à l'eau, les rinçages de rouleaux génèrent des pollutions très élevées et totalement non biodégradables.

#### 5.5.4. Synthèse des enquêtes industrielles

Au cours de 06 mois de vérification et visites sur terrain, plus de 230 unités ont été vérifiées à partir des matières premières jusqu'au point de rejets des effluents industriels, nous permettant, de reclasser les établissements retenues pour les enquêtes selon le type de pollution et secteur d'activité et d'autre part de définir les unités nécessitant des bilans et mesures.

Dans le tableau ci-dessous, la répartition des établissements par type de pollution et par zone industrielle, montre que 60 % des établissements sont implantés dans la zone d'Annaba, regroupés dans les différentes zones industrielles, ensuite, la zone de Guelma. Par ailleurs, le type de pollution dominant est celui qui provient de eaux résiduaires biodégradables toxiques.

Ce type de pollution concerne 138 établissements dont, 78 ayant des flux de polluants supérieurs aux seuils. Ces établissements feront l'objet de campagnes de mesures. Les flux polluants de 54

ne sont pas inclus dans la campagne de mesures, leurs flux polluants estimés étant inférieurs aux seuils.

Deuxième type de pollution, est celui qui provient des eaux domestiques standard, avec 54 unités. Les autres établissements feront l'objet d'un passage des équipes pour une vérification de leur activité, et selon les conclusions, feront l'objet de mesures.

Un autre type de pollution, c'est la classe des eaux résiduaires non biodégradables toxique, Eaux Résiduaires Industrielles avec présence de toxiques, dont l'inhibition est stable. Cette pollution est présente dans 15 établissements, dont 7 ayant des flux de polluants supérieurs aux seuils.

En termes de pollution minérale non biodégradable, on rencontre la classe des eaux résiduaires non biodégradable minérale, définie par 14 unités industrielles, dont 7 établissements ayant des flux de polluants supérieurs aux seuils.

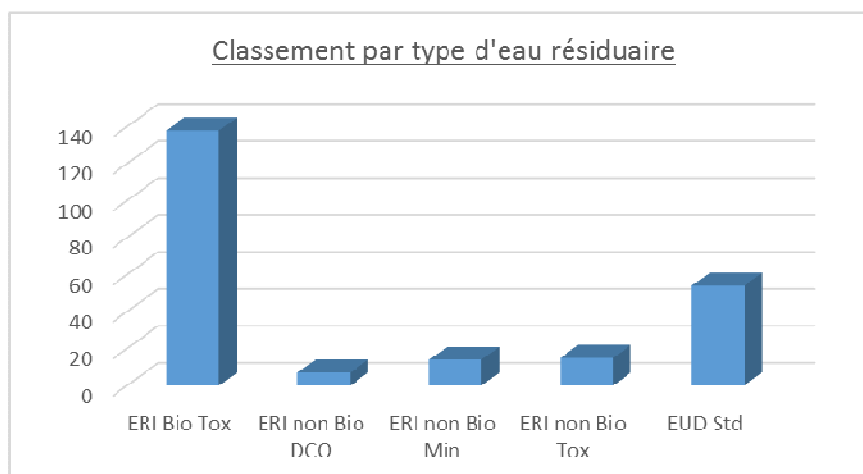
Dernier type de pollution est celui de la pollution chimique non biodégradable en DCO, définit par les Eaux Résiduaires Industrielles non biodégradable, avec un ratio  $DCO / DBO_5 > 3$ .

Le tableau suivant, présente l'ensemble des unités industrielles par classe des eaux résiduaires

**Tableau 32** : Classement des unités industrielles par classe d'eau résiduaire

WILAYA	Zone	ERI Bio Tox	ERI non Bio DCO	ERI non Bio Min	ERI non Bio Tox	EUD Std
ANNABA	Unités éparses	15			1	2
	ZAC Medjez Rassoul	1				
	Zone d'Activité commerciale - El Hadjar	3		2		1
	Zone d'activité commerciale - Sidi Salem	10		1	1	13
	Zone d'activité El Bouni	4				1
	Zone industrielle El Allelik - El Bouni	10	1	2	2	2
	Zone industrielle Koudiet M -Ain Berda	2				2
	Zone industrielle Meboudja -Sidi Amar	18	5		5	11
	Zone industrielle Pont Bouchet -El Hadjar	8	1	2	2	13
<b>Total zone d'Annaba</b>		<b>71</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>45</b>
EL TARF	Unités éparses	6			1	2
	ZAC AIN ALAM Deran	1				
	ZAC Brakna - Deran					1
	ZAC - Deran	4		1		1
	ZI- Dgerainia - Chabaita Mokhtar	2				1
<b>Total Zone d'El Tarf</b>		<b>13</b>		<b>1</b>	<b>1</b>	<b>5</b>
GUELMA	Unités éparses	22		1		
	Route Sedratta Guelma	21		3	2	2
	Zone industrielle de Belkhir	4				
	Zone industrielle El Fedjoug	7		2		
<b>Total zone de Guelma</b>		<b>54</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
Souk Ahras	ZI BP 42 Route Ain Beida				1	2
<b>Total Zone de Souk Ahras</b>					<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Total</b>		<b>138</b>	<b>7</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>54</b>
		<b>228</b>				

Le graphique suivant, résume les résultats présentés dans le tableau ci-dessus



**Figure 42 :** Classement des unités par type d'eau résiduaire

Parmi ces différents types de pollution, les métaux lourds présents dans certaines unités sont dû à la nature de l'activité, et dans certaines autres, sont induits par le procédé de la fabrication (utilisation des certains métaux sous forme de catalyseurs), nous citons les unités qui contiennent certains métaux lourds à savoir :

- Unités du complexe sidérurgique (Natures de l'activité et le traitement de surface)
- Centres d'Enfouissement techniques de Guelma et Ain Berda (provient de luxiviat)
- SYGMA de Guelma avec l'utilisation du traitement de surface
- IRIS de Sedrata, actuellement en cours de réhabilitation, l'utilisation du traitement de surface

Outre, il y a d'autres unités comme la récupération de la ferraille, mais sans rejets liquides apparents, où la pollution est définie par le lessivage des eaux pluviales qui s'infiltrent dans le sol ou par le lessivage vers l'Oued Meboudja.

La répartition des unités éventuellement polluantes par les métaux sont présentes dans la figure n°44.

Les établissements retenus par les enquêtes ont, ensuite, été regroupés par grand type d'activité entre industries chimiques et agroalimentaires. La synthèse de cette répartition est illustrée dans le tableau suivant, dont 101 unités, nécessitant un bilan et des mesures (annexe 6), parmi lesquelles 49 unités sont caractérisées par la pollution organique, et 52 caractérisées par la pollution chimique.

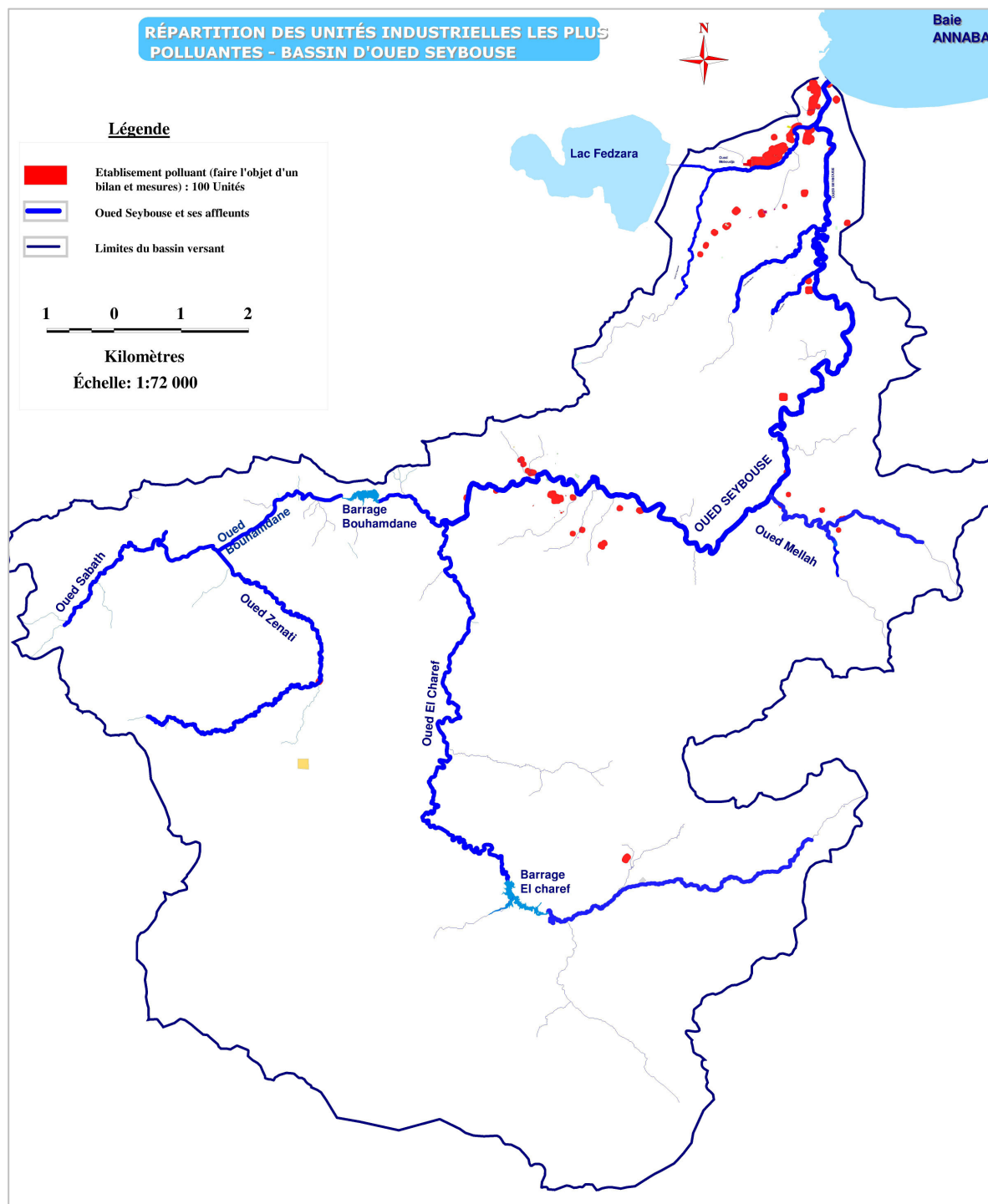
Pour les autres (118 unités), ne feront pas l'objet de la campagne de mesures, dont la pollution est caractérisée par une faible pollution ou sans rejets liquides.

**Tableau 33 :** Regroupement des unités par secteur d'activité

Enquêtes	Secteur agroalimentaire	Secteur chimique	Total
Faire de bilan de mesures	49	52	101
Pas de mesures	16	112	125
<b>Total</b>	65	163	228

La figure n°44, présente la répartition des unités potentiellement polluantes par les métaux lourds, avec eaux résiduaires non biodégradables toxiques à savoir trois (03) unités essentielles

- ◆ Le complexe Sidérurgique IMETAL (ex. d'Arcelor Mittal),
- ◆ L'unité de production des cycles et motocycles de Guelma, avec une unité de traitement de surface, mais qui est actuellement à l'arrêt, ayant une station d'épuration des eaux industrielles.
- ◆ L'Unité de production des serrureries « ERIS » de Sedrata, possède une unité de traitement de surface, elle est en cours de réhabilitation, dont ses effluents se déversent vers la station d'épuration de Sedrata.



**Figure 43 :** Répartition des unités industrielles polluantes dans Le bassin de la Seybouse

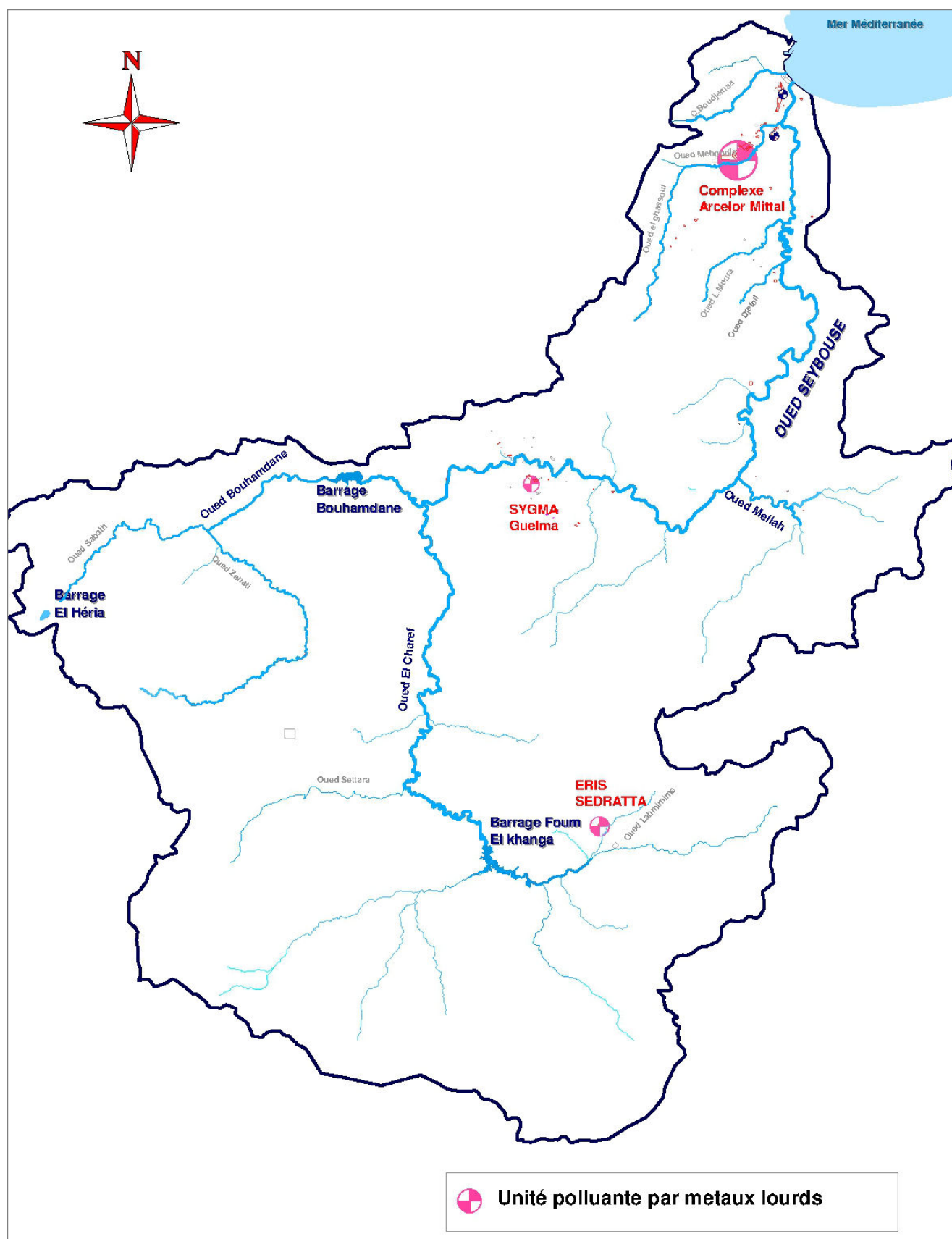


Figure 44 : Répartition des unités industrielles éventuelles polluantes par les métaux lourds

# **CHAPITRE 6 : MATERIELS ET METHODES**

## 6. Matériels et méthodes

### 6.1 Objectif de bilan et mesures

Suite à l'estimation théorique de la pollution et le classement des unités industrielles par type de pollution, qui doit se confirmer par des Bilans et mesures, soit au niveau de chaque unité industrielle potentiellement polluante, ou par des points de prélèvements dans les différents cours d'eau (Oued Seybouse, Oued Meboudja) pour quantifier les charges réelles polluantes et hydraulique et par conséquent, d'apprécier l'impacts des polluants provenant des industries sur le bassin versant de l'Oued Seybouse.

### 6.2 Organisation des mesures et bilans

Les enquêtes détaillées ont permis, comme il est rappelé au chapitre précédent, de sélectionner centaine établissements devant faire l'objet de prélèvements et/ou de bilans de pollution, pour chaque établissement, l'organisation est la suivante (BREF, 2003) :

1. Prise de contact, par téléphone ou sur place, avec un responsable de l'établissement dans le but d'obtenir l'autorisation et une date pour la réalisation du bilan ;
2. Vérification sur place de la faisabilité de l'installation des appareils de mesures ;
3. Installation du matériel ;
4. Récupération des données et des prélèvements chaque 24 heures ;
5. Dépose des prélèvements dans les laboratoires d'analyses retenus ; il s'agit de trois laboratoires dans notre cas à savoir :
  - ✓ Observatoire National de l'Environnement - ONED ;
  - ✓ Laboratoire agréé au niveau d'Annaba – Laboratoire Fath Allah,
  - ✓ Laboratoire agréé au niveau d'Annaba – Science LAB, laboratoire de contrôle de qualité et Conformité.

#### 6.2.1 Prélèvements

Pour ces campagnes de prélèvement, l'utilisation d'un échantillonneur autonomes « Préleveur isotherme », et ce pour les raisons suivantes :

- ✓ Fiabilité du volume prélevé.
- ✓ Multiplexage des échantillons permettant d'obtenir un échantillon moyen horaire en 4 prélèvements espacés de 15 min.
- ✓ 24 échantillons horaires soit 96 prélèvements permettant de choisir précisément la limite diurne / nocturne ;
- ✓ Absence de travail de nuit.
- ✓ Avec des enregistreurs de débit en parallèle, nous permettant de quantifier les charges polluantes réelles par effluent.

En fonction des prélèvements effectués et des mesures hydrauliques, un échantillon moyen proportionnel au débit sera réalisé. Il sera par la suite confié à un laboratoire d'analyse agréé.

Tout comme les appareils à mesurer le débit, même s'ils facilitent et fiabilisent les opérations, les préleveurs-échantillonneur autonomes ne sont pas exempts de dysfonctionnements.

La présence de flottants peut provoquer l'obstruction de la crépine d'aspiration. Ce risque est accru la nuit pendant la phase de plus basse hauteur d'eau. Pour limiter le risque d'une défaillance de fonctionnement, des visites de contrôle sont nécessaires. Cela permet de nettoyer le cas échéant la crépine et /ou de relancer le préleveur.

### 6.2.1.1 Prélèvements ponctuels

En plus, les bilans et mesures programmés au niveau des unités industrielles potentiellement polluantes, où la disposition de points et la quantité d'effluent rejetée, ne nous permettent pas d'installer des préleveurs automatiques avec enregistreur de débit, on prévoit des prélèvements ponctuels à travers trois échantillons par jour.

Comme il a été déjà signaler, il faut prévoir aussi, des prélèvements ponctuels au niveau de l'Oued Seybouse et d'autres points au niveau de l'oued Meboudja, ainsi que, des prélèvements au niveau des forages réalisés récemment sur le territoire du complexe IMETAL -Annaba..

## 6.3 Programme des mesures

Il faut établir un programme en fonction des variations des activités industrielles et selon les conditions climatiques.

Il faudra effectuer des mesures lors des jours d'activité où la pollution déversée est maximale : week-end pour les stations de services, Juin et juillet pour les boissons, début de semaine pour les abattoirs et en fin de semaine pour les nettoyages industriels...etc.

Dans le cas particulier, la campagne de mesures dans le complexe sidérurgique, doit être effectuée lors la période d'été, ou généralement, faire les vidanges annuelles pour les circuits fermés, susceptible d'être significative.

Les campagnes de mesures ont concerné 103 établissements se répartissant initialement de la façon suivante :

83 établissements devaient faire l'objet d'un bilan de pollution avec enregistrement du débit et réalisation d'un échantillon moyen proportionnel au débit sur une période de 24 heures. Pour certains établissements, ce bilan 24 heures a été reconduit 1 à 2 fois afin d'obtenir une meilleure connaissance des rejets de l'entreprise (48 à 72 heures).

Dans certains collecteurs principaux, et en particulier, au niveau du complexe d'IMETAL (ex. Arcelor Mittal), 10 points devaient faire l'objet d'un bilan de pollution avec enregistrement du débit et réalisation d'un échantillon moyen proportionnel au débit sur une période de 72 heures à 06 jours, afin d'obtenir une bonne quantification de la pollution déversée du complexe.

20 établissements devaient faire l'objet d'un prélèvement ponctuel sans mesures de débit. L'objectif de ces prélèvements était de valider le bon fonctionnement du prétraitement existant et/ou de confirmer ou infirmer la présence des polluants.

## 6.4 Choix des points de mesure

Le principe est de retenir les points principaux de déversement dans le milieu naturel (vérifier la possibilité d'accès et d'installation du matériel de mesures et prélèvements), ainsi que les points de déversement dans le milieu urbain.

En cas de prépondérance ou d'importance particulière d'une pollution industrielle déjà raccordée au réseau urbain, on procède à une campagne de mesures au niveau du rejet industriel avant le raccordement au réseau d'égout public ;

Il est préférable de choisir des points de mesures juste à la sortie des établissements industriels (pour quantifier les charges réelles hydraulique et polluantes) ;

Il faut éviter les endroits (points de prélèvement) dont l'effluent est stagné ou bien le regard est plein (afin d'en déduire un bilan aussi proche que possible de la réalité).

La mise en place du matériel de mesures, devrait être bien placée pour le protéger contre l'inondation du rejet.

Au niveau des cours d'eau, il faut choisir des points, nous permettant l'exploitation des résultats d'analyses, à titre d'exemple le prélèvement ponctuel pour l'Oued Seybouse, il faut prendre au moins trois points de prélèvements à savoir

- A son amont, pour savoir la qualité d'eau avant le déversement des polluants,
- Avant et après le raccordement de l'Oued Meboudja,
- Au niveau de l'exutoire, après le déversement de l'ensemble des effluents industriels.

Pour l'Oued Meboudja, on doit prévoir au moins 02 prélèvements :

- En Amont du complexe d'El Hadjar, afin de quantifier les flux polluants, qui proviennent du canal de vidange du Lac Fedzara. Ce dernier est réellement hors du Bassin versant.
- En Aval du complexe, pour définir la pollution potentielle qui provient du complexe ;

L'ensemble des unités ont fait l'objet d'un prélèvement de 24 heures. Les résultats sont illustrés dans l'annexe 7, et le tableau n°34 montre les unités qui ont fait l'objet d'un bilan de 48 heures.

**Tableau 34** : Unités Fait l'objet d'un prélèvement de 48 heures

ID	Nom	Wilaya	Zone	Description Activité
390	LAF	ANNABA	ZI. Meboudja Sidi Amar	Laminoir à froid : production de tôle
399	USINE A EAU	ANNABA	ZI. Meboudja Sidi Amar	Production d'eau industrielle

Dans le tableau suivant, les points de prélèvements au niveau des collecteurs du complexe sidérurgique fait l'objet des prélèvements de 72 heures à 06 jours.

**Tableau 35** : Collecteurs fait l'objet d'un prélèvement de 72 heures à 06 Jours

N° points	Zone	Cours d'eau	Bilan
PR1	Complexe sidérurgique- Arcelor Mital	Collecteur_Arcelor_P1	6 jours
PR2		Collecteur_Arcelor_P2	6 jours
PR4		Collecteur_Arcelor_P4	5 jours
PR5		Collecteur_Arcelor_P5	3 jours
PR6		Collecteur_Arcelor_P6	6 jours
PR8		Collecteur Arcelor _08	7 jours
PR9		Collecteur Arcelor _09	6 jours

En ce qui concerne les prélèvements ponctuels, où le bilan de 24 heures est impossible, sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 36 :** Unités fait l'objet d'un prélèvement ponctuel

ID	Nom	Description Activité
5	ALPA	Production de confiseries
31	PROMECH	Mécanique métallique
42	GTH	Maintenance et entretien des engins
55	SPA FERROVIAL	Construction de matériels et équipements ferroviaire
59	PARC COMMUNEL EL BOUNI	Lavage, vidange et graissage tous véhicules
102	ETV ESSAADA BRAHIMI	Lavage, vidange et graissage de bus
188	ETS CHENNAFI RABAH	Production de boissons
277	ABATOIR BOURIACHI	Abattage d'ovins et bovins
316	HUILERIE CHEGHAIB	Production d'huile d'olive
343	SAE (SOCIETE ABATTOIR EST)	Elevage avicole
379	HUILERIE OUED FRAGHA	Production d'huile d'olive
388	LFR (PLG)	Laminoir à fil et rond : fabrication de fil et rond à béton
407	LRB (PLG)	Laminoir à fil et rond

Des points de prélèvement ponctuels ont été effectués au niveau des cours d'eau principaux, voir le tableau n° 37.

**Tableau 37 :** Cours d'eau fait l'objet d'un prélèvement ponctuel

Points	Zone	Cours d'eau	Bilan
1	Sidi Salem	Oued Seybouse _Embouchure	Ponctuel
2	Guelma	Oued Bouhamdane	Ponctuel
3	Guelma	Oued Charef	Ponctuel
4	Guelma	Oued Seybouse amont	Ponctuel
5	Sidi Amar	Oued Meboudja P10	Ponctuel
6	Sidi Amar	Oued Meboudja P11	Ponctuel

## 6.5 Méthodologie

Compte tenu de la diversité de la nature des eaux résiduaires ainsi que des systèmes de transfert et de dilution, il n'existe pas de technique de prélèvement satisfaisante en toutes circonstances. Il est essentiel d'obtenir des prélèvements représentatifs du rejet et du milieu récepteur. En fonction du but à atteindre, le prélèvement sera manuel instantané ou automatique en continu (J. Rodier 2009).

Les campagnes de mesures en continu, ont nécessité l'installation d'un système de mesure du débit avec l'enregistrement des valeurs en continu ainsi que l'installation d'un préleveur autonome d'échantillon d'eaux usées en parallèle.

Le matériel de mesures utilisé est de production HYDREKA, cette dernière est spécialisée dans la métrologie. Les résultats ont été exploités dans le cadre d'une étude effectuée pour le compte du ministère algérienne de l'Environnement (MATEE, 2012) ;

Pour la mesure du débit le matériel installé a été choisi en fonction de l'objectif de mesure et les conditions d'écoulement.

Dans la plupart des cas une chaîne de mesure de type hauteur-vitesse a été installée.

Lorsque les conditions ne permettaient pas l'installation de ce type de chaîne de mesures, le débit a été calculé par la mesure d'une hauteur au niveau d'un seuil déversant calibré.

Les prélèvements ont été réalisés à l'aide de préleveurs-échantillonneurs 24 flacons. La fréquence de prélèvement, sur une période de 24 heures, était d'un échantillon toutes les 10 à 15 minutes soit 4 échantillons par flacon correspondant à une heure. L'échantillon moyen a été réalisé proportionnel aux mesures de débit.

Quand les conditions de sécurité du préleveur, ou les conditions hydrauliques (regard en charge) ne permettaient pas l'installation d'un préleveur, des prélèvements ponctuels ont été réalisés.

### 6.5.1 Mesures hydrauliques

#### 6.5.1.1 Principes de fonctionnement

- **Mesure de hauteur par sonde piézorésistive**

La méthode repose sur la mesure de la pression hydrostatique d'une colonne d'eau. Le poids de la colonne d'eau déforme une membrane, déformation proportionnellement linéaire à la pression appliquée. Cette déformation est transformée en signal électrique récupéré par l'enregistreur et traduit en hauteur d'eau.

Pour s'affranchir de la pression atmosphérique et de ses variations, un capillaire de « mise à l'air » relie l'extérieur à l'arrière de la membrane. Ceci permet d'obtenir une pression uniquement proportionnelle à la hauteur d'eau au droit du capteur.

Le matériel utilisé est une sonde PDCR 1830, dans une gamme de pression allant de 150 à 350 mbar couplée avec un capteur de vitesse ( $Q = V * S$ , avec  $S = f(H)$ )

Avec :

Q : débit ( $m^3/s$ )

S : surface ( $m^2$ )

V : vitesse ( $m/s$ )

▪ **Mesures par un Débitmètre à effet doppler « MAINSTREAM ».**

**Principe de mesures :**

**Hauteur :** par mesure de pression.

Utilisation d'une sonde de niveau piézorésistive

**Vitesse :** par effet Doppler.

Utilisation d'un capteur de vitesse à effet Doppler : Un faisceau d'ultrasons est émis par une sonde immergée, suivant l'axe de la canalisation. Ces ondes sont réfléchies par toutes les particules en suspension dans l'eau. Elles sont analysées pour déterminer la vitesse moyenne de l'eau.

L'installation d'un capteur hauteur – vitesse fait également l'objet de conditions qu'il est important de respecter afin d'obtenir des mesures cohérentes :

- La hauteur d'eau minimale requise pour une mesure correcte ne doit pas être inférieure à 5 cm,
- La vitesse de l'effluent ne doit pas être inférieure à 0,05 m/s,
- L'écoulement doit se faire sous un régime laminaire ; pour ce faire, il faut absolument respecter une section rectiligne (si possible 5 fois le diamètre en amont, au minimum), avec une pente homogène en amont et aval immédiat.
- La section en amont du capteur doit être géométrique et régulière : cadre, circulaire, ovoïde, ce qui permet de convertir avec une bonne précision, les hauteurs d'eau mesurées en section hydraulique.

Le capteur hauteur – vitesse est constitué d'une sonde mesurant la hauteur et d'une sonde mesurant la vitesse, sont fixées sur une plaquette métallique.

Cette plaquette métallique est elle-même fixée sur un cerclage inox ; ce dernier sera fixé dans la canalisation, de telle sorte à éviter au maximum les entraves à l'écoulement.

Le capteur hauteur-vitesse doit être installé en dehors de l'influence de confluences. Le site de mesure idéal se situerait à l'aval sans aucune influence d'arrivées de débit supplémentaires.

Il est nécessaire de placer le capteur hauteur-vitesse à une distance équivalente à 5 fois la hauteur d'eau maximale à l'amont ou 10 fois cette même hauteur à l'aval.

Le MAINSTREAM, comme indiqué, est ensuite programmé au moyen d'un ordinateur portable, et étalonné sur la base de la hauteur d'eau mesurée en radier de la section, en amont immédiat du capteur de mesure

Le logiciel WINFLUID permet de paramétrer le débitmètre en lui intégrant la section de l'ouvrage (128 coordonnées de points maxi), dans son programme, ce qui permettra de convertir directement les hauteurs d'eau mesurées en surface, et de ce fait, de pouvoir calculer les débits, suivant la formule générale du débit :  $Q = V * S$

La figure ci-dessous présente le débitmètre à effet Doppler –Mainstream VI et leur installation au niveau des collecteurs à grands diamètres.

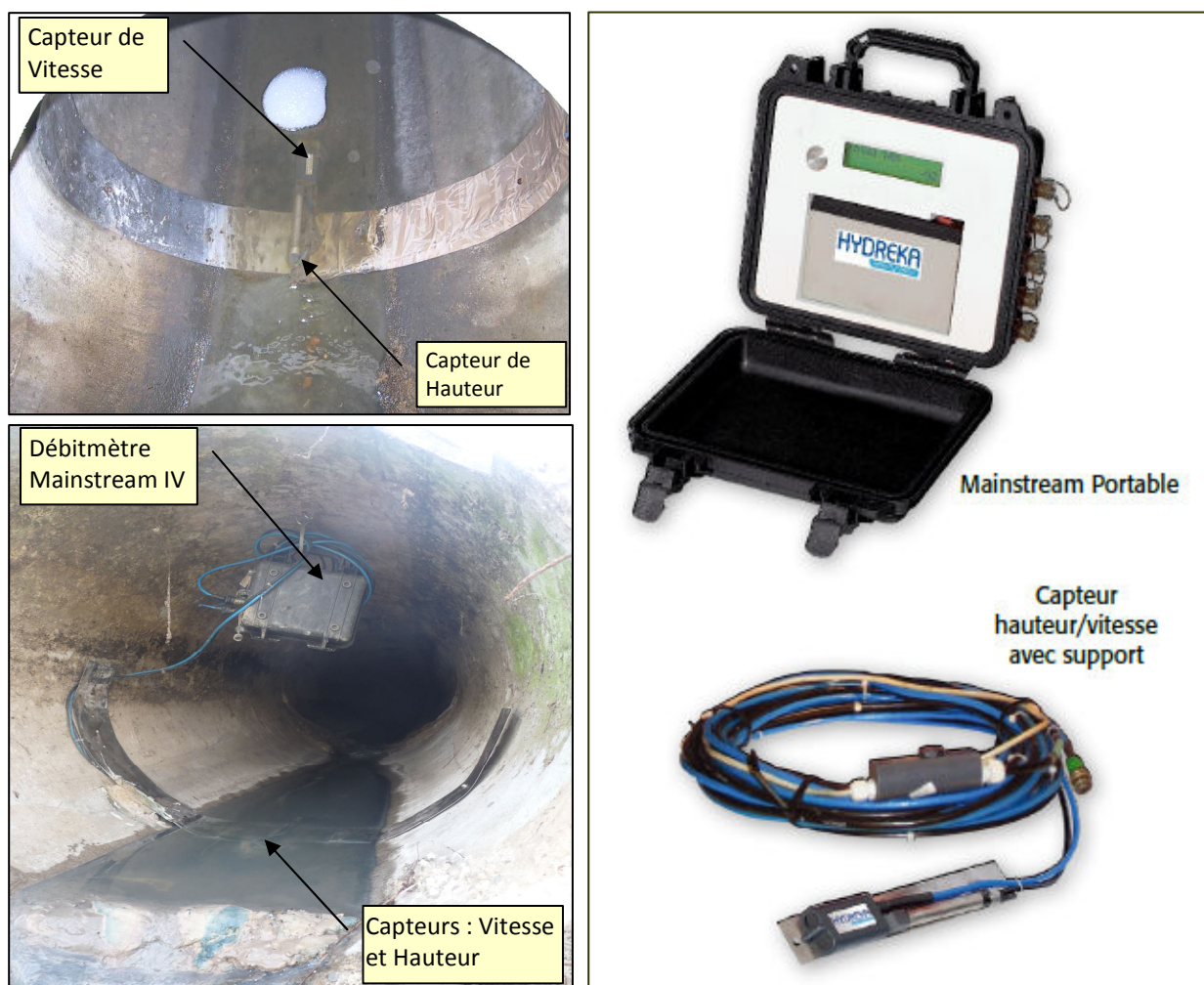


Figure 45 : Débitmètre hauteur vitesse–MAINSTREAM IV

- **Mesures par un Débitmètre hauteur /débit « Bulle à bulle ».**

Les débitmètres SIGMA sont adaptés aux mesures et aux enregistrements des débits dans les canaux ouverts, les Conduites en charge, et les lignes en surcharge.

Le débitmètre SIGMA 950 est utilisé généralement en conjonction avec un ouvrage primaire (déversoir, canal de mesure, conduite, etc.) ayant une relation connue entre le débit et la hauteur mesurée du liquide. Les SIGMA 950 mesurent la hauteur du liquide dans l'écoulement qui reflète le débit puis ils calculent les variations du débit en utilisant la relation hauteur-débit particulière à l'ouvrage primaire.

Le débitmètre vitesse-section SIGMA 950 AV mesure directement le niveau du liquide dans une voie puis calcule la section mouillée. En même temps, il mesure la vitesse moyenne de l'écoulement à l'aide d'une sonde à effet Doppler. La section mouillée multipliée par la vitesse donne le débit. Les débitmètres SIGMA 950/960 sont disponibles sur la base de trois techniques de mesure du niveau, parmi lesquelles :

- **Mesure de hauteur par Bulle à Bulle**

La technique du Bulle à Bulle consiste à envoyer un débit d'air dans un tube immergé de faible diamètre. La hauteur d'eau sera fonction de la valeur de la pression injectée nécessaire pour équilibrer la pression de la colonne d'eau.

Certaines de ces sondes ont été couplées avec un capteur de vitesse ( $Q = V * S$ , avec  $S = f(H)$ ) et / ou associées à un organe déprimogène calibré.

### 6.5.1.2 Dysfonctionnements possibles

#### ■ Sonde de hauteur

Les sondes de hauteur peuvent être arrachées par la vitesse d'écoulement ou être emportées par des objets (pierres, branches ...etc.). Il se peut également que la mise à l'air se bouche et/ou soit noyée. Dans ce cas on constate une dérive de la mesure. La sonde peut être recouverte par un dépôt rendant dans ce cas la mesure incohérente. Enfin, pour des hauteurs d'eau insuffisantes, les mesures peuvent rapidement diverger.

#### ■ Sonde de vitesse

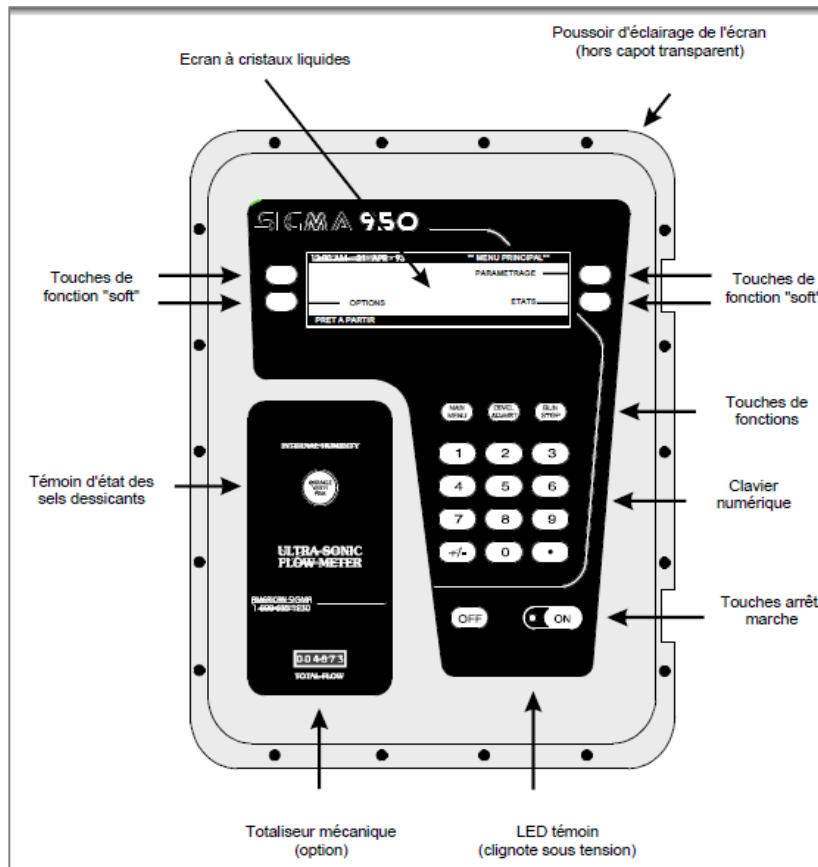
Tout comme les sondes de hauteur, les sondes de vitesses peuvent être arrachées, encrassées, détruites. De plus, au-delà d'une vitesse de 2,5 m/s, il y a un risque de plafonnement de la mesure.

#### 6.5.1.1 Implantation

L'implantation du site de mesures devra répondre à 2 critères :

- ✓ Ne pas présenter de risque pour les opérateurs et le matériel de mesure ;
  - ✓ Permettre une mesure représentative de l'établissement enquêté.
- ✓ **Paramètres mesurés et à enregistrer en continu sur site**
- Débits : continu, avec  $Q_j$  ;  $Q_h$  ;  $Q_p$  et lavage dissocié pour les grosses unités
    - $Q_j$  : Débit journalier ( $m^3/j$ ), et
    - $Q_{mj}$  : Débit moyen journalier ( $m^3/s$ ),
    - $Q_h$  : Débit horaire ( $m^3/h$ ),

La figure ci-après présente le débitmètre Bulle à Bulle et son installation au niveau des unités industrielles et les collecteurs pour mesurer le débit dans les petits diamètres.



Installation Bulle à Bulle + doppler dans un regard



Installation du Débitmètre Bulle à Bulle dans un regard

**Figure 46** : Débitmètre bulle à bulle et système d'installation

## 6.5.2 Mesures qualitatives

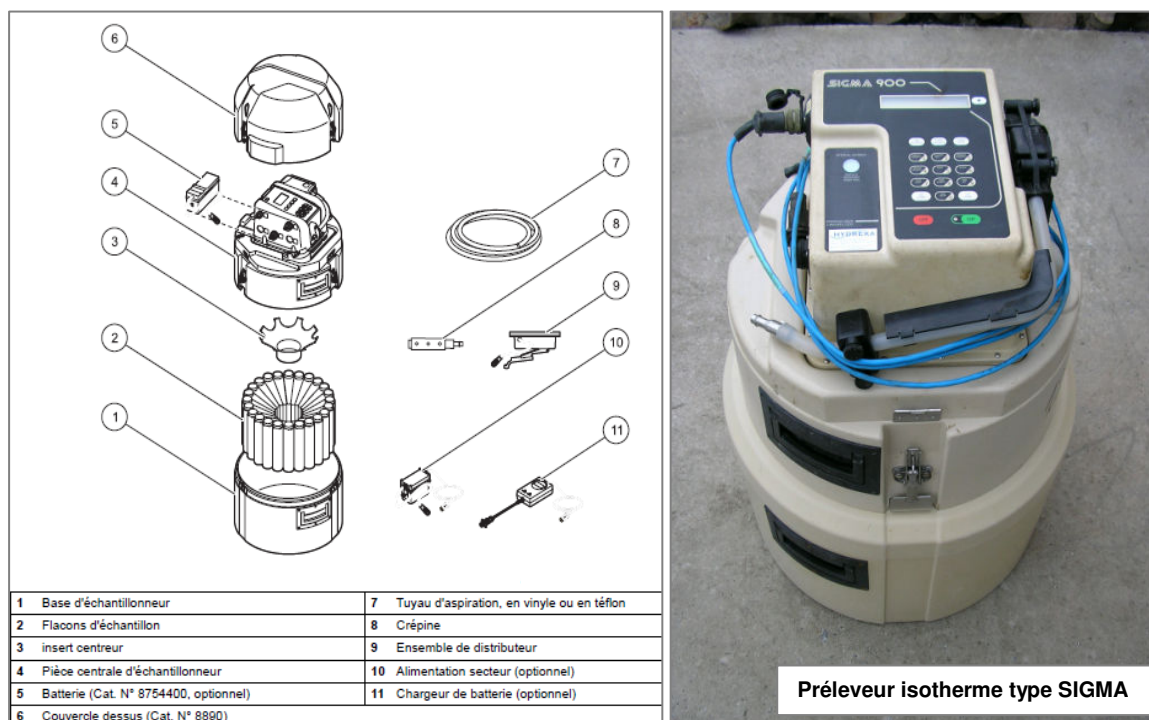
### 6.5.2.1 Prélèvements

Le choix technique retenu pour ce type de compagnes, c'est l'utilisation d'un préleveur – échantillonneur autonome pour les raisons suivantes :

- ✓ Fiabilité du volume prélevé et par conséquent, la qualité des analyses,
- ✓ Possibilité de multiplexage des échantillons permettant d'obtenir un échantillon moyen horaire en 10 prélèvements espacés de 6 min,
- ✓ 24 échantillons horaires soit 240 prélèvements permettant de choisir précisément la limite horaire,
- ✓ Diurne / Nocturne,
- ✓ Absence de travail de nuit.

Les préleveurs utilisés sont isothermes :

Les échantillons sont confectionnés selon les débits mesurés. Ils sont ensuite conditionnés et transportés en glacière à 4°C jusqu'au Laboratoire chargé d'effectuer les analyses. La série d'analyse réalisée sur les échantillons prélevés comporte les paramètres suivants : pH, DCO, DBO5, MES, NTK, NH4 et Pt, et pour certains points : Fer (Fe), Manganèse (Mn), Nickel (Ni), Cobalt (Co), Cadmium (Cd), Plomb (Pb), Chrome (Cr), Cuivre (Cu). Selon la nature de l'effluent.



**Figure 47 :** Préleveur autonome et isotherme

Le prélèvement d'échantillon à l'aide d'un préleveur –échantillonneur autonome, même s'il facilite et fiabilise le prélèvement, n'est pas à l'abri de dysfonctionnements. La présence de flottants peut provoquer l'obstruction de la crépine d'aspiration. Ce risque est accru la nuit pendant la phase de plus basse hauteur d'eau. Pour limiter ce dysfonctionnement des visites de

contrôle ont été effectuées. Cela permet de nettoyer le cas échéant la crépine et /ou de relancer le préleveur.

Dans le cas, où l'installation d'un préleveur autonome n'est pas possible, la réalisation des prélèvements ponctuels à l'aide d'une bouteille en plastique avec trois échantillons par jour est nécessaire.

### 6.5.1.2 Paramètres analysés

Les paramètres à analyser sont fixés selon des enquêtes qui ont été réalisées sur le terrain avant les campagnes de mesures, en fonction des facteurs liés à :

- La nature de l'activité,
- Le système d'assainissement et quel type de prétraitement existant doté,
- le type de rejet réellement déversé.

#### **Paramètres à mesurer in situ**

- pH : potentiel Hydrogène,
- CE : Conductivité ( $\mu\text{S/l}$ ),
- O<sub>2</sub> : Oxygène dissous (mg/l),
- T°C : Température.

#### **Paramètres physicochimique faisant l'objet d'une analyse**

- DCO : Demande chimique en Oxygène,
- DBO5 : Demande Biologique en Oxygène pendant 05 Jours,
- MES : Matières en suspension
- NTK : Azote Kjeldahl (\*)
- P(T) : Phosphore total
- Cl<sup>-</sup>: Chlorures,
- Huiles et graisses
- Hydrocarbures

#### **Métaux lourds faisant l'objet d'une analyse**

- Fer,
- Cuivre
- Chrome total
- Nickel
- Zinc

(\*) Le NTK représente la quantité d'azote correspondant à la somme des composés azotés réduits exprimés en N et comprenant l'azote organique R-NH<sub>2</sub> et l'azote ammoniacal NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

## 6.6 Réalisation de mesures et bilans

Les différentes campagnes de mesures et de pollution, qu'ont été réalisés durant la période 2012 à 2014 dans le cadre d'une étude réalisée pour le compte du ministère de l'environnement (MATE, 2014) par le bureau d'études SAFEGE, et dans l'ensemble des établissements présélectionnés polluants (103 unités), dizaine points de mesures au niveau des réseaux de collecte, et dans certain cours d'eau dont :

- ✓ 57 établissements ont fait l'objet des bilans prévus,
- ✓ 6 établissements initialement prévus avec enregistrement du débit et préleveur autonome ont été réalisés en ponctuel ; l'installation du matériel étant impossible,
- ✓ 22 établissements ont fait l'objet des prélèvements ponctuels,
- ✓ 10 établissements se sont avérés sans écoulement industriel de temps sec,
- ✓ 9 établissements n'avaient aucune production au moment des différentes visites ;
- ✓ 8 établissements ont été impossibles à instrumenter ;

Le bilan de différentes campagnes est présenté dans le tableau ci-dessous

**Tableau 38** : Bilan des campagnes de mesures et de pollution

Etat du bilan	Prélèvement 24 h ou plus	Prélèvement Ponctuel	Prélèvement de 72 h A 06 jours plus	Prélèvement Ponctuel	Total
	Unités industriels	Unités industrielles	Collecteurs –Complexe sidérurgique	Cours d'eau	
Bilan Réalisé	57	14	08	08	87
Pas de rejet	10	-	-	-	10
Pas de production	8	1	-	-	9
Mesure impossible	8				8
<b>Total bilans réalisés</b>	<b>57</b>	<b>14</b>	<b>08</b>	<b>08</b>	<b>87</b>

Les différentes raisons pour lesquelles les mesures n'ont pas été réalisées (Pas de mesures) dans certains établissements sont les suivantes :

- Absence de point de prélèvement, Puisard inaccessible (scellé) ou trop petit avec impossibilité de faire un prélèvement et d'installer un enregistreur du débit,
- Zone ATEX (atmosphères explosives) empêchant toute installation de matériels électriques,
- Mesure du débit en continue impossible mais prélèvement d'un échantillon ponctuel réalisable,
- Aucun rejet industriel de temps sec, en particulier pour les unités de récupération de ferrailles (Pas de rejet liquide en temps sec),
- Arrêt temporaire de l'activité du au caractère saisonnier de l'activité, à la modernisation de la chaine fabrication, au contexte économique.
- Arrêt imprévisible de certains établissements ;
- Des établissements sont en cours de réhabilitations pour longue durée.

### 6.6.1 Prélèvements réalisés

Les centaines d'établissements pour lesquels des bilans ont été réalisés représentent un volume total autour de 150 échantillons déposés aux laboratoires. En effet, suivant la nature de l'établissement, il a été décidé de doubler (48 h) voir tripler (72 h) le nombre de prélèvement 24 heures de façon à obtenir une meilleure représentativité des rejets de l'activité concernée. D'autre part certains établissements présentent plusieurs rejets qu'il a fallu équiper pour quantifier le rejet global de l'entreprise. Additivement au prélèvement au niveau des établissements, un bilan a été réalisé pour les collecteurs principaux du complexe sidérurgique d'El-Hadjar avec un volume d'une dizaine d'échantillons, qui ont été déposés au laboratoire, ayant pour objectif de quantifier la pollution réelle sortante du complexe.

### 6.6.2 Exemples des Points de rejets :

Les images ci-dessous montrent certains points de rejets du secteur agroalimentaire



Rejet du Bavarois

**Rejet de la Bavaroise :** C'est un rejet d'une unité de la production des boissons alcoolisées, ses effluents se déversent dans le milieu naturel (Oued Bouatout), néanmoins, l'unité est dotée d'un prétraitement, l'effluent chargé d'une pollution organique est susceptible de polluer la nappe phréatique d'Annaba d'une part et l'Oued Seybouse d'une autre part.

**Rejet des laiteries :** Les photos ci-dessous, montrent certains points de rejets des laiteries, le premier point est celui de Beni Foughal, qui se déverse dans l'Oued El Fejoudj, et ce dernier, rejoint l'Oued Seybouse au niveau de Guelma. Par Contre, le deuxième point qu'est la laiterie Edough, dont les effluents se déversent dans l'Oued Meboudja avant la confluence avec l'Oued Seybouse.



Rejet Laiterie Beni Foughal



Rejet Laiterie E DOUGH

**Figure 48 :** Photos de quelques points de rejets des laiteries

### 6.6.3 Détail des bilans de pollution par secteur NAA

Les unités industrielles faisant l'objet d'un bilan de pollution sont regroupées par secteur d'activité, puis par branche d'activité.

La campagne de mesures par secteur d'activité NAA est présentée dans le tableau 39 ci-après,

Tableau 39 : Bilan des campagnes de pollution par secteur NAA.

Secteur d'activité	Branche d'activité	Réalisé	Réalisé en ponctuel	Pas de rejet industriel tps sec	Pas de production actuellement	Total par Branche d'activité	Total par Secteur
AA	AA 01.2 <b>Élevage</b>	1		3	1	5	5
DA	DA 15.1 Industrie des viandes	5	2	1	1	9	47
	DA 15.3 Industrie des fruits et légumes	5				5	
	DA 15.4 Industrie des corps gras	5	2			7	
	DA 15.5 Industrie laitière	4				4	
	DA 15.6 Transformation des céréales et fourrages ; amidonnerie	2		3		5	
	DA 15.8 Autre Industrie alimentaire	1	1	1		3	
	DA 15.9 Industrie des boissons	6	4	2	2	14	
DG	DG 24.1 Industrie chimique de base	1		1		2	4
	DG 24.3 Fabrication de peintures et vernis	1		1		2	
DI	DI 26.1 Fabrication de verre et d'articles en verre	1				1	3
	DI 26.2 Fabrication de produits céramiques	1				1	
	DI 26.6 Fabrication d'ouvrages en ciment, en béton ou en plâtre	1				1	
DJ	DJ 27.1 Sidérurgie et production de ferro-alliages	4	2	1		7	13
	DJ 27.2 Fabrication de tubes en fonte ou en acier	2				2	
	DJ 27.3 Première transformation de l'acier	1				1	
	DJ 28.1 Fabrication d'éléments en métal pour la construction	1				1	
	DJ 28.5 Traitement des métaux ; mécanique générale				1	1	
	DJ 28.7 Fabrication d'autres ouvrages en métaux				1	1	
DM	DM 35.2 Construction de matériel ferroviaire roulant		1			1	1
DN	DN 37.1 Récupération de matières métalliques recyclables			6	1	7	7
EE	EE 41.0 Captage, traitement et distribution d'eau	1				1	1
FF	FF 45.4 Travaux de finition	4			1	5	5
GG	GG 50.2 Entretien et réparation de véhicules automobiles	12	4		1	17	17
<b>Total</b>		<b>59</b>	<b>16</b>	<b>25</b>	<b>19</b>	<b>103</b>	

Avec la codification de chaque secteur d'activité selon la nomenclature algérienne des activités « NAA » de l'office national de statistiques (ONS-2000), est définie dans le tableau suivant

**Tableau 40** : Codification des secteurs NAA.

<b>AA</b>	Agriculture, Chasse, Sylviculture
<b>DA</b>	Industries Agricoles Et Alimentaires
<b>DG</b>	Industrie Chimique
<b>DI</b>	Fabrication d'autres produits minéraux non-métalliques
<b>DJ</b>	Métallurgie Et Travail Des Métaux
<b>DM</b>	Fabrication de matériel de transport
<b>DN</b>	Autres Industries Manufacturières
<b>FF</b>	Construction
<b>EE</b>	Production et distribution d'électricité, de gaz et d'eau
<b>GG</b>	Commerce ; réparations automobile et d'articles domestiques

Le classement par secteur d'activité, montre que les différents secteurs fait l'objet de mesures et bilans dont les secteurs les plus présents qui sont ceux de l'industrie agricole et alimentaire, commerce, réparations automobile et d'articles domestiques (GG), métallurgie et travail des métaux (DJ) et un peu moins le secteur de la construction (FF).

Le secteur de l'industrie agroalimentaire est représenté par les trois branches d'activités essentielles, dont, l'industrie des boissons, l'industrie des corps gras et l'industrie des viandes.

Le deuxième secteur, celui de l'entretien et réparation de véhicules automobiles, est représenté par les stations de services et l'entretien des véhicules.

Le plus important secteur, celui de la métallurgie et le travail des métaux est représenté par les unités du complexe sidérurgique d'El-Hadjar.

Par ailleurs, l'absence de certains secteurs d'activités de cette campagne de mesures en termes de pollution liquide est due au peu de charges importantes à l'exception des déchets solides nécessitant un traitement physique.

#### 6.6.4 Répartition des bilans de pollution par zone :

Les bilans réalisés durant la période 2012-2014 à l'échelle du bassin versant de l'Oued Seybouse montre une répartition hétérogène, dont, 66% des prélèvements réalisés dans la basse Seybouse, 32 % des prélèvements au niveau de la moyenne Seybouse et un seul prélèvement dans la haute Seybouse au niveau de la zone de Sedrata. Cette répartition s'exprime par l'activité industrielle qui est concentrée dans la base Seybouse et en particulier au niveau de la wilaya d'Annaba, représentée par différentes zones industrielles et zone d'activités

- ✓ Complexe sidérurgique d'El-Hadjar
- ✓ Zone industrielle de la Meboudja
- ✓ Zone industrielle d'El Allelik
- ✓ Zone industrielle de pont Bouchet
- ✓ Zone d'activité de Sidi Salem et la ZAC d'El-Hadjar

Par ailleurs, au niveau de la moyenne Seybouse, l'activité industrielle est Basée dans les zones de Guelma et Bouchegouf, dont les unités industrielles sont éparses.

Les établissements sont répartis entre la zone industrielle d'El Fedjoudj et le centre-ville de la ville de Guelma, où se trouvent La sucrerie et l'abattoir ainsi que l'unité de Production de porcelaines- réfractaires (ETER) et l'usine de fabrications des motocycles (CYGMA).

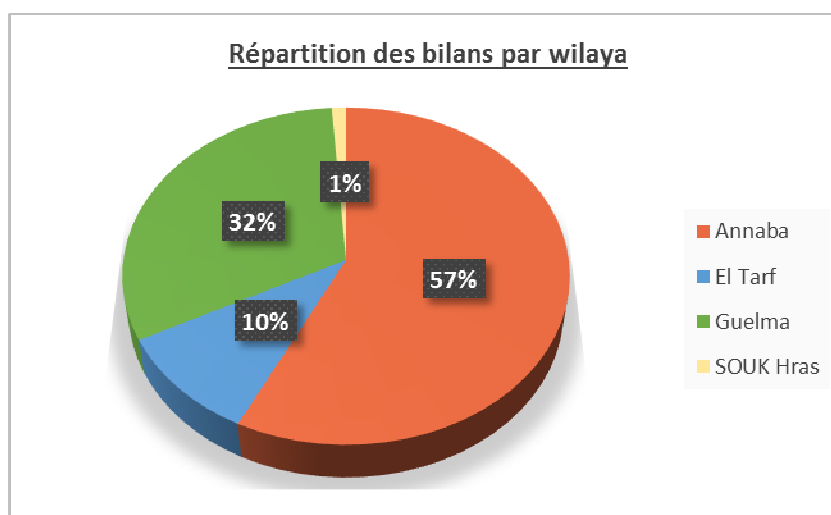
Pour les huileries sont éparses au long d'oued Seybouse à partir d'Medjez Amar jusqu'au Bouchegouf.

Dans la haute Seybouse (amont de l'Oued Seybouse), l'activité industrielle est presque négligeable représentée par certaines unités réparties entre Sedrata, Oued Zenati et Tamlouka, à l'exception d'une unité de fabrication de papier, d'une unité de production de serrureries (en cours de réhabilitation) au niveau de Sedrata et de certaines stations de services. Les autres ayant un caractère non polluant et agricole

Le tableau de la répartition des prélèvements par zone, avec une présentation graphique sont présentés ci-dessous

**Tableau 41:** Répartition des bilans de pollution par zone

Zone	Wilaya	Commentaire Mesures	Nombre unités	Bilans réalisés
Basse Seybouse	Annaba	Prélèvement réalisé	51	59
		Pas de mesures	6	
		Pas de rejets liquides	2	
	El Tarf	Prélèvement réalisé	8	
		Pas d'activité	1	
Moyenne Seybouse	Guelma	Prélèvement réalisé	28	28
		Pas de mesures	3	
		Pas de rejets liquides	1	
Haute Seybouse	Souk Ahras	Prélèvement réalisé	-	-
<b>Total prélèvements réalisés</b>			<b>87</b>	



**Figure 49 :** Répartition des bilans de pollution par wilaya

### 6.6.5 Contraintes et remarques constatés durant les campagnes des mesures

Lors des campagnes de mesures, il y a eu des remarques constatées sur site concernant les obstacles rencontrés et les caractéristiques spécifiques de chaque activité, qui nous permettant une bonne exploitation des résultats des analyses, ces observations sont résumées dans les tableaux ci-dessous classées par secteur d'activités NAA.

Tableau 42: Remarques constatés sur terrain – secteur Agroalimentaire

Code NAA	Totale unités	DESCRIPTION DE L'ACTIVITE	Points d'attention
AA	AA 01.2 Elevage	Elevage de volailles	L'utilisation de l'eau uniquement dans les vides sanitaires, À ce titre aucun bilan n'a été envisagé.
DA	DA 15.1 Industrie des viandes :	Abattage de bovins, ovins et chevaux	✓ - Abattage généralement se fait dans la matinée, entre 2H00 et 09H00 du matin, puis le nettoyage jusqu'à 11H00. - Le sang dans la totalité des abattoirs n'est pas récupéré et déversé vers le réseau. - Partie du déchet, ont déversés vers le réseau d'évacuation.
		Abattage de poulets et volailles	
		Abattage de dindes et poulets	
	DA 15.3 Industrie des fruits et légumes	Conserverie de tomates	Activité saisonnière, l'ensemble des effluents des conserveries sont déversés au milieu naturel sans aucun traitement, Les eaux résiduaires chargés en matières organiques
	DA 15.4 Industrie des corps gras	Production d'Huile d'olive	Activités saisonnière (03 mois par an), les effluents se déversent au milieu naturel sans aucun traitement, les effluents sont chargés en pollution organique en couleur noir. Les eaux résiduaires sont charges en huiles et graisses
	DA 15.5 Industrie laitière 04 Unités	Production de lait et dérivés	Activités permanente, les effluents sont déversés vers le réseau industriel sans aucun traitement.
	DA 15.9 Industrie des boissons	Production des Boissons	Cette activité, n'utilise pas l'eau dans la production à l'exception des rejets de nettoyage
	DA 15.6 Transformation des céréales	Production de semoule et farine	
DA 15.8 Autre Industrie alimentaire	Raffinage de sucre	Utilisation d'une grande quantité d'eau pour raffiner et produire le sucre, dans les eaux résiduaires déversent au réseau urbain.	

## 6.6.6 Secteur Chimie et divers

**Tableau 43** : Contraintes et remarques constatés sur terrain – secteur chimie et divers

Code NAA	NOM	DESCRIPTION DE L'ACTIVITE	Commentaire
DG	DG 24.1 Industrie chimique de base	Production et conditionnement de gaz industriels.	Les effluents industriels, proviennent de nettoyages de bac de production
	DG 24.3 Fabrication de peintures et vernis	Fabrication de peintures et vernis	
DI	DI 26.6 Fabrication d'ouvrages en ciment, en béton ou en plâtre	Fabrication de tuyaux en béton armé	L'origine des rejets, est de laitance du béton et les déchets de verre (rejets de nettoyage des bacs et de sol).
	DI 26.1 Fabrication de verre et d'articles en verre	Transformation de verre	
DJ	DJ 27.1 Sidérurgie et production de ferro-alliages	Production de la font, aciers et sa transformation en bobine, bielles, brames et rond à béton.	-Circuit de refroidissement, eaux de lavage des filtres ; - Huiles, eaux de neutralisation, passivation chromique (trivalent)
	DJ 27.2 Fabrication de tubes en fonte ou en acier	Fabrication des tubes spirale et sans soudure.	Eaux de circuit de refroidissement, eaux de lubrification.
	DJ 27.3 Première transformation de l'acier	Laminoir à froid : production de tôle	Huiles, eaux de neutralisation, passivation chromique (trivalent)
	DJ 28.1 Fabrication d'éléments en métal pour la construction	Fabrication de charpente métallique, chaudronnerie, équipements industriels	Rejets de purges de chaudières, lubrifiants et de nettoyage de sol.
	DJ 28.5 Traitement des métaux ; mécanique générale	Mécanique de précision, mécanique auto, et production de cycles et motocycles	Pas de rejets aqueux industriels
	DJ 28.7 Fabrication d'autres ouvrages en métaux	Fabrication de treillis soudés, poutre métalliques et serrureries	Pas de rejets liquides, déchet de calamines.
DM	DM 35.2 Construction de matériel ferroviaire roulant	Construction de matériels et équipements ferroviaire	Circuit de refroidissement, rejet de nettoyages de sol.
DN	DN 37.1 Récupération de matières métalliques recyclables	Récupération de ferraille : coupage et tassage	- Pas de rejets liquides en temps sec, lessivages par les pluviales.
EE	EE 41.0 Captage, traitement et distribution d'eau	Traitement et production d'eau industrielle	Rejets des produits de traitement, eaux de lavage des filtres, eaux de purges
FF	FF 45.4 Travaux de finition	Production de carrelage	Généralement, des circuits fermes des eaux de production avec vidange des bassins de décantation une fois par trimestre à semestre.
GG	GG 50.2 Entretien et réparation de véhicules automobiles	Lavage, vidange et graissage automobile et maintenance	Fuites des Huiles de vidange et l'eau de lavage avec trace des hydrocarbures

## 6.7 Traitement des résultats et l'estimation des charges polluantes

### 6.7.1 Généralités

Les résultats des différents bilans, ont été communiqués auprès des laboratoires cités ci-dessus avec une fiche par point de mesure est élaborée au niveau de laboratoire pour chaque établissement.

Ensuite, c'est difficile de présenter chaque unité par une fiche d'analyse. Pour certains établissements à l'échelle du bassin versant de l'Oued Seybouse, la préparation des tableaux regroupant les mesures hydrauliques et mesures qualitatives proviennent des laboratoires en fonction des secteurs d'activité et par zone géographique.

Vu le nombre important des unités étudiées, on présente, seulement, quelques caractéristiques principales de chaque unité à savoir :

- ✓ L'identifiant de chaque établissement (suivant la base de données)
- ✓ La date, l'heure et la durée de prélèvement
- ✓ Le nom de l'établissement industriel,
- ✓ Le type de bilan,
- ✓ Le volume par 24 heures,
- ✓ Les paramètres à analyser,
- ✓ La charge polluante pour les bilans de 24 h, 48 h et 72 heures ou plus.

### 6.7.2 Méthodes de références

Chaque paramètre spécifique, minéral ou organique, dosable en eau naturelle peut l'être également en eau résiduaire, à condition parfois de respecter certaines règles et/ou d'appliquer certains prétraitements de l'échantillon prélevé.

Si l'analyse ne porte que sur les espèces dissoutes, l'échantillon devra être tout d'abord débarrassé de ses matières en suspension. Dans ce cas, si l'analyse fait appel à des méthodes spectrométriques d'absorption moléculaire ou à des méthodes titrimétriques (volumétriques) avec indicateurs colorés, la couleur de l'eau résiduaire peut évidemment interférer. Bien que certaines méthodes aient été utilisées pour limiter cette interférence (clarification par addition de sulfate d'aluminium, extraction de l'élément à doser par un solvant, etc.), il est plus judicieux, dans ce cas, de choisir des méthodes de dosage où la couleur de l'eau ne présente pas ou très peu d'interférence.

Dans notre travail, certains paramètres sont analysés directement sur site et pour les autres paramètres les analyses sont effectuées au niveau des laboratoires avec des méthodes à respecter (J. Rodier 2009) .

Les Mesures in situ (Température, pH, Oxygène dissous et conductivité) ont été effectuées à l'aide d'un appareil multi paramètres HQD – HACH.

Pour le dosage des paramètres physicochimiques (DBO<sub>5</sub>, DCO, MES, chlorures, NTK, et Phosphore total) et les métaux lourds (Fer, cuivre, Zinc, Chrome total et le Nickel) ont été effectués selon les méthodes de références présentées dans le tableau n°44.

**Tableau 44** : méthodes de dosages des éléments physicochimiques et métaux lourds

Paramètres	Méthode/Référence
PH	NFT 90 008
Conductivité électrique	NFT 90 031
DBO <sub>5</sub>	Méthode de dilution Afnor : NF EN 1899-1
DCO	Méthode photométrique (HI 83099- HI 83200)
MES	Méthode de filtration AFNOR : NF EN 872
Chlorures	Méthode par titrimétrie Afnor : NF iso 9297
Azote Kjeldahl	J. Rodier / Méthode photométrique (HI 83099)
Phosphore total	Méthode photométrique (HI 83099- HI 83200)
Huiles et hydrocarbures	Méthode photométrique (HI 83099)
Les métaux lourds (Fe, Cu, Zn, Cr, Ni)	Spectrophotomètre UV-visible light wave 2 (190nm-1100nm).

### 6.7.3 Détermination de la charge polluante

L'estimation de la charge polluante d'un effluent industriel, nous permettant d'avoir la quantité de la pollution réelle et leur impact sur le milieu récepteur,

A la base de mesures des débits journaliers maximaux et débits de pointe horaires, en fonction des concentrations indiqués dans les résultats des analyses, nous allons estimer les charges polluantes, (**KAPEPULA L, 2015** et **BREF, 2003**).

Les valeurs moyennes des charges polluantes ont été calculées selon la formule suivant

$$\text{Charge polluante (Kg/j)} = Q \text{ rejet} \times C_i$$

$C_i$  : concentration du paramètre en mg/l

$Q$  rejet : débit de rejet journalier en m<sup>3</sup>/j

Les charges polluantes calculés au niveau des unités industrielles et les collecteurs principaux sont présentés dans les tableaux des résultats des analyses.

### 6.7.4 Résultats des analyses chez les industriels

Les résultats des mesures et d'analyses effectuées au niveau des unités industrielles durant la période 2012-2014, l'ont été en fonction des différents rythmes d'activité des entreprises (pour certaines activités saisonnières, des unités étaient à l'arrêt pour reprendre ultérieurement l'activité, changement de l'activité...etc.).

Les résultats, des campagnes de mesures et bilans de pollutions, sont représentés dans les tableaux ci après, des graphes ont été établis à la base des résultats d'analyses et des charges polluantes, en fonction du secteur d'activité, du type de bilan d'une part, et par zone hydrographique ;

A cet effet, et pour une bonne interprétation des résultats d'analyses, Le Bassin versant de la Seybouse est découpé en trois zones hydrographiques essentielles regroupant les différentes zones industrielles et unités éparses, à savoir :

La basse Seybouse

La moyenne Seybouse

La zone haute de la Seybouse

Au niveau de la basse Seybouse et vu l'importance du complexe sidérurgique d'El-Hadjar et son impact sur le milieu naturel (Nappes souterraines et Oued Seybouse), il sera présenté comme un cas particulier avec plus de détails, parce qu'il fait partie de mon travail de publication « Charges polluantes générées par le complexe sidérurgique d'El-Hadjar ».

## 6.8 Conclusion :

Suite à la synthèse des enquêtes industrielles, nous avons préconisé l'organisation de la campagne de mesures, suivant la démarche suivante :

- Matériel de mesures et laboratoire d'analyse ;
- Programme de mesures ;
- Fréquences de la Campagne ;
- Choix de points de mesures ;
- Choix des jours de mesures ;
- Cadence de mesures et de prélèvement.

Les campagnes de mesure de débit et de pollution se sont déroulées durant la période 2012 à 2014. Lors de ces campagnes de mesures, certaines contraintes ont été rencontrées sur le terrain, parmi lesquelles certaines s'expliquent par :

- le rythme d'activité (des dizaines d'unités étaient fermées ou hors activités durant les jours de visites et d'échantillonnage, et d'autres unités ont changé d'activités) ;
- la variation de la production notamment pour les activités saisonnières, pas de rejet liquides pour certains établissements (Récupération des métaux).

Mais aussi, il y a des difficultés au niveau de l'installation du matériel de mesures, dans certaines unités entre autres, le système de collecte est inaccessible, et des fois, il n'y a pas un endroit d'emplacement du matériel, ainsi que, les réseaux d'évacuation sont pleins d'eau.

Pour cela, dans certaines unités industrielles des prélèvements ponctuels se sont imposés au lieu de faire des bilans de longue durée (24, 48 ou 72 h), et dans certains autres, l'échantillonnage était impossible.

Aux alentours des industries, au niveau du milieu récepteur (Oued Meboudja et l'Oued Seybouse), plusieurs prélèvements ponctuels, ont été réalisés, pour estimer réellement le transport et le développement des polluants par rapport à ceux quantifiés chez les

industriels, et par conséquent, l'évaluation de l'impact sur l'Oued Seybouse par cette pollution industrielle.

Par ailleurs, et après l'achèvement de la campagne, l'ensemble des prélèvements qui ont été effectués sont résumés comme suit :

#### **Prélèvements chez les industriels**

57 bilans (24, 48 ou 72 h) avec enregistrement du débit ;

02 unités avec bilans de 48 heures

55 unités avec bilans de 24 heures

15 prélèvements ponctuels dont, 06 unités étaient prévues avec bilans de 24 heures et 09 unités étaient prévues ponctuels

#### **Réseaux collecteurs principaux –Complexe sidérurgique d'El Hadjar**

08 prélèvements avec bilans de 06 jours

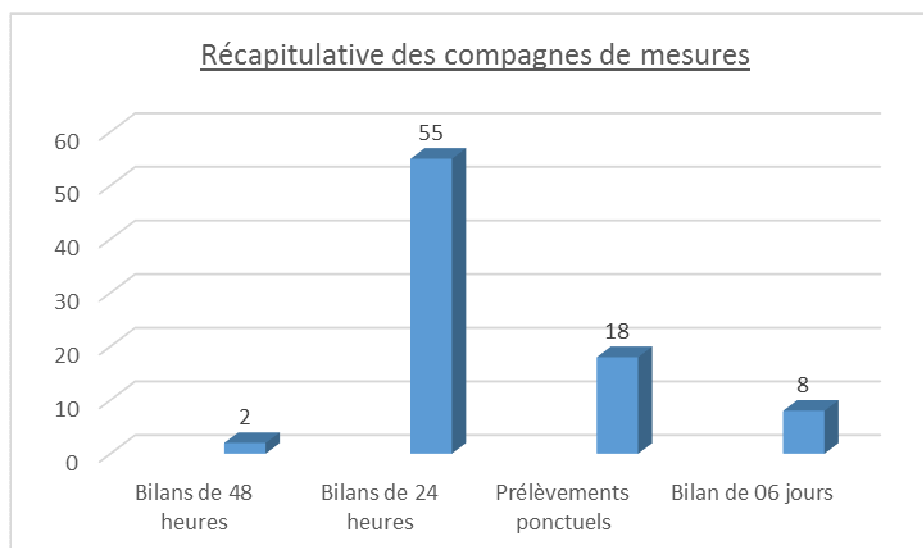
Au niveau des Cours d'eau

08 prélèvements ponctuels

Concernant les établissements où l'on n'a pas pris de mesures, c'est qu'ils n'étaient pas en activités et certains n'avaient pas de rejets industriels.

Par ailleurs, les unités dont les prélèvements ponctuels ont été réalisés, nous avons fait une estimation du débit en fonction des informations recueillies sur le terrain (la consommation d'eau, la capacité de production et l'effectif ainsi que sa taille par rapport un autre similaire).

L'ensemble des résultats mesurés durant les différentes campagnes de mesures sont récapitulés dans les tableaux ci-après :



**Figure 50 :** Les charges polluantes générées par les conserveries de tomate

# **CHAPITRE 7 : RESULTATS ET DISCUSSION**

## 7. Résultats et Discussion

En raison de la complexité, de la multiplicité et de la diversité des rejets, sur l'ensemble du bassin versant de l'Oued Seybouse, Il difficile d'exploiter et commenter ces résultats par unité industrielle, mais nous allons les exploiter par groupe d'activité d'une part et par sous bassin hydrographique d'une autre part.

Par conséquent, la discussion des résultats nécessitant une représentation graphique par dizaine de groupes d'activité puis par secteur d'activité et en fin par sous bassin versant vont nous aider pour quantifier la pollution à l'échelle du bassin de l'Oued Seybouse.

### 7.1 La zone haute du B.V d'oued Seybouse :

Au niveau de cette zone, à l'exception de 02 unités industrielles qui sont en cours de réhabilitation, aucune activité industrielle en production durant la période de notre travail n'a été remarquée, par ailleurs, on note la présence de certaines unités de production du tissu agricole, mais sans rejets liquides (semoulerie, production de semences), parmi les établissements ERIS, SARL complexe algérien de papeterie et CCLS de Tamlouka.

Par conséquent, la zone haute du BV, représentée graphiquement par trois affluents essentiels de l'Oued Seybouse (Oued Charef, Oued Sabath et Oued Zenati), n'indique pas de pollution industrielle.

### 7.2 La moyenne Seybouse :

La moyenne Seybouse couvre essentiellement la zone de Guelma–Boucheougouf. Cette zone est identifiée par cinquantaine d'unités industrielles réparties entre la zone de Guelma et Boucheougouf.

Dizaine d'unités industrielles ont été concernées par les prélèvements, dont l'interprétation de leurs résultats est représentée par secteur d'activité

#### 7.2.1 Qualité de l'eau Oued Seybouse et leur affluents principaux

Des prélèvements ponctuels ont été faits au niveau des cours d'eaux concernés par notre étude, ce qui nous permet d'évaluer l'impact des effluents industriels sur le bassin versant de l'Oued Seybouse.

Deux points de prélèvements à l'amont de la moyenne Seybouse où le bassin n'est pas pourvu d'industrie à l'exception des stations de service au niveau des deux grands affluents constituant l'Oued Seybouse (Oued Bouhamdanne et Oued Charef).

**Tableau 45:** Résultats des paramètres physicochimiques (mg/l) - rejets conserveries

Cours d'eau	DBO5	DCO	MES	NTK	Pt	Cl <sup>-</sup>	Huiles-Graisses	Rapport DCO/DBO
Oued Bouhamdane	25	41	30	3,8	0,31	139	0	1,65
Oued Charef	13	22	25	3,8	0,1	176	0	1,7
Oued Seybouse	9,0	17,0	40,0	1,0	0,1	190	0	1,9

Les résultats montrent des concentrations faibles pour tous les paramètres, et inférieures aux valeurs limites d'un cours d'eau. L'Oued Bouamdane et l'Oued Charef présentent des matières organiques biodégradables, dont le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> est inférieur à 2 .

## 7.2.2 Secteur Agroalimentaire

Dans ce chapitre, les résultats obtenus sont présentés graphiquement sous formes des charges polluantes par branche d'activité (NAA).

### 7.2.2.1 Industrie des fruits et légumes

Dans cette branche d'activité, on s'est limitée aux conserveries de tomate, dont Les résultats d'analyses effectuées au niveau des conserveries sont reportés dans le tableau suivant :

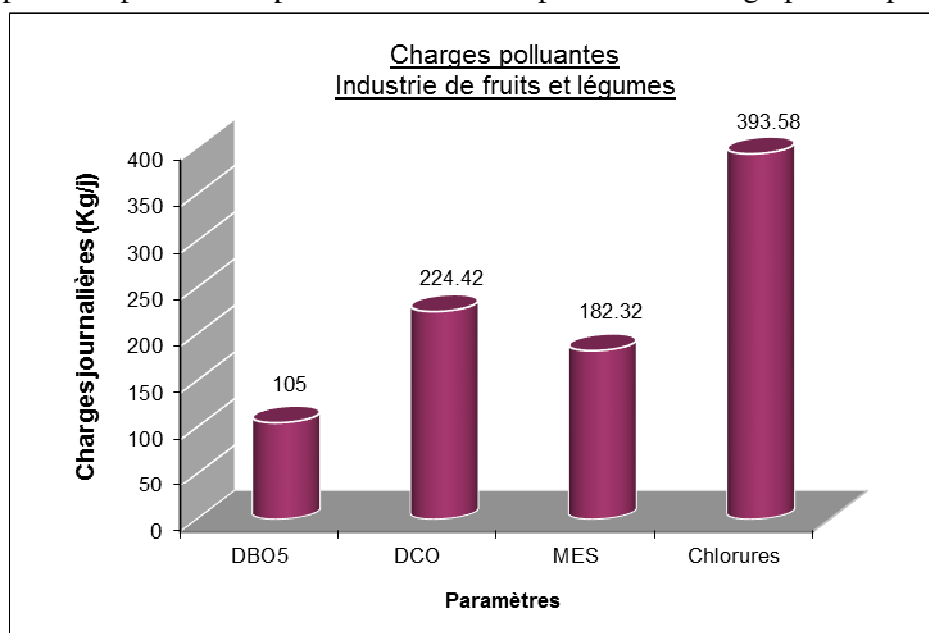
**Tableau 46** : Résultats des paramètres physicochimiques - rejets conserveries

Conserveries	Volume (m <sup>3</sup> /j)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DCO (mg/l)	MES (mg/l)	NTK (mg/l)	Pt (mg/l)	Chlorures (mg/l)	Rapport DCO/DBO
CONSEVERIE DU SUD	129,00	168,0	390,0	196,0	42,4	5,2	1420,0	2,32
CONSEVERIE ABDID	108,00	166,0	350,0	920,0	69,0	4,3	710,0	2,11
CONSEVERIE BEN	269,00	175,0	320,0	140,0	34,1	5,2	355,0	1,83
AMOR-CAB 2	182,00	104,0	276,0	110,0	49,1	3,0	210,0	2,65

Les résultats au niveau des conserveries, montrent des teneurs très élevées en DCO, DBO<sub>5</sub>, MES ainsi que les chlorures. Les teneurs dépassent les normes algériennes et les normes européennes (*JORA, 2006; FC. Conseil 2009*).

Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> est varié d'une unité à l'autre, mais avec une valeur max qui est de 2,65, dont la pollution est facilement biodégradable.

Les charges polluantes calculées à partir des résultats des analyses et les débits des effluents mesurés en parallèle pendant les prélèvements sont représentés sur le graphe ci-après :



**Figure 51** : Les charges polluantes générées par l'industrie de fruits et légumes

Le graphique, montre des charges journalières très élevées en DCO et DBO<sub>5</sub> (>224 Kg/j en DCO) qui s'explique par la nature de l'activité, ainsi que de fortes charges en MES liées aux résidus de tomates véhiculés par les effluents rejetés.

Par ailleurs, la présence des chlorures avec une charge journalière importante est liée à la régénération des résines échangeuses d'ions pour les opérations de déminéralisation et le rejet du concentrât d'osmose inverse.

En résumé, les eaux résiduaires des conserveries de transformation de tomate sont chargées en pollution biodégradable qu'elles déversent dans la moyenne Seybouse pendant la période d'étiage.

### 7.2.2.2 Industrie des corps gras

L'activité de trituration des olives constitue une source de pollution "majeure" pour les eaux d'un certain nombre d'oueds algériens. En effet, les eaux résiduaires de l'industrie oléicole (margines) sont des eaux acides et chargées en polyphénols, ayant de ce fait un caractère inhibiteur de l'activité bactérienne et phytotoxique (Cloutier S, 2012)

La caractérisation physico-chimique des margines montre qu'il s'agit d'un effluent acide fortement polluant et nuisible. En effet, l'effluent présente des valeurs élevées en matière organique polluante (DCO et DBO<sub>5</sub>) et des concentrations importantes en composés phénoliques. Ces derniers constituent de forts inhibiteurs de la flore d'où la toxicité élevée de ces rejets.

Le bilan, de pollution réalisée sur 24 heures à 48 heures des paramètres mesurés in situ, ne répond pas aux normes de rejet industriel. Les résultats sont représentés dans le tableau ci-dessous

**Tableau 47 :** Valeurs des paramètres *in-situ* dans les huileries

Huilerie	Oxygène dissous	Conductivité (µS/cm)	pH	T °C
SARL CHEMLAL	0,2	7040,0	5,21	11
HUILERIE MERDES	6,18	871,33	5,1	-
HUILERIE YOUNS AHMED	0,19	1097,0	5,4	18,6
HUILERIE EL DJOUDA	0,20	1003,0	5,2	14
HUILERIE LOUZA MANEL	0,2	13130,0	5,2	16

Les résultats des paramètres mesurés in situ, permettent de ressortir :

- Les valeurs de l'oxygène dissous qui sont très faibles (<1 mg/l) à l'exception d'une seule valeur celle de l'huilerie Merdes (6 mg/l). Cela s'explique par les fortes charges organique et inorganique où le milieu est invivable pour la faune et la flore,
- Pour les valeurs de la température sont répons aux normes d'un rejet industriel (inferieurs à 30°C).
- Les valeurs du pH (potentiel d'hydrogène) montrent un pH acide (pH < 6.5) dans toutes les unités. Ceci est du probablement aux rejets des margines, qui proviennent des eaux acides.
- Par contre, les valeurs de la conductivité électrique sont relativement élevées dues en effet à la présence des sels minéraux dans les eaux résiduaires".

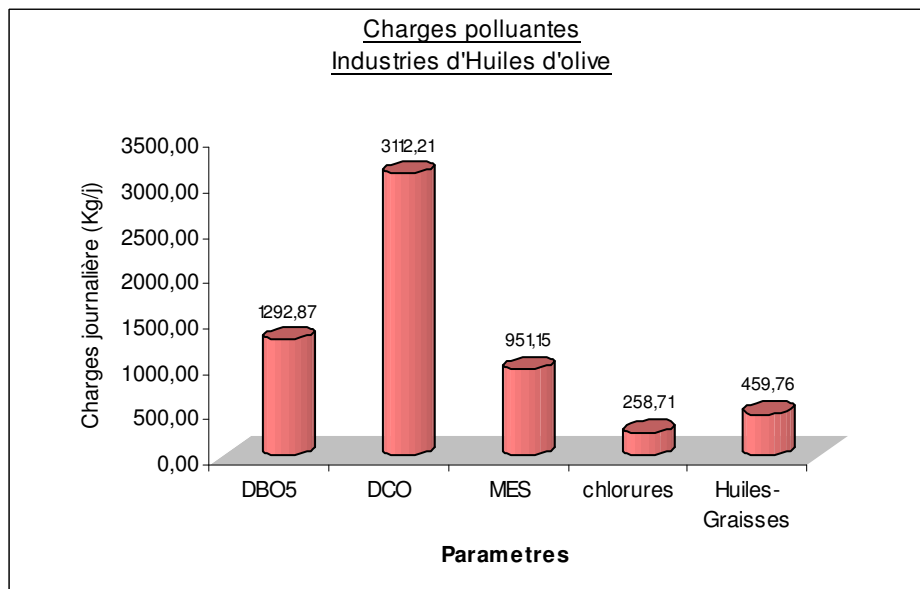
Les résultats des paramètres physicochimiques révèlent des teneurs très élevés pour tous les paramètres, et en particulier la DCO, la DBO<sub>5</sub> et les MES ainsi que les huiles et graisses, avec une faible biodégradabilité, dont le ratio DCO/DBO<sub>5</sub> < 2,5. Cependant, nous remarquons que les paramètres de l'effluent sont supérieurs aux valeurs réglementaires (JORA, 2006).

Les résultats des paramètres physicochimiques sont illustrés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 48** : Résultats des paramètres physicochimiques -rejets huileries en mg/l

Huileries	Volume (m <sup>3</sup> /j)	DBO5	DCO	MES	NTK	Pt	Cl <sup>-</sup>	Huiles-Graisses	Rapport DCO/DBO
SARL CHEMLAL	5,90	13954	40327	11860	107	154	1109	8175	2,89
HUILERIE MERDES	61,3	14990	35080	9420	419	285	2390	3860	2,34
HUILERIE YOUNS AHMED	4,60	11840	29570	6810	611	387	5546	2175	2,50
HUILERIE EL DJOUDA	6,80	10150	27110	13620	528	249	5103	5910	2,67
HUILERIE LOUZA MANEL	4,20	9450	21830	10915	704	7	4437	8210	2,31
HUILERIE OUED FRAGHA	4,00	7791	19530	11420	670	83	6650	7154	2,51
HUILERIE CHEGHAIB	6	16220	38950	14710	183	7	36	10270	2,40

Les flux polluants correspondants, sont estimés à partir du volume moyen journalier retenu autour de 6 à 7 m<sup>3</sup>/j. Les valeurs obtenues des charges polluantes sont illustrées graphiquement comme suit :

**Figure 52** : Les charges polluantes quotidiennes des industries oléicoles

Le graphe ci-dessus montre des forts flux polluants, avec une charge totale plus de 3000 kg/j en DCO, 1200 Kg/j en DBO5 et 460 Kg/j en chlorures, provient de l'industrie oléicole (margines) se déversent vers oued Seybouse durant la période (Décembre - Février) sans aucun traitement.

Les margines sont peu biodégradables à cause des substances phytotoxiques et antimicrobiennes (phénols, acides gras volatiles, insecticides, etc.) qu'elles contiennent.

En effet, l'industrie des corps gras présente une forte pollution biodégradable et non biodégradable (polyphénols, acides gras volatiles, insecticides, etc.). Selon plusieurs études, généralement les polyphénols présentent 1 à 1.5%, en raison d'esters de pulpe d'olive et d'hydrolyse des glycosides, produits lors de l'extraction de l'huile (El Hadrami.A et al...,2004).

Il en résulte un impact négatif sur l'environnement qui se traduit par le colmatage des sols, la pollution des eaux superficielles et souterraines et le dégagement d'odeurs nauséabondes (El Hajjouji, 2007).

A cet effet, une intervention efficace de l'Etat pour la protection de notre environnement et en particulier le bassin versant d'Oued Seybouse est nécessaire.

### 7.2.2.3 Industrie laitière :

L'activité de transformation de lait, est représentée dans la moyenne Seybouse par trois laitières essentielles, qui font partie de notre campagne de mesures à savoir la laiterie de BENIFOUGHAL, KAFEK1 et KAFEK 2, dont Les résultats de bilan sont illustrés dans le tableau ci-après.

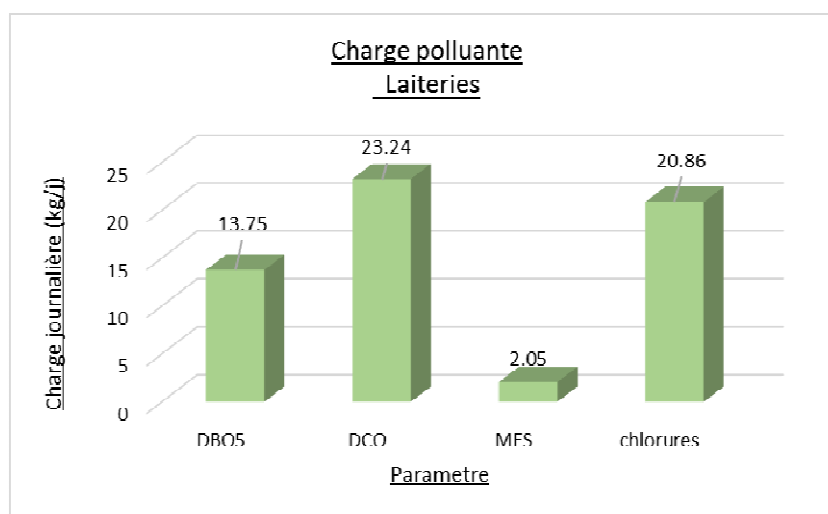
**Tableau 49** : Résultats des paramètres physicochimiques - rejets laiteries

Laiterie	Volume (m <sup>3</sup> /j)	DBO5 (mg/l)	DCO (mg/l)	MES (mg/l)	NTK (mg/l)	Pt (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	Rapport DCO/DBO
SARL BENI FOUGHAL	27,00	148,00	225,00	21,00	71,90	13,20	190,00	1,52
SARL KAFEK (SAFIA)	40,00	120,00	204,00	18,00	60,10	3,70	185,00	1,70
SARL KAEK 2	45,00	110,00	200,00	17,00	58,00	3,50	185,00	1,82

Les résultats des trois laiteries relèvent des teneurs relativement élevées, en particulier en DCO, DBO<sub>5</sub>, dont la pollution est facilement biodégradable dissoute (DCO/DBO<sub>5</sub> <2) et dont l'origine est principalement due aux protéines, au lactose et aux graisses (SAYAD,2015).

Par ailleurs, une forte teneur en chlorures provient des rejets du process de concentrât de l'osmose inverse et des adoucisseurs au niveau de la station de traitement des eaux "f g'r tqf we"kp.

Les flux polluants correspondants sont estimés à partir du volume moyen journalier retenu en parallèle aux prélèvements. Les valeurs obtenues des charges polluantes journalières sont illustrées par le graphe suivant :



**Figure 53** : Les charges polluantes des effluents de laiteries

La représentation graphique des charges polluantes révèle de faibles charges polluantes (<30 Kg/j en DBO<sub>5</sub> et < 100 Kg/j en DCO), dont les effluents des laiteries génèrent des flux polluants inférieurs aux valeurs limites de rejet des eaux résiduaires industrielles (BOEGLIN (JC), 2007 et JORA, 2006).

### 7.2.2.4 Industrie des boissons

L'activité de production des boissons alcoolisés et non alcoolisés est caractérisée par une forte charge organique avec une forte consommation. Dans notre cas, trois unités de production de boissons ont fait l'objet de bilans et mesures. Les résultats des analyses sont illustrés dans les tableaux suivants :

#### ➤ Paramètres mesurés in situ,

Les paramètres mesurés in situ, sont représentés dans le tableau ci-dessous

**Tableau 50 : Valeurs des paramètres *in-situ* - industrie de boissons**

Industrie Des Boissons	Oxygène dissous	Conductivité ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	PH	T °C
SARL FENDJEL	9,8"	1095,0	8,1	12,5
SARL FENDJEL JUS	-	-	-	-
FRERES BOUKABOU	7,7	1312,0	7,3	15

Pas de mesures in situ

Ce tableau, montre des valeurs du pH (Potentiel de l'hydrogène) basique ( $\text{pH} > 7$ ) dus aux rejets de lavage des machines et bouteilles par la soude caustique.

Par contre, les valeurs des autres paramètres (Conductivité, températures et oxygène dissous) sont dans les limites réglementaires.

#### ➤ Paramètres physicochimiques

Les différents résultats des paramètres physicochimiques sont illustrés dans le tableau ci-dessous :

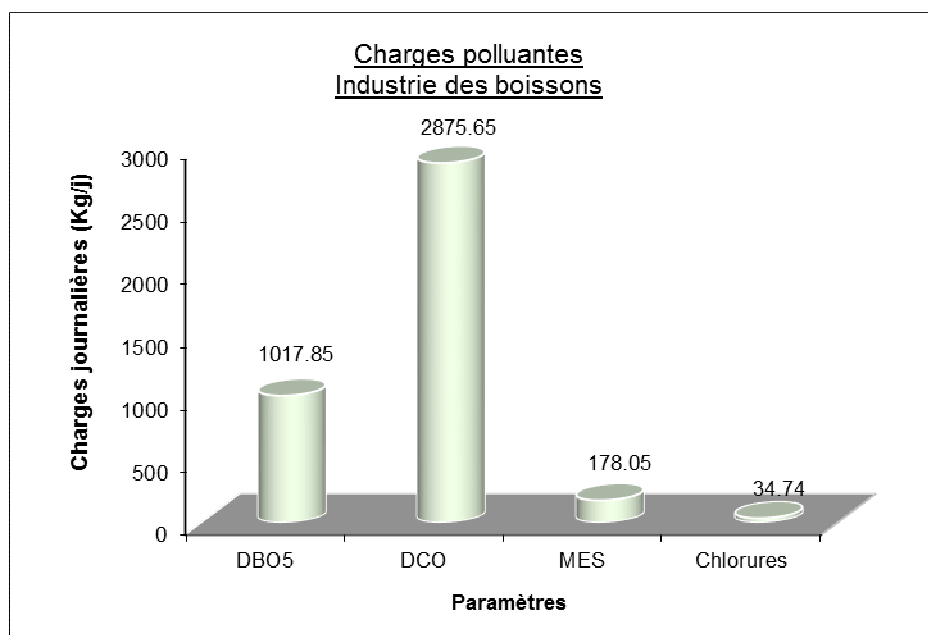
**Tableau 51 : Résultats des paramètres physicochimiques –industrie de boissons**

Industrie de boissons	Volume ( $\text{m}^3/\text{j}$ )	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DCO (mg/l)	MES (mg/l)	NTK (mg/l)	Pt (mg/l)	Chlorures (mg/l)	Rapport DCO/DBO
SARL FENDJEL	129	4900	14216	1203	15	0	111	3
SARL FENDJEL JUS	2,00	26,0	48,0	519,0	5,1	0,0	187,0	1,85
FRERES BOUKABOU	102	3800	10263	215	19	0	198	0

Les résultats illustrés dans ce tableau, révèlent des teneurs très élevées en DCO, DBO<sub>5</sub> et MES, avec une pollution peu biodégradable, dont le rapport DCO/DBO<sub>5</sub>  $> 2,5$  pour les deux importantes unités de boissons (SARL FENDJEL, FRERES BOUKABOU).

Les effluents des boissons ne sont pas conformes aux normes d'un rejet industriel ou naturel (DCO  $> 120$  mg/l, DBO<sub>5</sub>  $> 40$  mg/l), (*JORA*, 2006, *FC. Conseil* 2009).

En termes de quantification de la pollution, les flux polluants obtenus à partir des volumes d'eaux rejetés sont représentés par le graphe suivant :



**Figure 54 :** Les charges polluantes des effluents de l'industrie de boissons

Le graphique ci-dessus, montre des fortes charges en DCO (>2870 kg/j) et de DBO<sub>5</sub> (>1000 kg/j), qu'on rencontre dans les eaux résiduaires chargées en sucre (eaux de lavage des bouteilles, fuites et eaux de nettoyage), avec une forte consommation d'eau.

Par conséquent, l'industrie des boissons, génère de fortes charges polluantes, la mise en place d'un système de traitement ou prétraitement est nécessaire avant son déversement dans le milieu naturel.

#### 7.2.2.5 Agro-alimentaires divers :

Etant donné son nombre, certaines activités regroupées dans cette branche représentée au niveau de la moyenne Seybouse à savoir l'industrie de viande, l'industrie de sucre et la production de semoules, font l'objet de bilans et mesures.

Le tableau suivant représente les paramètres in situ mesurés sur site,

**Tableau 52 :** Valeurs des paramètres *in-situ*–divers agroalimentaire

Unités	Oxygène dissous (mg/l)	Conductivité (µs/cm)	PH	T °C
ABATTOIR DE GUELMA	4,1	2110,0	7,2	10
SORASUCRE	9,1	2146,0	8,0	9,7
MOULINS BEN AMOR	8,1	1945,0	8,1	12,2

Au niveau des trois unités, on constate que les effluents sont caractérisés par un pH Basique (pH > 7) avec une conductivité légèrement élevée. Par ailleurs, l'oxygène dissous et la température, sont conformes aux normes d'un rejet dévers dans le milieu naturel.

#### Paramètres physicochimiques :

Les résultats des analyses des paramètres physicochimiques pour les trois unités (abattoir, sucrerie et semouleries) sont représentés dans le tableau ci-dessous

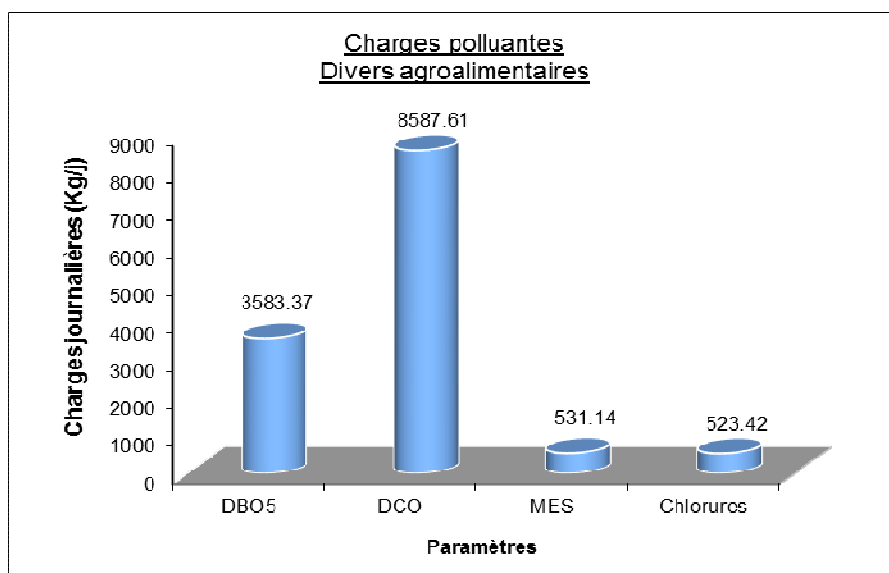
**Tableau 53** : Résultats des paramètres physicochimiques –Divers Agroalimentaires

Unité	Volume (m <sup>3</sup> /j)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DCO (mg/l)	MES (mg/l)	NTK (mg/l)	Pt (mg/l)	Chlorures (mg/l)	Rapport DCO/DBO
ABATTOIR DE GUELMA	26,70	1208,0	3140,0	930,0	607,0	2,4	349,0	2,60
SORASUCRE	873,50	4010,0	9620,0	418,0	31,5	0,3	497,0	2,40
MOULINS BEN AMOR	329,10	147,0	306,0	429,0	11,7	0,3	243,0	2,08

Les résultats des paramètres physicochimiques, indiquent des concentrations très élevées en DCO et DBO<sub>5</sub> et MES. Les concentrations au niveau de la sucrerie, en particulier, la DCO (9620 mg/l), la DBO<sub>5</sub> (4010 mg/l), sont très élevées avec une pollution facilement biodégradable dont le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> < 2,5.

La concentration très élevée en chlorures résulte des rejets de concentrât de l'osmose inverse et des adoucisseurs au niveau de la station de traitement d'eau de process.

Les charges polluantes journalières sont portées sur le graphe suivant :

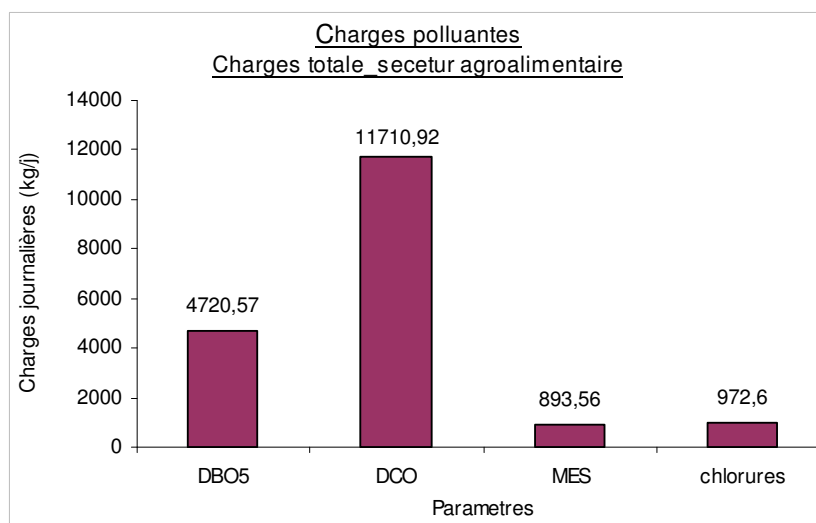
**Figure 55** : Les charges polluantes des effluents -Divers agroalimentaires

On note que les effluents rejetés sont très chargés en pollution biodégradable et dissoute, essentiellement de la DCO et de la DBO<sub>5</sub> provenant des rejets d'eau de la sucrerie (chargée en sucres), et de l'abattoir (sang, protéines grasses, Na Cl), (BOEGLIN (JC), 2007).

A cet effet, un traitement de type physico-chimique (flottation) avec un bassin tampon permettant d'homogénéiser les effluents et de fiabiliser le fonctionnement du physico-chimique est nécessaire, afin de rendre cet effluent conforme aux exigences des rejets.

En résumé, le secteur Agroalimentaire, à travers les différentes branches d'activités présentées dans la moyenne Seybouse, montrent des flux de rejets polluants de chaque activité industrielle très variés d'une activité à une autre. L'industrie de matières grasses génère une forte pollution organique par rapport à l'industrie des boissons. En somme, le secteur agroalimentaire génère de fortes charges polluantes organiques, qui influent sur le milieu naturel et en particulier l'Oued Seybouse.

la figure ci-dessous, présente les charges polluantes générées par le secteur agroalimentaire se déversant dans la moyenne Seybouse sans aucun traitement efficace.



**Figure 56 :** Les charges polluantes générées par le secteur agroalimentaire

### 7.2.3 Secteur chimique et divers

Ce secteur regroupe les branches d'activités liées à l'industrie chimique et certaines activités diverses. Elles ont fait l'objet de bilans et mesures, ainsi que les stations de lavage, la maintenance des véhicules et les unités de production de carrelage.

#### 7.2.3.1 Stations de services Entretien et réparation de véhicules

Cette branche regroupe 08 stations de lavage réparties entre la zone de Guelma et Boucheougouf. Les résultats des analyses des paramètres physico-chimiques et les paramètres mesurés in situ sont représentés par le tableau suivant :

**Tableau 54 :** Valeurs des paramètres *in-situ*–stations de lavage

Paramètres	Oxygène dissous (mg/l)	Conductivité (µs/cm)	PH	T °C
STATION ZEMITI	7,3	775,0	8,38	11
STATION ABIDI .M	8,7	778,0	7,73	11
STATION ABIDI. N	9,0	1127,0	8,1	12,2
STATION DERDROUS	-	-	-	-
STATION MEDHI	2,0	733,0	8,84	12
STATION RAHAL	8,29	1629,0	8,9	11
STATION KHALFA	9,2	1449,0	6,65	11
STATION REZIGUI	1,43	2470,0	7,2	14,8

Les paramètres in situ illustrés dans ce tableau, montrent des valeurs en oxygène dissous acceptables (> 2 mg/l), ainsi que pour les valeurs de la conductivité. Le pH et la température et ne dépassent pas les valeurs limites des rejets industriels.

En ce qui concerne les résultats des paramètres physico-chimiques dans les stations de services, ils sont représentés dans le tableau ci-après :

**Tableau 55** : Valeurs des paramètres physico-chimiques - stations de lavage en (mg/l)

Station de service	Volume (m <sup>3</sup> /j)	DBO5	DCO	MES	NTK	Pt	Cl <sup>-</sup>	Hydrocarbures	Huiles-Graisses	Rapport DCO/DBO
STATION ZEMITI	3,40	6,2	18,0	502	4,9	0,0	190	6,0	-	2,90
STATION ABIDI .M	241,6	14,0	29,0	21	5,0	0,2	56,0	1,2	-	2,07
STATION ABIDI. N	68,10	73,0	154,0	721	16,3	0,0	129	18,4	11,6	2,11
STATION DERDROUS	10,00	4	11	480	3,3	0	190	5,1	-	2,75
STATION MEDHI	1,60	3,0	8,0	104,0	4,1	0,1	80,0	7,2	-	2,67
STATION RAHAL	4,20	5,5	17,0	921	4,0	0,2	170	16,3	-	3,09
STATION KHALFA	0,60	6,5	20,0	1805	14,2	0,0	221	13,6	-	3,08
STATION REZIGUI	21,60	11,0	32,0	1080	17,2	0,0	1768	10,9	-	2,91

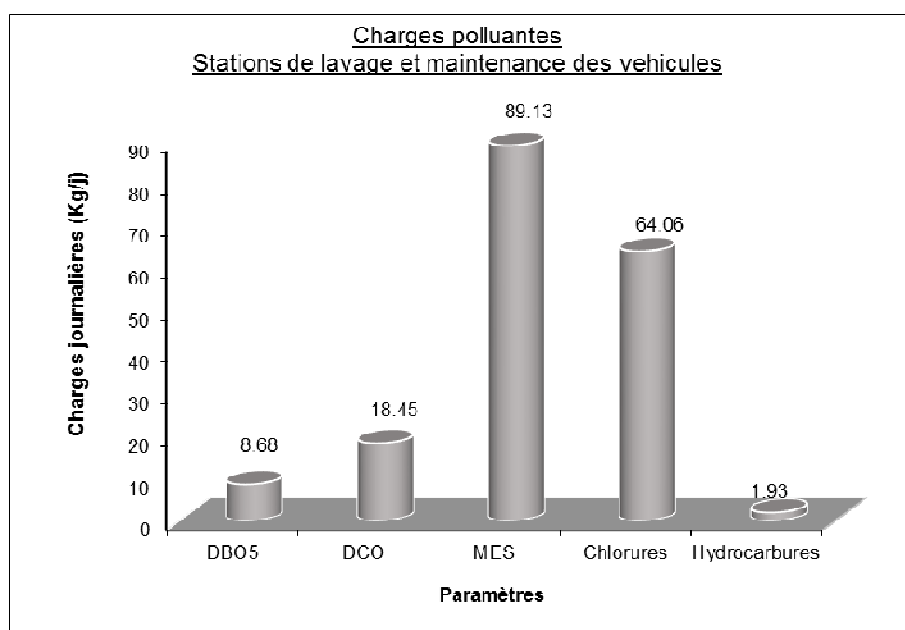
Les concentrations obtenues sont globalement faibles, à l'exception des hydrocarbures et les matières en suspension, dont, les hydrocarbures sont dus aux lavages des véhicules et rinçage des moteurs et par conséquent, l'effluent est supérieur par rapport valeurs réglementaires.

Par contre les teneurs de MES, elles proviennent essentiellement du lavage des camions de ramassage des ordures ménagères et des engins de travaux publics.

On note aussi, une teneur élevée pour les huiles au niveau d'une seule station (station Abidi. N) qui s'exprime par des pertes huiles usagées déversées dans le réseau d'évacuation.

En effet, les effluents des stations de services et entretiens de véhicules sont conformes aux valeurs limites des rejets pour les eaux résiduaires industrielles à l'exception de MES et hydrocarbures.

En termes de la quantification de la pollution générée par les effluents des stations de lavage, le graphique ci-joint illustre les charges polluantes en éléments physico-chimiques



**Figure 57** : Les charges polluantes générées par les stations de services

Les charges journalières, illustrées dans cette figure, montrent des flux polluants en MES élevés (89 kg/j) dus au lavage des camions de ramassage des ordures ménagères .

Par contre les autres paramètres sont relativement faibles et inférieurs aux valeurs limites de rejets industriels, BOEGLIN (JC), 2007.

Pour réduire ces charges polluantes et protéger le milieu récepteur, l'installation d'un déshuileur débourbeur sera nécessaire au niveau de chaque station (MDDEP, 2008).

### 7.2.3.2 Fabrication de produits céramiques :

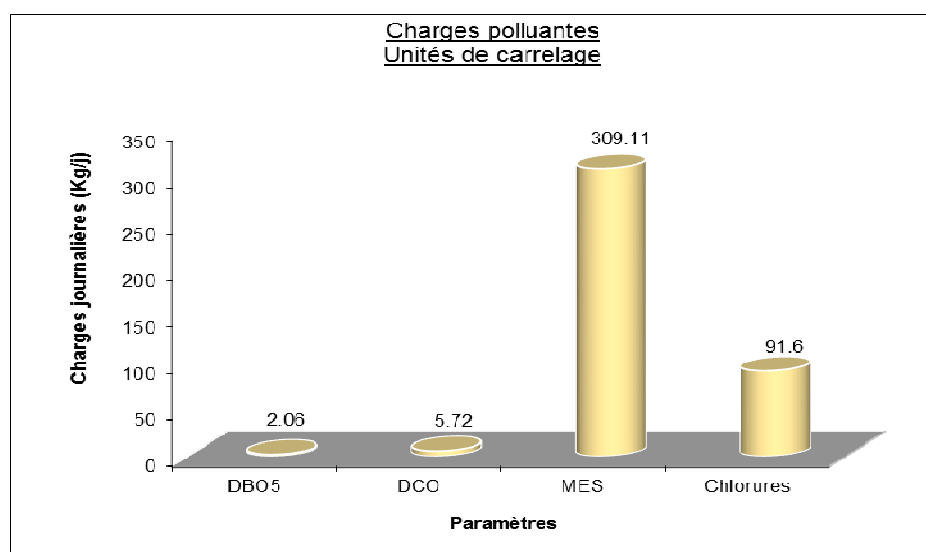
Cette activité est présentée par quatre unités, entre la fabrication de carrelage et transformation de marbre, ont fait l'objet de bilan et mesures qui sont dotés par des bassins de décantation, dans les quelles, généralement deux opérations de mesures et bilans ont été faites pour les fabricant de carrelage, une, avant le bassin de décantation à la sortie du ponçage et l'autre au dernier compartiment du bassin et cela pour vérifier l'efficacité des bassins, mais, pour notre étude Les résultats des mesures de débit et analyses obtenus ceux qui prélevés après les bassins de décantation, voir le tableau suivant.

**Tableau 56** : Résultats des paramètres physico-chimiques

Production de carrelage	Volume (m <sup>3</sup> /j)	DBO5 (mg/l)	DCO (mg/l)	MES (mg/l)	NTK (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	Rapport DCO/DBO	PH
GUELMOISE DE CARREAUX	48,00	3,7	9	68	2,8	1190	2,43	13,61
CARRELAGE CHEMAKH	22,93	57	160	4 280	21,6	516	2,81	12,80
SARL HAMRI AMAR	6,10	19	58	992	12,6	220	3,05	13,70
ENAMARBRE	60,94	5	13	3 290	2,4	284	2,60	10,10
CARRELAGES ICS	-	15	47	116	1,1	400	3,13	13,30

Selon le tableau, on note des teneurs très élevés dans l'unité de Chemakh et ENAMARBRE, en particulier en MES les Chlorures, dans la pollution est minérale, provient de la nature de l'activité.

A propos des charge polluantes générée par les unités de fabrication de carrelage sont reportés graphiquement (figure 58).



**Figure 58** : Les charges polluantes des paramètres analysés

Le graphique précédent relève de forts flux polluants en MES (>300 kg/j) qui s'explique par une mauvaise décantation des boues au niveau des bassins de décantation.

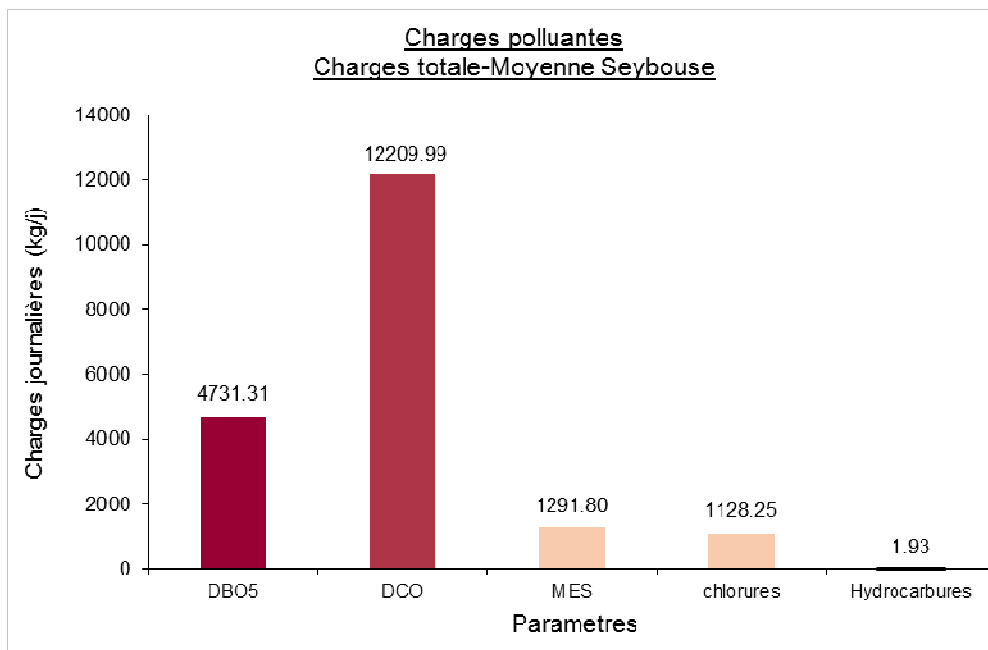
Par contre, on constate de faibles charges organiques, qui nous permettent de signaler que le type de pollution déversée par les unités de fabrication de carrelage est minéral.

En outre, on note aussi, que les effluents de cette branche d'activité sont trop chargés durant la vidange des bassins de décantation (plein de boues décantées), généralement les vidanges sont annuelles ou accidentelles.

Pour réduire la pollution minérale, la mise en place de filtre presse est fortement recommandée.

#### 7.2.4 Charges totales de la moyenne Seybouse

La synthèse des charges totales générées par les différents secteurs (agroalimentaire, chimique et divers) dans la moyenne Seybouse est représentée sur le graphique ci-après :



**Figure 59** : Les charges polluantes générées par l'industrie de la moyenne Seybouse

Le graphique ci-dessus, résume l'ensemble des charges journalières rejetées par les différents secteurs industriels

Le secteur agroalimentaire, dont l'industrie des corps gras est la plus influente sur la moyenne Seybouse avec une pollution peu biodégradable, et où le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> varie entre 2 à 2,6.

Par ailleurs, les charges polluantes journalières relevées varient d'une branche d'activité à l'autre, mais sont généralement supérieures aux flux journaliers autorisés de rejet, et en particulier pour la branche d'activité des corps gras, dont chaque unité de production a une charge de DCO > 100 kg/j avec une concentration >120 mg/l, et une charge de DBO<sub>5</sub>>30 Kg/j par unité, avec une concentration > 35 mg/l. On constate aussi de fort flux journalier pour les huiles et graisses (> 10 kg/j) avec des concentrations (> 2000 mg/l) au niveau de toutes les huileries.

On note aussi, de fortes charges polluantes pour la sucrerie, et un peu moins pour l'abattoir de Guelma. Cependant les eaux résiduaires de la sucrerie sont trop chargées en matière organique

soit 3500 kg/j de DBO<sub>5</sub>, et de 8400 kg/j de DCO, supérieures aux flux journaliers autorisés d'un rejet industriel, néanmoins, la pollution est biodégradable avec un rapport DCO/DBO<sub>5</sub> <2,5.

Pour l'industrie de boissons, les eaux résiduaires sont chargées en pollution organique, notamment au niveau de deux unités de production de boissons gazeuses soit de 385 à 630 kg/j de DBO<sub>5</sub>, de 1000 à 1800 kg/j de DCO et de 20 à 150 kg/j en MES, et par conséquent, les charges générées par l'industrie de boissons sont supérieures aux flux journaliers autorisés d'un rejet industriel ( tableau 57).

Les autres industries agroalimentaires sont relativement inférieures au flux Journaliers autorisés.

Dans le secteur chimie et divers, représentés par l'industrie de céramique et carrelage, et les stations de services et entretien de véhicules, leurs effluents sont légèrement inférieurs aux valeurs limitées de rejet, néanmoins, la pollution est non biodégradable.

Le tableau ci-après illustre les valeurs limitées de rejet pour les eaux résiduaires, **BOEGLIN (JC), 1999** et **JORA, 2006**.

**Tableau 57** : Valeurs limites de rejet pour les eaux résiduaires industrielles ERI

Paramètre de pollution	Flux journaliers autorisés (Kg/j)	Valeur limite (mg/l)
MES	<15	100
	>15	35
DBO <sub>5</sub>	<30	100
	>30	30
DCO	<100	300
	>100	125
NGL	50	-
P	15	-

### 7.3 La basse Seybouse :

La basse Seybouse, est limitée par les wilayas d'Annaba et EL Tarf. Elle reçoit les effluents industriels déversés par dizaine d'unités potentiellement polluantes entre l'agroalimentaire et le secteur de la chimie et divers ;

A cet effet, une quarantaine d'unités ont été échantillonnées avec des bilans de 24 heures et certaines en 07 jours selon la nature et le rythme de l'activité. Les résultats des analyses et leurs commentaires sont présentés par secteur d'activité.

#### 7.3.1 Secteur Agroalimentaire

Qu'il s'agisse d'un abattoir, d'une industrie de transformation de la viande, d'une industrie laitière ou d'une industrie de la filière végétale ou vinicole (conserveries), ces différents groupes d'activités se présentent par branche d'activités selon la nomenclature algérienne d'activités (ONS,2000).

#### 7.3.2 Industrie de viandes,

Cette branche d'activité est constituée de 05 unités d'abattage en toute catégorie, dont les résultats de bilan et mesures sont illustrés dans le tableau suivant

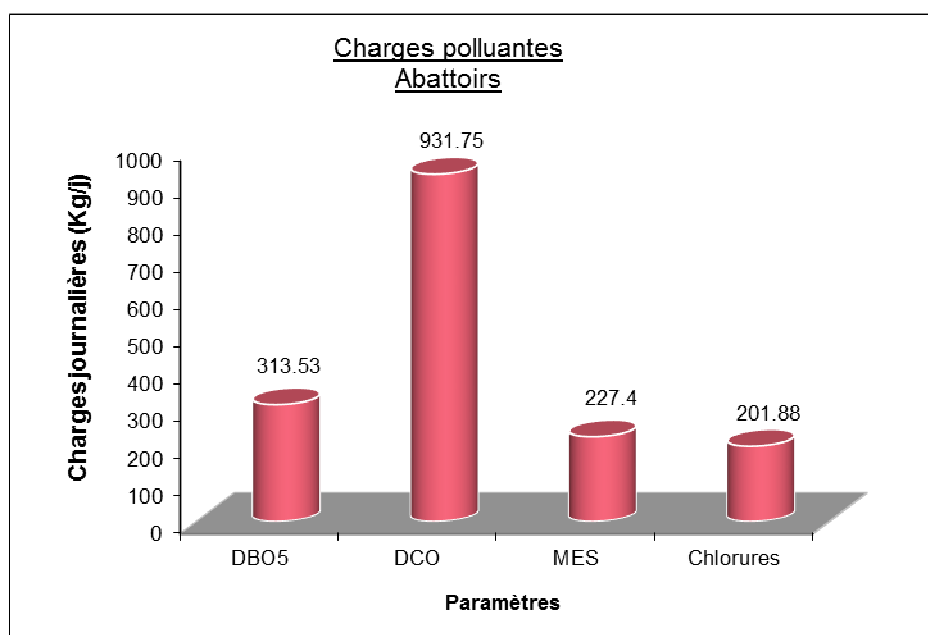
Tableau 58 : résultats des paramètres physico-chimiques– industrie de viande

Huileries	Volume (m <sup>3</sup> /j)	DBO5 (mg/l)	DCO (mg/l)	MES (mg/l)	NTK (mg/l)	Pt (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	Rapport DCO/DBO
SNC ABBAS_Vollaille	7,4	1290,0	4150,0	1380,0	410,0	12,6	1330,0	3,22
SNC ABBAS_Bouvin	19,8	3340,0	10190,0	1627,0	267,0	2,0	2218,0	3,05
SAKROFROID	39,30	2830,0	7900,0	1780,0	315,0	212,0	1240,0	2,79
ABATTOIR GHARIB	5,9	298,0	521,0	610,0	149,1	3,2	1070,0	1,75
ABATTOIR EL HADJAR	32	1350,0	4090,0	2160,0	279,0	33,0	519	3,03
ABATTOIR CHABAITA .M	24,2	3375,0	10531,0	1748,0	341,0	16,8	3160,0	3,12

Les valeurs moyennes de DCO variés entre 517 mg/L et 1747 mg/L. ces teneurs en DCO et DBO5 sont très largement supérieures aux normes de rejets (JO, 2006), indiquant une forte pollution organique de l'industrie de viande, car les résultats sont loin de la situation critique ;

Vis à vis le rapport DCO/DBO5, et à l'exception d'un seul abattoir (GHARIB), le rapport est supérieur à 2,5 et par conséquent, la pollution est peu biodégradable.

Compte tenue les débits de rejets, des charges polluantes journalières produites par l'industrie de viande sont représentés dans la figure suivant



**Figure 60** : Les charges polluantes générées par l'industrie de viande

Les valeurs moyennes des charges polluantes révèlent des forts flux polluants soit 931 kg/j en DCO, > 300 Kg/j en DBO5, et un peu moins les matières en suspension (227 kg/j).

Par conséquent, l'effluents de l'industrie de viande sont chargés en pollution peu biodégradable, se déversent au milieu récepteur (milieu naturel) sans aucun traitement, qui va provoquer un risque majeur sur notre environnement et la biodiversité.

A cet effet, l'installation des stations de prétraitement des effluents, est fortement nécessaire au niveau des unités d'industrie de viandes, avant leurs raccordements vers les stations d'épuration ou leurs déversements au milieu naturel.

### 7.3.2.1 Industrie des fruits et légumes

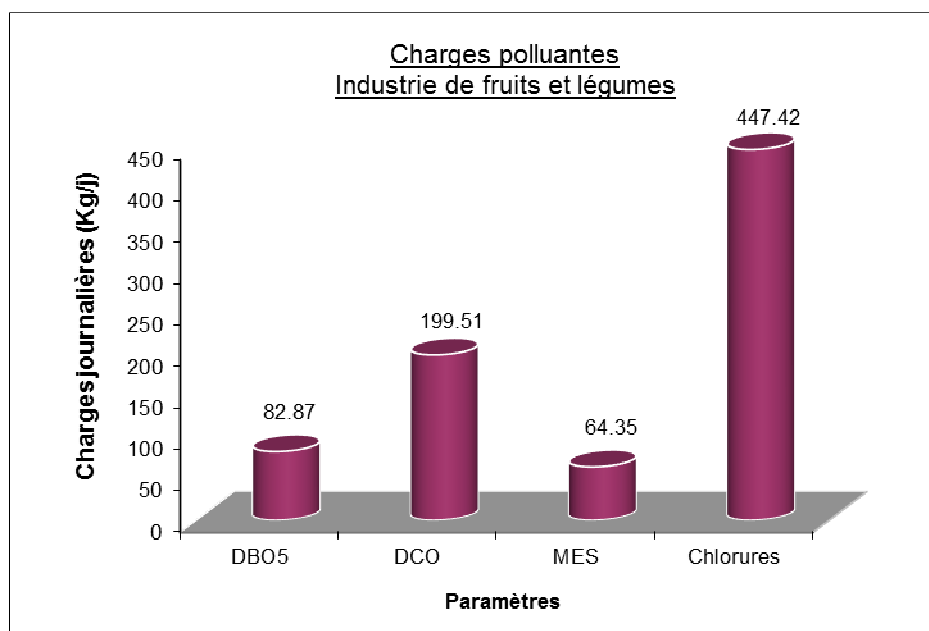
Dans cette branche d'activité, se trouvent uniquement les conserveries de tomate, dont Les résultats des analyses effectués dans les conserveries sont reportés dans le tableau suivant

**Tableau 59 : Résultats des paramètres physicochimiques - rejets conserveries**

Conserveries	Volume (m <sup>3</sup> /j)	DBO5 (mg/l)	DCO (mg/l)	MES (mg/l)	NTK (mg/l)	Pt (mg/l)	Chlorures (mg/l)	Rapport DCO/DBO5
CONSEVERIE AURES-ANNABA	795.00	67.0	183.0	51.0	32.8	0.4	430.0	2.73
CONSEVERIE SEYBOUSE	207.00	143.0	261.0	115.0	72.4	3.5	510.0	1.83

Les résultats des analyses, et comme indiqués ci-dessus, montrent des teneurs légèrement élevés en DCO, DBO5 et MES ainsi que les chlorures, avec un rapport DCO/DBO5 < 3, et par conséquent, le caractère de la pollution est biodégradable.

En termes de charges polluantes obtenues à partir des résultats des analyses et les débits des effluents mesurés en parallèle avec les prélèvements, sont représentés dans la figure suivant



**Figure 61 : Les charges polluantes générées par l'industrie de fruits et légumes**

La représentation graphique ci-dessus, montre des charges journalières élevées en DCO (>199 Kg/j en DCO) et un peu moins en DBO<sub>5</sub>, ce qui s'explique par la nature de l'activité. Cependant on trouve de fortes charges en MES liées aux circuits de lavage et aux résidus de tomates qui sont véhiculée par les effluents et rejetés dans la nature.

Par ailleurs, la présence des chlorures avec une charge journalière importante, est liée à la régénération des résines échangeuses d'ions pour les opérations de déminéralisation et le rejet du concentrât d'osmose inverse.

En résumé, les eaux résiduaires des conserveries de transformation de tomate sont chargées en pollution biodégradable et se déversent dans le milieu naturel sans aucun traitement, en particulier en période d'étiage.

Par conséquent, la mise en place des stations de prétraitement des eaux résiduaires au niveau de chaque unité de production est nécessaire pour réduire ou éliminer cette pollution avant leurs déversements dans le milieu récepteur.

### 7.3.2.2 Industrie laitière :

L'activité de transformation du lait est représentée dans la basse Seybouse par la laiterie « EDOUGH » qui a fait partie de notre campagne de mesures, dont Les résultats de bilan sont illustrés dans le tableau ci-après.

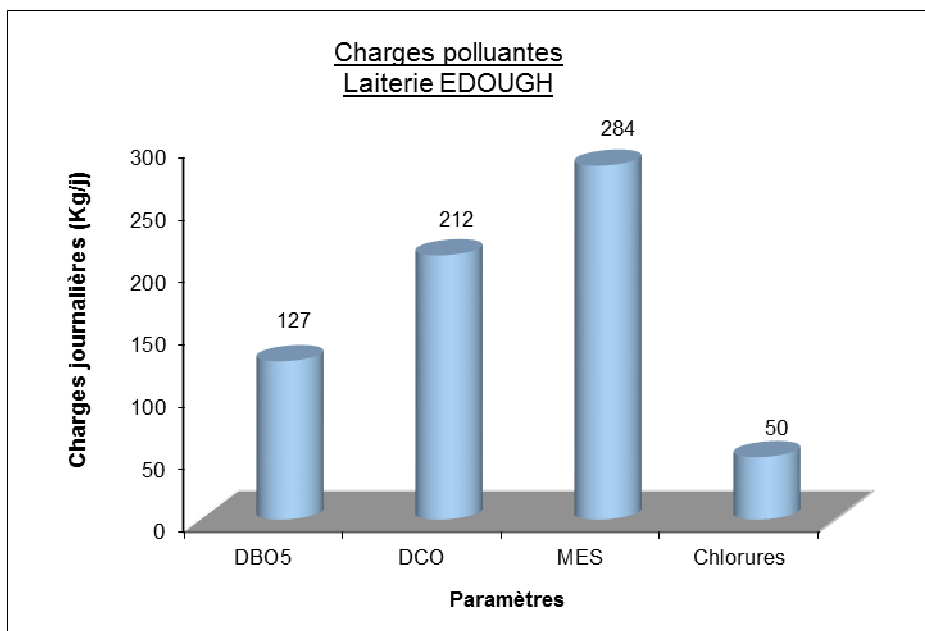
**Tableau 60** : Résultats des paramètres physicochimiques - rejets laiterie

Laiterie	Volume (m <sup>3</sup> /j)	DBO5 (mg/l)	DCO (mg/l)	MES (mg/l)	NTK (mg/l)	Pt (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	Rapport DCO/DBO
LAITERIE EDOUGH	395,50	320,0	535,0	719,0	52,1	4,0	127,0	1,67

Les paramètres in situ, présentent un effluent neutralisé, dont le pH est de 7,3 avec une faible valeur de l'oxygène dissous, dû aux fortes charges organiques et faible oxygénation du réseau d'évacuation.

Pour les paramètres physicochimiques, les concentrations en DCO et DBO5 sont relativement élevées pour ce type d'activité. Ceci s'explique par le fait que l'activité de la laiterie « EDOUGH » est essentiellement axée sur la dilution de la poudre de lait, la pasteurisation et le conditionnement du lait dilué. L'unité est automatisée et, de fait, les rejets sont réduits. Ils sont essentiellement liés aux lavages des équipements automatisés par un CIP.

Les flux polluants correspondants en Kg/jour sont estimés à partir du volume moyen journalier retenu en parallèle aux prélèvements. Les valeurs des charges obtenues des charges polluantes journalières sont représentées graphiquement (figure 62).



**Figure 62** : Les charges polluantes de l'effluent- Laiterie EDOUGH

Ce graphe montre des flux relativement chargés en matière organique soit de 127 kg/j en DBO<sub>5</sub>, et de 212 kg/j en DCO, supérieurs aux flux journaliers autorisés des rejets déversés dans le milieu naturel. Cependant, la pollution est biodégradable avec un rapport DCO/DBO<sub>5</sub> <2.

On note aussi une charge très élevée en MES qui provient de l'unité de fabrication de fromage soit 127 kg/j en MES ;

En conséquence, l'effluent de laiterie est supérieur aux valeurs limites (*JORA ,2006*)

Par ailleurs, une forte charge en chlorures ont été constatés, engendrée par l'utilisation des sels dans le traitement d'eau de process (rejet d'adoucissement et rejet du concentrât de l'osmose inverse).

La pollution due aux effluents des industries laitières peut être réduite en adoptant des méthodes de traitement adéquates des effluents de ces laiteries par les traitements physico-chimiques ou le traitement biologique avant leurs déversements dans l'Oued Seybouse.

### 7.3.2.3 Industrie des boissons

L'activité de production des boissons alcoolisées et non alcoolisées est caractérisée par une forte charge organique. Dans notre cas, quatre unités de production de boissons, parmi lesquelles une unité de production de boissons non alcoolisée, dont la consommation d'eau est importante, ont fait l'objet de bilans et mesures.

#### ✓ Paramètres mesurés in situ,

Les paramètres mesures in situ, présentés dans le tableau ci-dessous

**Tableau 61** : Valeurs des paramètres in-situ - industrie de boissons

Industrie des boissons	Oxygène dissous	Conductivité (µs/cm)	PH	T °C
LIMONADRIE DAFRI	7,6	1486	7,7	15,6
BRASSERIE BAVAROISE	2,7	1410	5,0	17
LIMONADERIE BOUCHRA	3,8	1212	7,2	19
LIMONDARIE ISLAM BOUNI	4,2	853	7,5	17,5
LIMONDARIE YOUSRA	4,3	1108	7,4	18

Le tableau, des paramètres mesurés in situ, indique des valeurs du pH (potentiel d'hydrogène) indique un pH neutre à basique (pH entre 7.2 à 7.7), vu l'utilisation de la soude caustique dans le rinçage des machines et le lavage des bouteilles.

A l'exception d'une seule unité de boissons alcoolisées, dont le pH Acide est de 5.0, est dû à la nature de l'activité.

On note aussi, des faibles valeurs de l'oxygène dissous, mais acceptables (> 2 mg/l).

Par ailleurs, les valeurs des autres paramètres (Conductivité, température) sont dans les limites réglementaires de rejet

## ✓ Paramètres physicochimiques

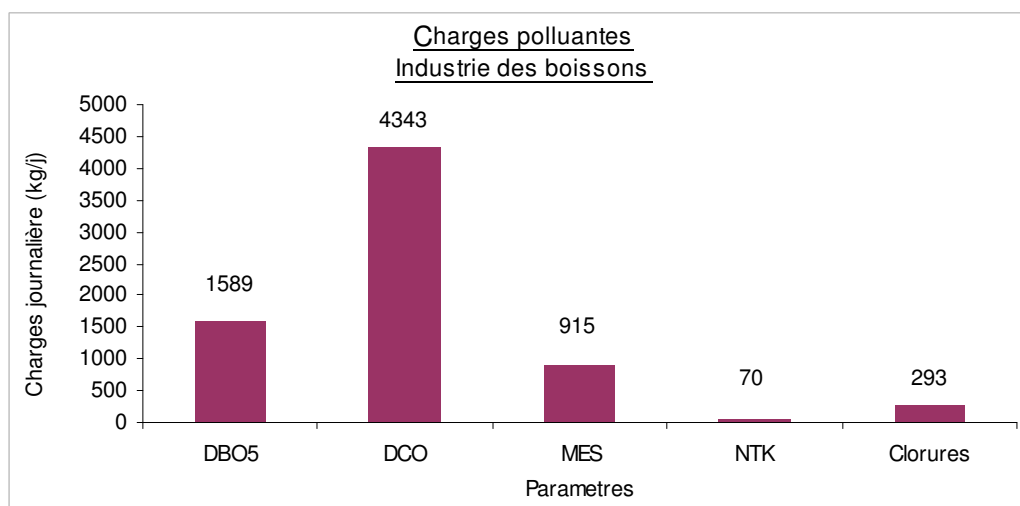
**Tableau 62** : Résultats des paramètres physicochimiques en mg/l –industrie de boissons

Industrie de boissons	Volume (m <sup>3</sup> /j)	DBO5 (mg/l)	DCO (mg/l)	MES (mg/l)	NTK (mg/l)	Pt (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	Rapport DCO/DBO
LIMONADRIE DAFRI	0,50	60,0	97,0	138,0	7,5	0,1	248,5	1,62
BRASSERIE BAVAROISE	438,20	3610,0	9882,0	2075,0	159,0	13,8	665,0	2,74
LIMONADERIE BOUCHRA	5,10	390	751	305	18,4	0	140	0,41
LIMONDARIE ISLAM BOUNI	5,20	345,0	680,0	259,0	15,5	0,0		0,38

Les résultats illustrés dans le tableau ci-dessus révèlent des teneurs relativement élevées au niveau des unités des boissons non alcoolisées, en DCO, DBO<sub>5</sub> et MES, par rapport à leurs volumes d'eaux rejetées. Quand dans une unité de boissons alcoolisées on constate de fortes concentrations en DBO<sub>5</sub>, DCO et MES et l'effluent trop chargé en matière organique, avec une pollution organique biodégradable dans le ratio DCO/DBO<sub>5</sub> <3, nous concluons que ceci est dû au nettoyage des cuves de fermentation et de stockage ainsi que du rinçage des cuves et des bouteilles, ainsi que des substances résiduelles de production (levures, sucre) ; **(E.Ait Hsine 2004)**.

Pour l'azote et le phosphore, les concentrations de rejet ne dépassent pas les valeurs limites de rejets déversés dans le milieu naturel. Par conséquent, sur l'ensemble, les effluents de l'industrie de boissons, et en particulier l'effluent de la brasserie, on remarque des teneurs supérieures aux normes de rejet **(JORA ,2006)**.

Sur le graphe suivant on représente les charges polluantes correspondantes, les flux polluants obtenus à partir des volumes d'eaux rejetés.

**Figure 63** : Les charges polluantes des effluents de l'industrie de boissons

Le graphe ci-dessus montre de fortes charges en DCO (>4340 kg/j), en DBO<sub>5</sub> (>1580 kg/j), et en MES qui s'exprime par les eaux résiduaires chargées en sucre (eaux de lavage des bouteilles, pertes des produits et eaux de nettoyage), avec une forte consommation d'eau provenant essentiellement de la brasserie.

En résumé, l'industrie de boissons est dominée par l'unité de boissons alcoolisés (brasserie la BAVAROISE). Elle se trouve dans la zone de Chebaita Mokhtar, dont les effluents se déversent directement dans les champs agricoles et rejoignent un petit cours d'eau (l'Oued Bouatouta). Ce dernier rejoint, à son tour, l'Oued Meboudja avec des charges énormes, qui vont impacter les eaux de surface, ainsi que les eaux souterraines qui peuvent être polluées en particulier la nappe phréatique d'Annaba, ce qui affecte la qualité de l'eau potable, et par conséquent à notre environnement.

A cet effet, la réhabilitation de la station de traitement des eaux résiduaires existante de cette brasserie est fortement nécessaire, pour dépolluer avant leurs déversements dans le milieu naturel.

#### 7.3.2.4 Synthèse du secteur agroalimentaire

A travers les différentes branches d'activités étudiées du secteur agroalimentaire au niveau de la basse Seybouse, nous allons dire que ce secteur génère des charges polluantes importantes réparties entre l'industrie de viandes, industries des fruits et légumes, et l'industrie de boisson alcoolisées ainsi que l'industrie laitière, voir la figure ci-après.

L'interprétation des résultats des analyses, montre une forte pollution organique biodégradable ayant un impact négatif sur la qualité des eaux, impact aussi sur les sols et par conséquent sur l'environnement et l'écosystème ;

Devant cette situation, les différents établissements constatés polluantes doivent être dotés de stations de prétraitement ou un traitement complet selon le cas (procédé physique, physicochimique et traitement biologique).

La représentation graphique ci-après, résume l'ensemble des charges polluantes journalières moyennes en kg/j générées par le secteur agroalimentaire.

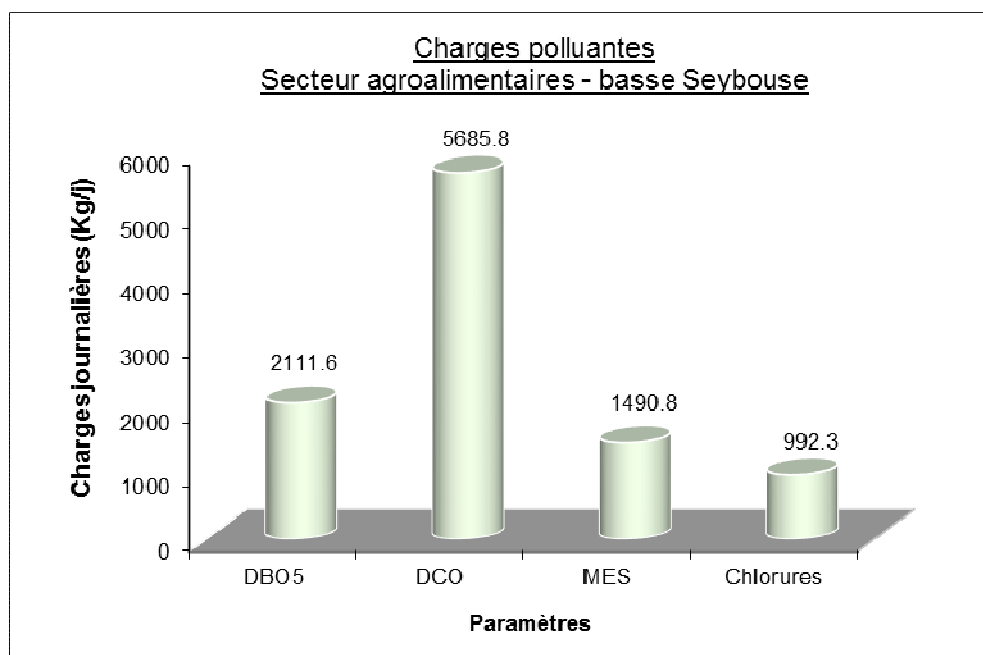


Figure 64 : Charges polluantes générés par le secteur agroalimentaire

### 7.3.3 Secteur chimie et divers

Etant donnée la diversité des branches d'activités selon les nomenclatures algériennes des activités NAA, nous allons les regrouper sous deux catégories à savoir les stations de services et l'entretien des véhicules et divers chimique.

#### 7.3.3.1 Stations de services Entretien et réparation de véhicules

Parmi la dizaine de stations de services implantées dans la basse Seybouse et en particulier dans la zone d'Annaba, 11 stations de services et entretiens de véhicules ont fait l'objet de bilans et mesures, les résultats des analyses sont reportés dans le tableau ci-après

Les paramètres mesurés in situ, sont illustrés dans le tableau suivant

**Tableau 63 :** Valeurs des paramètres *in-situ* stations de services

Unité	Oxygène dissous (mg/l)	Conductivité (µs/cm)	PH	T °C
STATION HADIDANE	0,9	1435,0	7,7	
STATION MEDJEZ RASSOUL	8,7	778,0	7,73	11
STATION KHALIDJ	9,2	382,0	8,02	9,2
STATION MADI	5,8	485,0	9,6	18
STATION ETV ESSAADA	0,6	1900,0	8,2	
FERROVIAL	5,3	513,0	7,8	20,7
GTH	3,1	586,0	8,7	16
PROMECC	3,2	1517,0	10,1	

Les résultats des paramètres in situ, montrent des concentrations acceptables en oxygène dissous (> 1mg/l) à l'exception de deux stations dont la teneur en oxygène est inférieure à 1 mg/l.

Pour les autres paramètres (pH, conductivité et température), sont conformes aux normes de rejets.

Les résultats des paramètres physico-chimiques au niveau des stations de services potentiellement polluantes, sont représentés dans le tableau ci-dessous;

**Tableau 64 :** Résultats des paramètres physicochimiques en mg/l

Unité	Volume (m³/j)	DBO5	DCO	MES	NTK	Pt	Cl⁻	Hydro-carbures	Huiles-Graisses	Rapport DCO/DBO
STATION HADIDANE	3,40	6,2	18,0	502,0	4,9	0,0	190	4,7	11,5	2,90
ST. RASSOUL	241,6	14,0	29,0	21,0	5,0	0,2	56,0	1,2	-	2,07
STATION KHALIDJ	1,30	55,0	106,0	214,0	154	2,7	45,0	2,8	-	1,93
STATION MADI	2,90	168,0	494,0	1532	37,0	1,6	130	3,7	6,5	2,94
STATION RAMDA	2,00	103	260	410	61,8	0,6	281	-	11,4	2,52
STATION. ESSAADA	1,00	230,0	641,0	572,0	80,5	0,2	513	-	-	2,79
FERROVIAL	94,30	85,0	223,0	1160	58,7	1,5	57,0	-	-	2,62
GTH	10,00	19,0	44,0	180,0	5,1	0,0	85,0	11,4	5,1	2,32
PARC APC EL BOUNI	2,5	7,8	15,0	73,0	12,4	0,3	81,0	-	-	1,92
ETA EPIC	1,40	116	210	597	213	4,9	105	4	-	1,81
PROMECC	84,00	228,0	631,0	140,0	51,0	0,3	300	-	-	2,77

Les résultats illustrés ci-dessus relèvent des teneurs relativement faibles en matière organique à l'exception de la station MADI et l'unité de maintenance PROMECC, dont les effluents sont

chargés en DCO et DBO<sub>5</sub>, ainsi qu'en MES, qui ont pour origine le lavage des camions de ramassage des ordures ménagères et des engins de travaux publics.

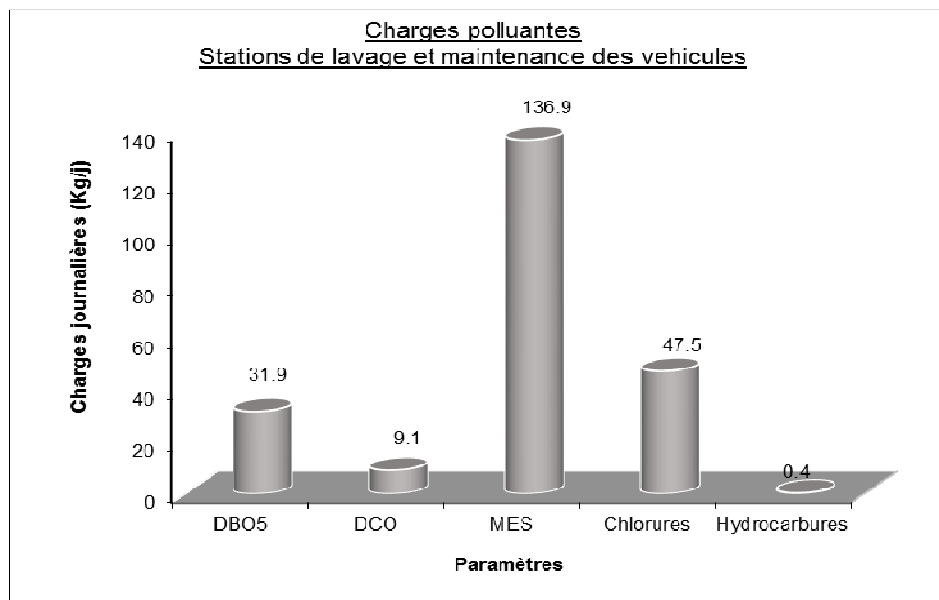
On constate aussi, dans certaines stations-services, des concentrations d'hydrocarbures et d'huiles qui dépassent les valeurs limites de rejets (> 10 mg/l). Les principaux liquides (essence, gasoil) qui peuvent se trouver dans ces stations sont susceptibles de provoquer une pollution du sol et/ou des eaux souterraines.

Il n'est pas exclu que d'autres substances susceptibles de polluer comme les lubrifiants en provenance des véhicules routiers soient présents aussi dans une station-service.

On y observe principalement les types de polluants suivants : huiles usées, graisses ou liquides de freins, (Piedrafita.C et M. V, 2007).

A propos de charges polluantes générées par cette branche d'activité, l'histogramme ci-après résume les charges polluantes :

Ce graphe, montre de faibles flux polluants pour tous les paramètres à l'exception des matières en suspensions dus au lavage des camions des ordures ménagères et les camions des marchandises, ainsi qu'une charge significative même avec des faibles valeurs en hydrocarbures.



**Figure 65 :** Charges polluantes générés par les stations de services

En outre, à part la pollution estimée dans notre travail, il y a aussi une pollution ponctuelle engendrée par les fuites au niveau des bacs de stockage des hydrocarbures en provoquant un impact négatif sur le sol et en particulier sur les eaux souterraines (nappes) et les eaux superficielles.

En résumé, malgré que les effluents des stations de services qui n'apportent pas des flux élevés, en particulier pour les hydrocarbures et les huiles, on constate que ces polluants sont des substances pour la plupart mobiles ou volatiles qui peuvent atteindre les eaux souterraines et superficielles avec des impacts pour la santé et l'environnement.

En effet, afin de protéger les eaux de surface et souterraine de ce type de pollution, il faut construire des aires étanches, au niveau des stations de services, et leurs effluents doivent collecter dans des bassins de déshuilage, avant leurs déversements au milieu récepteur.

### 7.3.3.2 Fabrication des produits minéraux non métalliques

Ce type d'activité regroupe trois unités potentiellement polluantes qui sont implantées dans la basse Seybouse. Leurs effluents se déversent dans l'Oued Meboudja sans aucun traitement, ont fait l'objet de bilans et mesures à savoir :

- SANUILUX Plus, unité de fabrication des produits sanitaires,
- TRANSCANAL EST, c'est une unité de production des conduites en béton armé,
- SARL VITRE KHAZENE, unité de transformation de verre.

**Tableau 65** : Résultats des paramètres physicochimiques

Unité	Volume (m <sup>3</sup> /j)	DBO5 (mg/l)	DCO (mg/l)	MES (mg/l)	NTK (mg/l)	Pt (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	Rapport DCO/DBO
SANILUX	853,50	97,0	320,0	2951,0	18,5	0,9	49,0	3,30
TRANSCANAL EST	143,00	31,0	59,0	608,0	8,1	0,2	593,0	1,90
Sarl Vitre KHAZENE	22,00	94,0	203,0	415,0	43,5	1,2	140	2,16

Les résultats des analyses relèvent des concentrations très élevées dans l'unité de production de produits sanitaire en particulier en matière en suspension (> 2950mg/l), et en DCO, avec un rapport DCO/DBO<sub>5</sub> >3, ceci implique une pollution non biodégradable et minérale engendrée par les produits utilisés dans leurs fabrications (Email, argile, engobe, pigments).

Par ailleurs, au niveau des deux autres unités, les teneurs ne sont pas élevées en matière organiques, mais la teneur en MES est importante, qui indique toujours une pollution minérale.

Par conséquent, les teneurs des effluents de cette branche d'activité sont supérieures aux valeurs limites des rejets (MES < 35 mg/l), dont la pollution est minérale non biodégradable.

En termes des charges polluantes générées par cette branche d'activité, nous constatons que les valeurs des charges journalières en MES sont > 2500 Kg/j au niveau de SANILUX, c'est-à-dire qu'elles sont supérieures aux seuils de rejets (JO, 2006). Pour réduire cette pollution et la ramener à la norme de rejet, la mise en place d'un système de traitement (traitement physique, ou physicochimique) est recommandée.

### 7.3.3.3 Industrie chimique

A l'échelle de la basse Seybouse, on signale l'existence que de 02 unités potentiellement polluantes, la première, est celle de la production des gaz industriel (LINDE GAZ) implantée dans la ZI de pont Bouchet, et l'autre, pour la fabrication de peinture (TEDJ PEINTURE) au niveau d'Ain Berda. Leurs résultats d'analyses sont représentés dans les tableaux n° 66 -67)

**Tableau 66** : Résultats des paramètres in situ

Unité	Oxygène dissous (Mg/l)	Conductivité (µs/cm)	PH	T °C
LINDE Gaz industriel	0,2	10000,0	12,4	18
Tej Peinture	2,45	4580,0	7,7	14

Les paramètres mesurés in situ, montrent de faibles teneurs en oxygène dissous, notamment, au niveau de LINDE Gaz industriel (< 1mg/l), par conséquent, son milieu est invivable pour la

faune et la flore. Cependant, on note que le prélèvement a été effectué entre les bassins de décantation dont le circuit est fermé, à l'exception de la vidange annuelle.

On note aussi, un pH alcalin au niveau de LINDE Gaz, avec une conductivité élevée.

Par contre, pour l'unité de peinture, les résultats de ces paramètres sont conformes aux valeurs limites de rejet.

**Tableau 67** : Résultats des paramètres physicochimiques

Unités	Volume (m <sup>3</sup> /j)	DBO5 (mg/l)	DCO (mg/l)	MES (mg/l)	NTK (mg/l)	Pt (mg/l)	Cl- (mg/l)	Rapport DCO/DBO
LINDE Gaz industriel	183,70	1159,0	2730,0	328,4	174,1	128,0	2800,0	2,36
TEJ Peinture	1,00	10,0	18,0	663,0	24,1	0,2	3104,0	1,80

Pour les paramètres physicochimiques, on note des teneurs très élevés en DCO, DBO5, MES et chlorures s'exprime par la nature de l'activité (perte, nettoyage des cuves).

### 7.3.4 Cas Particulier, Complexe sidérurgique IMETAL (ex : Arcelor Mittal)

C'est mon travail de publication (**LOUATI B, JBES, 2019**), consiste l'évaluation des charges polluantes générées par le complexe sidérurgique IMETAL (ARCELOR MITTAL) déversées dans l'Oued Meboudja. Ce dernier rejoint l'Oued Seybouse sur quelque kilomètres, et selon la nature de l'industrie, les charges les plus importantes dans cet usine sont la DCO, les MES, les huiles et graisse, et les métaux lourds, dont, les éléments les plus présents sont le fer, nickel et un peu moins le cuivre et le chrome.

#### 7.3.4.1 Consommation et destination de l'eau

A l'instar des industries métalliques, l'industrie de l'acier, utilise d'énormes quantités d'eau, dont les volumes d'eau annuels fournis par l'ADE (L'Algérienne Des Eaux-) pour subvenir aux besoins du complexe sont représentés dans le tableau suivant, avec un volume journalier qui varie entre 15000 à 30000 m<sup>3</sup>/jour en provenance du barrage El Chafia en eau brute, cette dernière, elle se développe en eau industrielle, eau déminéralisée et eau adoucie, ainsi qu'en eau potable. Cette consommation varie d'une unité à l'autre, dont, les grands consommateurs sont les hauts fourneaux, avec en moyenne de 3500 m<sup>3</sup>/jour, et un peu moins les aciéries et les laminoirs ainsi que les PMA.

Par ailleurs, son utilisation est destinée aux principaux circuits de l'usine, entre autres, les circuits de refroidissement (Aéroréfrigérants), circuits lavage gaz, circuits lavages filtres, eau de rinçages et eau adoucie pour les chaudières ainsi que les eaux sanitaires.

Néanmoins, l'évaporation et le recyclage d'une partie des eaux (une grande partie : 70 %) est restituée sous forme d'eaux résiduares. Elles sont prétraitées et évacuées par gravité vers l'Oued Meboudja (voir figure 67) à travers 09 collecteurs.

**Tableau 68** : Consommation annuelle d'eaux du complexe sidérurgique (source, ADE Annaba)

Année	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Consommation (m <sup>3</sup> /an)	14283.10 <sup>3</sup>	4745.10 <sup>3</sup>	8192.10 <sup>3</sup>	11639.10 <sup>3</sup>	9237.10 <sup>3</sup>	<b>9384.10<sup>3</sup></b>	6045.10 <sup>3</sup>

### 7.3.4.2 La zone d'étude

Le complexe sidérurgique d'IMETAL (ex : ARCELOR MITTAL) d'El-Hadjar constitue le pôle industriel le plus important du bassin versant de l'Oued Seybouse. S'étendant sur plus de 800 hectares et employant plus de 6 000 personnes avec une consommation d'eau de 20000 à 30000 m<sup>3</sup>/j, il intègre l'ensemble des procédés sidérurgiques depuis la préparation du minerai jusqu'à la production de tôles et de produits longs, fil et rond à béton.

Le contrat d'investissement entre l'Etat algérien et l'ex Arcelor Mittal Algérie était caractérisé par la signature du pacte des actionnaires et l'augmentation du capital à 51% pour la partie algérienne et 49% pour la partie Arcelor Mittal, avec le lancement d'un plan d'investissement à 763 M\$ pour le complexe sidérurgique et les mines, visant ainsi l'atteinte de 2,2 Million de tonnes en 2020.

Le site comprend 12 entités industrielles distinctes qui génèrent des effluents liquides avec les caractéristiques représentées dans le tableau ci-après.

**Tableau 69** : Identification des unités industrielles du complexe sidérurgique (MATEE ,2012),

Unité	ACTIVITE	Type de pollution	Origines de Principaux effluents polluants
LFR	Laminoir à fil rond	ERI Bio Tox <sup>(1)</sup>	Eaux de refroidissement, eaux de lavage
LAC	Laminoir à chaud (production de bobine)	ERI Bio Tox	Lavage de gaz de hauts fourneaux, eaux de refroidissement
ACIERIE N° 1 (AC1)	Production de brames	ERI Bio Tox	Eaux de circuit de refroidissement, eaux de lavage des filtres
ACIERIE N° 2 (AC2)	Production de billettes	ERI Bio Tox	
PMA 1 ET 2	Production d'aggloméré	ERI Bio Tox	Eaux de circuit de refroidissent, lavage des gaz des hauts fourneaux, eaux des purges de concentration, eaux de granulation de laitier
HAUTS FOURNEAUX	Production de fonte liquide	ERI Bio Tox	
ACIERIE ELECTRIQUE (ACE)	Fabrication de billettes et lingots	ERI Bio Tox	Eaux de lavage des filtres
LRB	Laminoir à rond à béton	ERI Bio Tox	Eaux de refroidissement, huiles, eaux de neutralisation
TSS	Fabrication des tubes sans soudure	ERI non Bio Tox <sup>(2)</sup>	Eaux de circuit de refroidissement, eaux de lubrification
ALFAPIPE	Fabrication de tube en acier spiralé	ERI non Bio Tox	Eaux de refroidissement, eaux des essais
LAF	Laminoir à froid : production de tôle	ERI non Bio Tox	Eaux de refroidissement, huiles, eaux de neutralisation, passivation chromique (trivalent)
COX	Production d'oxygène et azote et argon	ERI Bio Tox	Eaux de circuit de refroidissement, eaux de lavage de filtres
USINE A EAU	Production d'eau industrielle	ERI Bio Tox	Rejets des produits de traitement, eaux de lavage des filtres, eaux de purges
COKERIE <sup>(3)</sup>	Production de coke	ERI non Bio Tox	Rejets des traitements de gaz

(1) - ERI non Bio Tox : Eau résiduaire industriel non biodégradable toxique,

(2) - ERI Bio Tox : Eau résiduaire industriel biodégradable toxique.

(3) - Unité à l'arrêt.

### 7.3.4.3 Analyses et mesures

#### 7.3.4.3.1 Sites et fréquence d'échantillonnage

Le complexe d'El-Hadjar est doté d'un système de collecte des effluents industriels. Le prétraitement se fait à l'aval de chaque unité dans des bassins de décantation, équipés par des systèmes de déshuilage et des filtres à sables.

Les eaux résiduaires collectées sont évacuées vers neufs collecteurs (06 circulaires, 02 ovoïdaux et un canal en terre), puis déversées dans l'Oued Meboudja ( tableau 70).

Les prélèvements ont été effectués en période d'étiage aux mois d'Aout et Septembre en 2012 et 2013 au niveau des points de rejets des collecteurs principaux du complexe, à l'aide de préleveurs-échantillonneurs 24 flacons « Type CYGMA préleveurs autonome d'échantillons d'eaux usées ».

La fréquence de prélèvement, sur une période de 24 heures, était d'un échantillon toutes les 10 à 15 minutes soit 4 échantillons par flacon correspondant à une heure.

Les échantillons sont récupérés dans des bouteilles en polypropylène, lavés et rincés préalablement à l'eau distillée, sont conservés dans une mallette isotherme à 4°C et transportés au laboratoire « EURL Laboratoire FETHALLAH de Contrôle de la Qualité » (MATE, 20016).

Les Mesures in situ (température, pH, oxygène dissous et conductivité) ont été effectuées à l'aide d'un appareil multi paramètres HQD – HACH,

#### 7.3.4.3.2 Mesure des débits

Les débits du complexe ont été déterminés en continu par un débitmètre Doppler hauteur/vitesse (Mainstream IV) :

La hauteur est donnée par la mesure de la pression, utilisation d'une sonde de niveau piézorésistive.

La vitesse : par effet Doppler. Utilisation d'un capteur de vitesse à effet Doppler. Un faisceau d'ultrasons est émis par une sonde immergée, suivant l'axe de la canalisation. Ces ondes sont réfléchies par toutes les particules en suspension dans l'eau. Elles sont analysées pour déterminer la vitesse moyenne de l'eau. ( $S = f(H)$ ) et  $Q = V * S$ ).

Le traitement des données a été effectué par le logiciel Winfluid. Le débit a été mesuré avec une erreur moyenne estimée à  $\pm 1 \%$ . Les mesures des débits ont été réalisées durant six à sept jours dans sept collecteurs en parallèle avec les prélèvements, et leurs objectifs étaient de quantifier réellement la pollution déversée dans l'oued par le calcul des charges polluantes. (KAPEPULA L, 2015 et LOUATI B, 2015).

**Tableau 70:** caractéristiques du système de collecte des eaux résiduaires du complexe sidérurgique

Emissaire	Points de rejet	Rejets des unités	Natures des effluents
Collecteur 1	<b>PR1</b>	- Haut Fournaux n°1(HF1) - Ateliers de construction (ATC)	Eaux de circuit de refroidissement, lavage des gaz des hauts fourneaux, eaux des purges de concentration
Collecteur 2	<b>PR2</b>	- Production de L'Aggloméré (PMA) et Haut Fourneaux (HF2)	Eaux de circuit de refroidissement, lavage des gaz des hauts fourneaux, eaux des purges de concentration, eaux de granulation de laitier. Eau de lessivage des mènèrais
Collecteur 3	<b>PR3</b>	- Hors complexe	Eaux pluviales
Collecteur 4	<b>PR4</b>	-LAC	Lavage de gaz de hauts fourneaux, Eaux de refroidissement.
Collecteur 5	<b>PR5</b>	- Usine à Chaux	Eaux de nettoyage et les eaux de lavages
Collecteur 6	<b>PR6</b>	- LAF- - AFAPIPE - ACIRIE n° 1 (AC1) - ACIRIE n° 2 (AC2)	-Eaux de refroidissement, huiles, eaux de neutralisation, passivation chromique (trivalent) -Eaux des essais et lubrifiants -Eaux de rinçage (décapage, galvanisation et étamage).
Collecteur 7	<b>PR7</b>	Pas de rejets	-
Collecteur 8	<b>PR8</b>	- TSS - LFR - LRB - ACE	Eaux de refroidissement, huiles, eaux de neutralisation Eaux de lavage des filtres Circuit Arrosage, trempe, four et moteur. Eaux résiduaires de l'Hydrosid
Collecteur 9	<b>PR9</b>	- AMM (Ateliers mécaniques) - Usine à eau	Rejet des boues de décarbonations Eaux de lavage des Filtres Eaux sanitaires et les eaux de lessivage

La 1ère photo ci joint montre la qualité des eaux résiduaires du point de rejet n°6 en rejoignant oued Meboudja, sa couleur marron vers noir, chargé en calamines, rouies, MES et les huiles, cet effluent provient de trois unités principales du complexe (Laminoir A Froid, ACIERIE1 et ACIERIE 2).

Deuxième image, montre la qualité d'oued Meboudja en aval du complexe sidérurgique avec une couleur jaune, chargées par les huiles et les graisses.



Figure 66: photos du point de rejet n°6 et Oued Meboudja (2014)

La figure 67, présente l'ensemble des unités industrielles du complexe sidérurgique et leur système de collecte en rejoignant oued Meboudja à travers les 09 points de rejets.

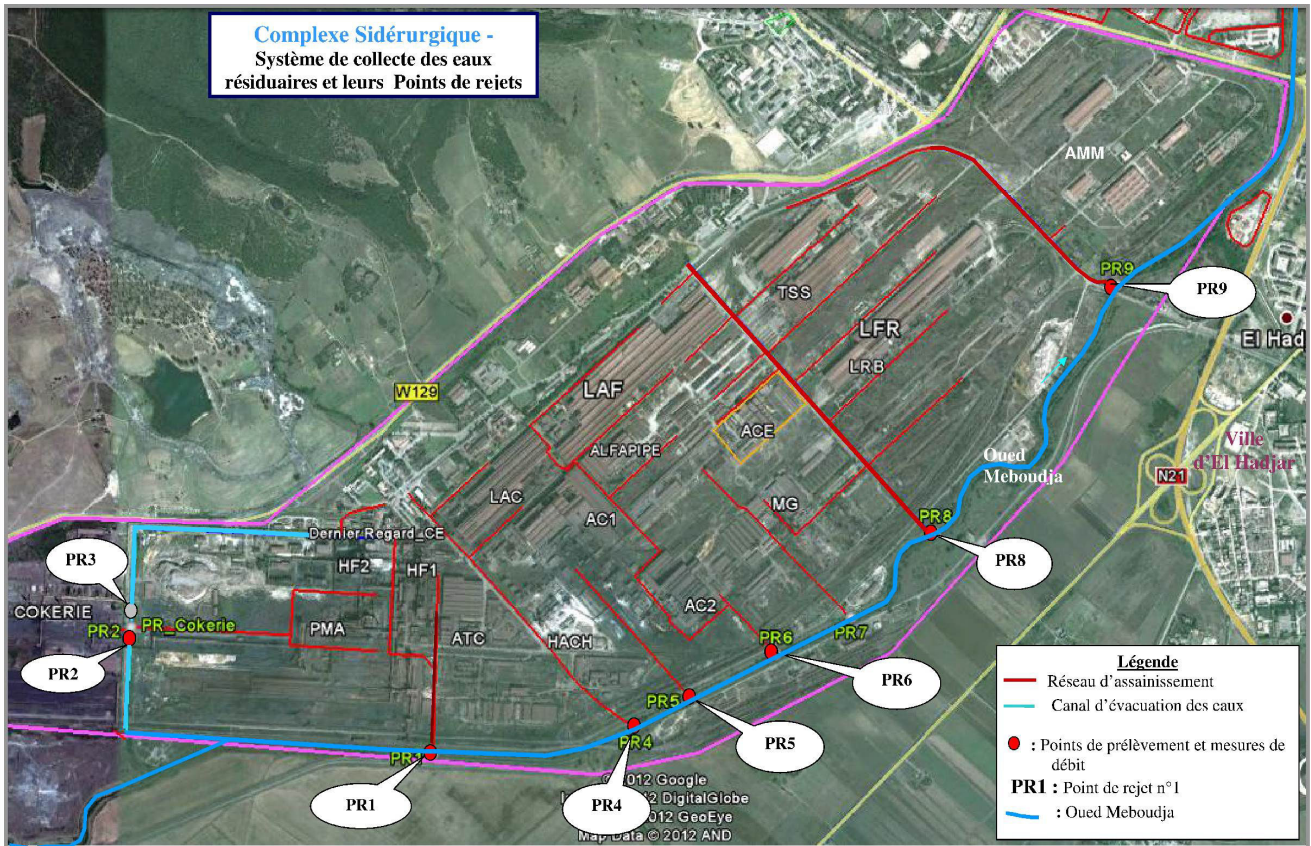


Figure 67 : Situation géographique et Système de collecte des eaux résiduaires- Complexe sidérurgique

### 7.3.4.4 Résultats et discussions des analyses et Mesures

#### 7.3.4.4.1 Débits mesurés

Les débits mesurés dans sept collecteurs par le débitmètre Mainstream IV varient d'un collecteur à l'autre. Le collecteur n°9 affiche un débit maximum de pointe journalier de l'ordre de 4972.8 m<sup>3</sup>/j, le débit moyen maximum journalier est enregistré à l'entrée du collecteur n°6 avec 4300.8 m<sup>3</sup>/j. Ces irrégularités sont dues à la spécificité du débit rejeté dans chaque atelier de production.

**Tableau 71:** Débits enregistrés par Mainstream IV à la sortie des différents collecteurs

Point de rejet	PR 1	PR 2	PR 4	PR 5	PR 6	PR 8	PR 9
Q max (m3/j)	2872,80	3177,60	2116,8	1579,2	4956	469,1	4972,8
Q moy (m3/j)	2054,40	2145,60	962,4	919,2	4300,8	259,8	2116,8
Q max (m3/s)	0,80	0,88	0,588	0,439	1,377	1.04	1,381
Q moy (m3/s)	0,57	0,60	0,267	0,255	1,195	0.70	0,588

#### 7.3.4.4.2 Analyses physicochimiques

Les résultats des analyses physicochimiques des eaux résiduaires ont été effectués au niveau des points de rejets des collecteurs du complexe sidérurgique d'El Hadjar à l'exception du collecteurs n°7 (collecteur sec) et le rejet 3, qui reçoit les eaux de l'extérieur du complexe.

##### ▪ Les Paramètres in situ

Les valeurs des paramètres mesurés in situ pH, conductivité, oxygène dissous et la température varient d'un collecteur à l'autre selon la nature et le rythme d'activité ainsi que le système de prétraitement disponible au niveau de chaque unité (Tableau 72 et 73)

- ✓ Pour les valeurs de la température : Elles sont légèrement supérieures aux limites réglementaires (30°C) au niveau de deux collecteurs, pour les autres rejets, ils répondent aux limites réglementaires. Ceci est dû aux systèmes de refroidissement, dont les unités sont équipées ;
- ✓ Les valeurs de l'oxygène dissous sont bonnes (>1 mg/l) à l'exception d'une seule valeur celle du point n°9 (0,9mg/l), cela s'explique par les forts débits transités par les collecteurs, par contre, le point n° 9 peut s'expliquer par l'effluent contenant des eaux sanitaires (pollution organique) ;
- ✓ Les valeurs du pH (potentiel d'hydrogène) montrent des fluctuations allant de 7,1 à 8,9, à l'exception du point de rejet n°5, dont le pH est basique (11,5) dû, probablement, à l'effluent de l'unité de production de la chaux et à la neutralisation du rejet de LFR par la chaux ;
- ✓ A l'exception du rejet n° 5, les valeurs moyennes de la conductivité électriques sont inférieures aux limites d'un rejet industriel, par ailleurs, la valeur de la conductivité au niveau du point n°5 est légèrement élevée. Ceci s'explique par l'effluent de l'usine à chaux et la neutralisation du rejet de LFR par la chaux (déversement des sels métalliques).

**Tableau 72** : Valeurs des paramètres *in-situ*

Paramètres	Min	Max	Médiane	Ecart type
T °C	21,00	36,00	29,85	3,36
pH	5,45	11,55	7,73	1,47
O <sub>2</sub> mg/l	0,28	9,35	7,26	2,92
CE (µs/cm)	354,00	3240,00	737,00	674,97

**Tableau 73** : Valeurs moyennes des paramètres *in-situ* par point de rejet

Point de Rejets	pH	T °C	O <sub>2</sub> mg/l	CE (µs/cm)
PR1	8,6	28	7,76	869
PR2	8,87	31	7,09	687
PR4	7,56	28,6	7,5	387
PR5	11,5	32	7,3	2610
PR6	7,1	31	6,8	453
PR8	8,9	29,7	8,8	358
PR9	7,6	27	0,9	750

### ▪ Les paramètres physico-chimiques :

Les résultats des paramètres physicochimiques présentés sous formes de flux polluants, révèlent des flux polluants très élevés, en particulier, pour les matières en suspensions MES (> 28000 Kg /j) supérieures aux limites du rejet industriel (<15 kg/j), avec une concentration maximale de 542 mg/l. Cela s'explique par la nature de l'activité, notamment, les rejets des hauts Fourneaux et PMA (calamine, rouille, lavages de gaz), ainsi que les eaux de lessivage (JORA, 2006).

Par ailleurs, les valeurs de la demande chimique en oxygène, révèlent des flux polluant très élevés, DCO (> 2000 Kg /j) supérieurs aux limites d'un rejet déversé dans le milieu naturel (<100kg/j) avec une concentration maximale de 316 mg/l, et par conséquent, une pollution chimique. Ce qui s'explique par la présence des sels minéraux, des matières organiques biodégradables ou non, telles que les huiles, les graisses et les lubrifiants .

Les valeurs de la DBO<sub>5</sub> (≈ 800 Kg/j) sont faiblement chargées, elles sont présentes en particulier au niveau du point de rejet n°9, qui s'explique par la présence des eaux sanitaires, néanmoins, elles dépassent les limites des rejets déversés dans le milieu naturel (<30kg/j) (BOEGLIN (JC), 2007).

A cet effet, les résultats d'analyses montrent que les effluents rejetés sont moins chargés en pollution biodégradable, dont les valeurs moyennes du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> est entre 2,4 et 2,8.

On constate également que les effluents rejetés sont assez chargés en Chlorures (> 2600 Kg /j). L'origine de ces chlorures est la régénération des résines échangeuses d'ions pour les opérations de déminéralisation et purification de l'eau utilisée au niveau des stations de déminéralisation et adoucissement (rejet du concentrât) d'une Part, et le rejet de l'unité Hydrosid (petite unité de fabrication de coagulants, dont les chlorures ferriques), cette dernière est liée au rejet n°8.

On note aussi, des teneurs très élevés en huiles et hydrocarbures, dont les flux polluants sont supérieurs aux normes d'un rejet déversé dans le milieu naturel, avec un flux de 43.30 kg/j en hydrocarbures et 49.8 kg/j en huiles et graisse. Leurs présences sont dues à leurs utilisations dans toutes les unités du complexe, et en particuliers au niveau du LAF (utilisation des émulsions d'huiles et lubrifiants au niveau de décapage et laminage à froid) (FRANCK C. CONSEIL, 2009).

A l'échelle annuelle, des charges polluantes très élevées, dont 650 tonnes en DCO, 900 tonnes en MES, 260 tonnes en DBO<sub>5</sub>, 550 tonnes en chlorures, ainsi qu'une charge annuelle de 25 tonnes d'huiles et d'hydrocarbures se déversent dans l'Oued Meboudja.

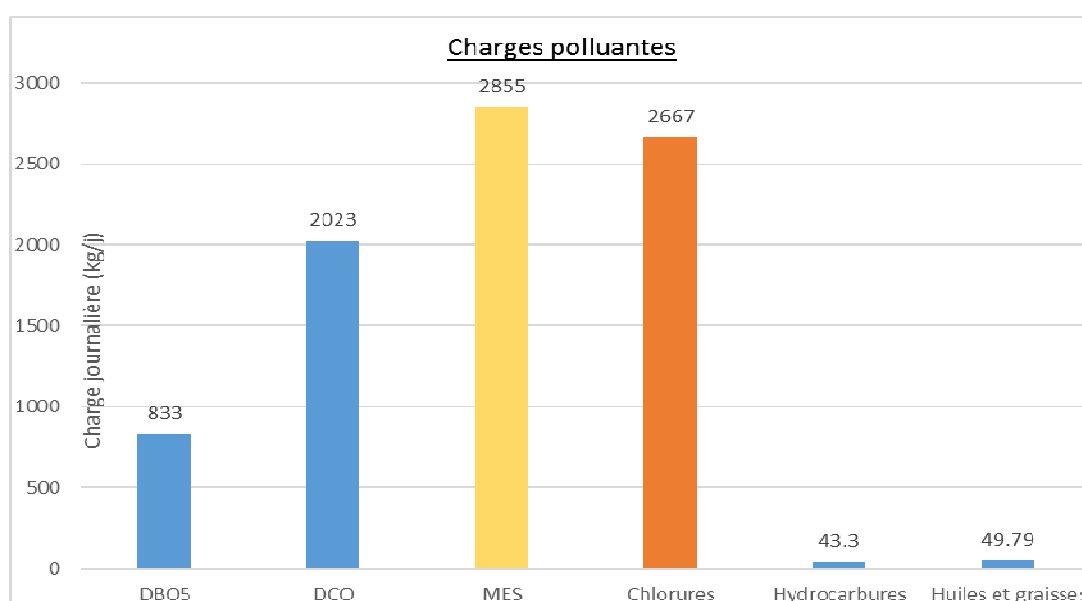
**Tableau 74** : Concentrations des paramètres physicochimiques en mg /l

Paramètres	Min	Max	Médiane	Ecart type
DBO <sub>5</sub>	4,00	140,00	29,00	32,35
DCO	7,00	316,00	70,00	82,63
MES	3,41	542,00	56,50	169,01
Chlorures	41,80	410,50	97,50	96,20
Hydrocarbures	0.0	12,20	0.0	2,78
Huiles et graisses	0.0	12,66	0.0	3,21

**Tableau 75** : Les charges polluantes des paramètres physicochimiques (Kg/ j)

Point de Rejets (PR)	Volume (m <sup>3</sup> /j)	DBO5	DCO	MES	Chlorures	Hydrocarbures	Huiles et graisses
PR 1	2379	91	220	269	111	0,00	0,00
PR 2	2704	79	200	643	605	11	9,1
PR 4	1320	18	33	6	110	0,80	1,43
PR 5	1147	44	122	475	405	0,00	0,00
PR 6	4389	186	460	183	394	24,90	29,79
PR 8	8151	144	291	125	705	6,72	9,43
PR 9	2801	272	698	1154	337	0,00	0,00
<b>Total</b>		<b>833</b>	<b>2023</b>	<b>2855</b>	<b>2667</b>	<b>43,30</b>	<b>49,79</b>

L'ensemble des flux polluants journaliers calculés à partir des résultats des analyses pour les paramètres physicochimiques sont illustrés dans les graphes suivants :

**Figure 68**: Les charges polluantes des paramètres physicochimiques

#### ▪ Les Métaux Lourds

En termes de pollution toxique, les résultats des analyses et les flux calculés, relèvent des charges très élevées de certains métaux lourds à savoir le Fer, un peu moins le nickel. Le flux du Fer est 24 kg/jour (7.6 tonnes/an) avec des valeurs maximales enregistrées au niveau du Rejet n°6 dont la valeur maximale de la concentration est de 8,1 mg/l. Cela s'explique par la présence de sels métalliques due à l'oxydation du fer au niveau de laminoir à froid, ainsi que des valeurs relativement élevées dans le rejet 2, du au rejet de lessivage de mènerais qui provient de l'unité de production de l'aggloméré-PMA (matière première). Sa présence dans le rejet 5, peut s'expliquer par les eaux de lessivage et les sels métalliques.

Par ailleurs, on constate également, des valeurs élevées pour le Nickel avec un flux de 2.5 kg /j (800 kg/an). Son origine est toujours Le LAF (au niveau du traitement de surface) (WHO, 2004) par conséquent, les valeurs de ces 02 métaux, sont supérieures aux valeurs limites de rejet (BOEGLIN (JC), 2007 et JORA, 2006).

Toutefois, l'Organisation Mondiale de la Santé recommande de ne pas dépasser 0.3 g/l, parce que ce n'est pas bon pour le système digestif (Matías M, 2008).

Pour les autres paramètres Zinc, Cuivre et Chrome leurs valeurs sont réellement faibles et ne dépassent pas les valeurs limites d'un rejet industriel (EPA,1999).

Les métaux lourds sont des micropolluants susceptibles d'entraîner des nuisances pour le milieu aquatique, pour l'homme et pour la nature, même quand ils sont rejetés en quantité très faible, du fait de leur potentiel de bioaccumulation et leurs solubilités variables.

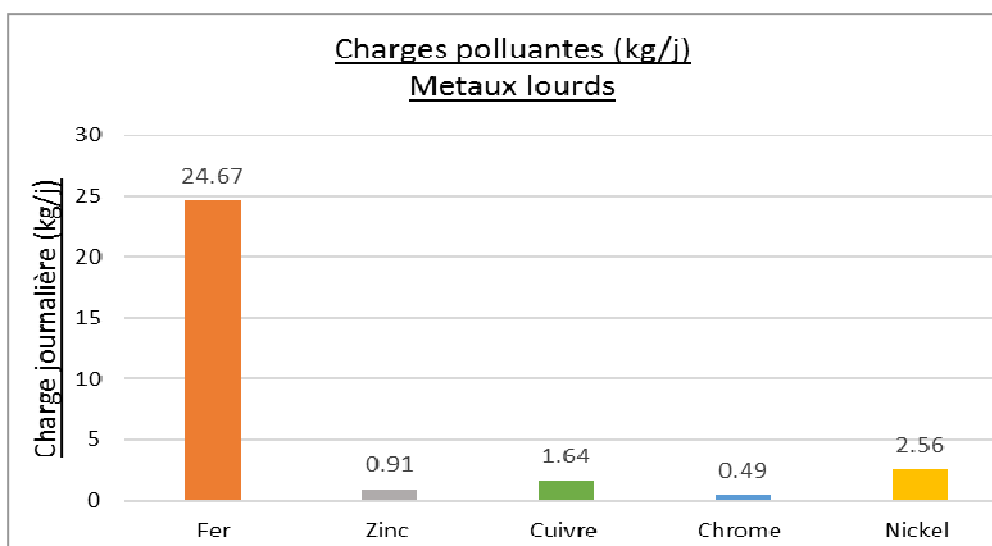
En synthèse de résultats de bilans sur l'ensemble des paramètres, les charges polluantes générées par le complexe sidérurgique, sont supérieures aux limites réglementaires d'un rejet déversé dans le milieu naturel (JORA,2006), dont les effluents des eaux résiduaires sont caractérisés par une pollution moins biodégradable et toxique.

**Tableau 76** : Concentrations des métaux lourds

Paramètres	Min	Max	Médiane	Ecart type
<b>Fer mg/l</b>	0,00	8,10	0,28	1,85
<b>Zinc mg/l</b>	0,00	0,22	0,00	0,04
<b>Cuivre mg/l</b>	0,00	0,70	0,03	0,24
<b>Chrome III mg/l</b>	0,00	0,09	0,01	0,03
<b>Nickel mg/l</b>	0,00	0,28	0,09	0,08

**Tableau 77**: Les charges polluantes des métaux lourds générées par le complexe sidérurgique

Points de Rejets (PR)	Fer (kg/j)	Zinc (kg/j)	Cuivre (kg/j)	Chrome (kg/j)	Nickel (kg/j)
PR 1	0,73	0,00	0,19	0,00	0,29
PR 2	4,47	0,44	0,53	0,04	0,19
PR 4	0,08	0,06	0,05	0,03	0,08
PR 5	5,16	0,00	0,42	0,11	0,36
PR 6	11,17	0,00	0,20	0,05	0,63
PR 8	1,24	0,41	0,18	0,11	0,35
PR 9	1,82	0,00	0,08	0,14	0,67
<b>Total</b>	<b>24,67</b>	<b>0,91</b>	<b>1,64</b>	<b>0,49</b>	<b>2,56</b>



**Figure 69** : Charges polluantes en métaux lourds

#### 7.3.4.4.3 Conclusion

Le complexe sidérurgique IMETAL (Ex-Arcelor Mittal), à travers les données collectées, les enquêtes effectuées sur terrain, et les résultats de bilans et mesures qui ont été réalisés durant cette période (fin d'été 2012-2013), ainsi que les flux polluants calculés montrent des valeurs très élevées pour les paramètres physico-chimiques. Il y a la DCO (flux > 2000 Kg /j), les MES (2800 Kg /j), la DBO<sub>5</sub>, les hydrocarbures et huiles-graisses ainsi que les chlorures, ont une faible biodégradabilité, dont le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> varie entre 2,4 à 2,8 (<3).

En termes de toxicité, les résultats indiquent des valeurs très élevées pour les huiles et graisses (49 kg/j) ainsi que pour les hydrocarbures (43 Kg/j) d'une part et révèlent aussi, des flux polluants pour deux métaux lourds le Fer (24.67 kg/j) et le Nickel (2.56 kg/j), dont les flux sont supérieurs aux valeurs limites générales des rejets directs ou indirects dans le milieu récepteur (l'Oued Seybouse) **FRANCK .C-CONSEIL, 2009**.

Nous concluons que les effluents des eaux résiduaires du complexe sont caractérisés par une pollution non biodégradable et toxique qui a un impact négatif sur le bassin versant de l'Oued Seybouse et par conséquent sur le milieu aquatique.

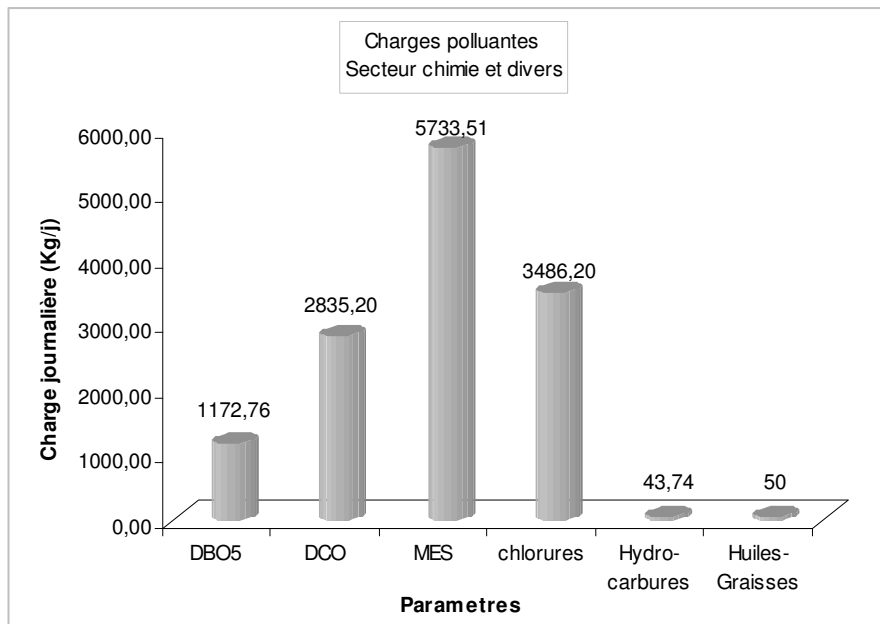
Néanmoins les unités du complexe sidérurgique d'El-Hadjar sont équipées par des stations de prétraitement, le complexe génère des flux polluants très élevés qui se terminent dans l'Oued Seybouse avec une pollution peu biodégradable et toxique.

#### 7.3.5 Charges totales Secteur chimie et divers

Les charges globales déversées par les affluents du secteur des activités chimiques et divers, (stations de services et entretiens de véhicules ainsi que le complexe sidérurgique et divers) révèlent des concentrations variées d'une activité à un autre, mais sur l'ensemble des teneurs très élevées sont constatées dans l'industrie sidérurgique pour tous les paramètres étudiés.

On note aussi des concentrations très élevées en DBO<sub>5</sub> et DCO pour l'industrie chimique (LINDE GAZ), et des teneurs en MES importantes pour l'industrie de des produits minéraux non métallique (SANULUX).

Les estimations des charges polluantes totales en fonction des volumes d'eaux rejetés sont illustrées dans le graphique ci-après



**Figure 70 :** Charges polluantes en éléments physicochimique

Le graphique ci-dessus relève des charges polluantes très élevées en pollution peu biodégradable en DBO<sub>5</sub>, DCO et MES, dues aux industries sidérurgique, Chimique et les unités de productions des produits minéraux non métallique, qui se déversent dans la basse Seybouse.

La basse Seybouse reçoit aussi de forts flux en hydrocarbures et Huiles-Graisses (16 tonnes/an en huiles) et (13 tonnes/an en hydrocarbures), qui s'expliquent par les effluents provenant du complexe sidérurgique.

On constate également des effluents chargés en chlorures (> 3400 Kg/j), dont l'origine est la régénération des résines échangeuses d'ions pour les opérations de déminéralisation et purification de l'eau utilisée au niveau des stations de déminéralisation et adoucissement (rejet du concentrât) d'une Part, et le rejet du LAF dont, l'attaque du fer métallique par l'oxygène en présence d'eau acidifiée donne un sel de fer. Si l'acide est l'acide chlorhydrique (HCl), le sel de fer qui pourra se déposer par évaporation est le chlorure ferrique, (G. MIQUEL ,2001).

A propos des métaux lourds, des flux polluants considérables sont issues de l'industrie de sidérurgique, en particulier pour deux éléments essentiels, le Fer avec (7.6 tonnes/an) et le Nickel (800 kg/an).

Pour les autres métaux lourds (Zn, Cr, Cu), sont présents par de faibles quantités inférieures aux valeurs limites de rejet.

Les métaux lourds sont des micros polluants, de nature à entraîner des nuisances même quand ils sont rejetés en quantités très faibles (leur toxicité se développe par bioaccumulation). D'ailleurs, de petites quantités en proportion (mesurées en microgrammes par litre) sont souvent compensées par un effet volume compte tenu de l'importance du débit d'eau.

L'industrie est responsable de la quasi-totalité des rejets de métaux lourds dans l'eau, La nécessité de réduire ces rejets n'est plus discutée (G. MIQUEL ,2001).

### 7.3.6 Charges totales de la basse Seybouse

En résumé, l'estimation totale de charges polluantes rejetées dans la basse Seybouse, c'est l'ensemble des charges apportées par les différents secteurs d'activités liées à cette zone ;

La totalité des flux polluants pour les deux secteurs (Agroalimentaire, chimie et divers) est exprimée par les charges polluantes, qui sont représentées dans le graphique ci-dessous.

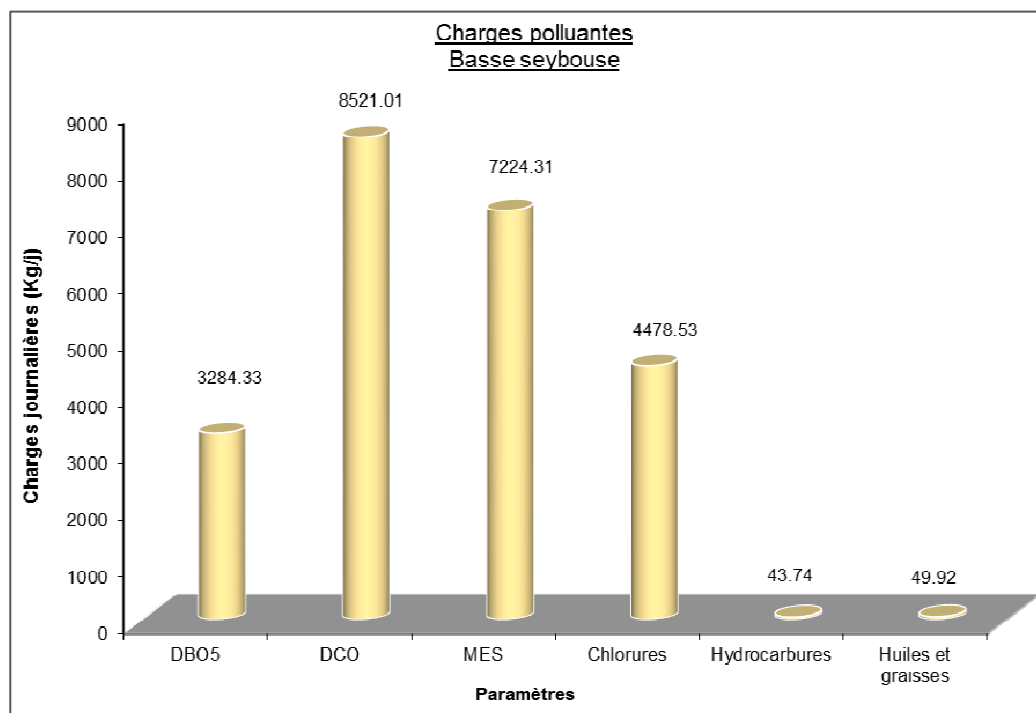


Figure 71 : Charges polluantes en éléments physicochimique-Basse Seybouse

Cet histogramme montre des charges très élevées pour tous les paramètres conventionnels, en particulier la DCO, la DBO<sub>5</sub> et les MES, ainsi que les chlorures.

A l'échelle annuelle, la basse Seybouse reçoit des matières organiques biodégradables, qui proviennent du secteur agroalimentaire (industrie laitière, industrie de la viande et de Boissons).

Par ailleurs, la pollution non biodégradable est engendrée par l'industrie de la chimie et divers notamment de l'industrie sidérurgique.

En générale, des valeurs inquiétantes se déversent dans l'Oued Seybouse avec plus de 2600 tonnes/an en DCO, de 1000 tonnes/ans en DBO et de 2300 tonnes/ans en MES.

Pour les contaminants toxiques, il reçoit 13 tonnes en hydrocarbure et 15 tonnes/ans en huiles et graisses, ont un impact sur la santé et l'environnement. En connaissance, l'utilisation de ces produits constitués une menace permanente, dont on peut mesurer l'ampleur si l'on considère le rapport suivant : un litre d'huile minérale pollue à lui seul 1 million de litres d'eau (VALBIOM, 2007).

Les charges polluantes relatives aux métaux lourds sont uniquement celles générées par le complexe sidérurgique El-Hadjar, dont deux paramètres sont supérieurs aux valeurs limites de rejet à savoir le Fer et le nickel. Cela s'explique par la nature de l'activité dans toutes les unités du complexe (oxydation de fer, lessivage des sels métalliques, et des minerais) pour le Fer, par contre la présence de Nickel, son origine dû aux traitements des surfaces au niveau de certaines unités (LAF, et LAC).

La détoxification des effluents aqueux du traitement de surface est généralement réalisée par des procédés physico-chimiques associés ou non à des procédés de valorisation [MATE, 2001].

En Résumé, en fonction de l'exploitation des résultats des analyses et l'évaluation des différentes charges polluantes par branches et secteurs d'activités, nous constatons que les effluents industriels de l'industrie sidérurgique présentent le risque le plus important, avec un impact sur la qualité des eaux de la basse Seybouse.

Devant cette situation, et afin de réduire la pollution qui provient, en particulier, par les eaux résiduelles du complexe sidérurgique, nous recommandons de prévoir un système de traitement des eaux industrielles adéquat et efficace pour l'ensemble des effluents du complexe avant leurs déversements dans l'Oued Meboudja (station d'épuration des effluents industriels à l'aval du complexe), avec la possibilité de réutiliser un volume d'eau traitée dépasse  $20000 \text{ m}^3/\text{j}$ , au lieu de consommer des quantités énormes d'eau du barrage Chafia ( $20.10^3$  à  $30.10^3 \text{ m}^3/\text{j}$ ).

### 7.3.7 Prélèvement d'eau d'Oued Seybouse

Des prélèvements, en plus, ont été effectués au niveau de l'embouchure d'oued Seybouse pour avoir connaissance sur l'impact des effluents industriels déversés à la basse Seybouse par rapport à ceux de la moyenne Seybouse, dont les résultats sont présentés dans les tableaux suivant

Tableau 78 : résultats des paramètres physico-chimiques en mg/l

Cours d'eau	DBO5	DCO	MES	NTK	Pt	Cl <sup>-</sup>	Huiles-Graisses	Rapport DCO/DBO
Oued Seybouse à l'embouchure	3,1	8	207	2,9	0,06	213	0	1,9

Le tableau ci-dessus relèvent des faibles teneurs pour les paramètres physicochimiques, à l'exception des matières en suspension, dont leur concentration est très élevée et supérieur aux valeurs limites d'un cours d'eau. ( $>35 \text{ mg/l}$ ).

En termes de toxicité, il y a des traces des métaux

Tableau 79 : résultats des métaux lourds en mg/l-Oued Seybouse

Cours d'eau	Fer	Zinc	Chrome	Cuivre	Nickel
Oued Seybouse	0,33	0,08	0,011	0	0,1

C'est un prélèvement d'eau au niveau d'oued Seybouse, permet d'avoir une constatation sur la pollution d'origine industrielle, où la présence des métaux lourds même avec des faibles teneurs, et en vue à leur dilution avec le débit d'oued Seybouse, leur présence est considérable, et en particulier en Fer le Nickel, elles nous confirment les fortes charges générées par le complexe sidérurgiques et déversées à Oued Meboudja.

Par ailleurs, la présence des métaux peut avoir un impact négatif sur l'environnement et la santé.

Dans ce contexte, Nous allons étudier dans le chapitre suivant les objectifs environnementaux de rejet pour le cas du complexe sidérurgique El Hadjar IMETAL.

**CHAPITRE 8 : CALCUL DES  
OBJECTIFS  
ENVIRONNEMENTAUX DE  
REJET**

**Cas-COMPLEXE**

**SIDURURGIQUE EI HADJAR**

**« IMETAL »**

## 8. Calcul et interprétation des Objectifs environnementaux des rejets - Cas du complexe Sidérurgique –IMETAL

### 8.1 Introduction

Les contaminants qui atteignent le milieu récepteur constituent toujours un problème environnemental majeur. En effet, la concentration de la plupart de ces contaminants s'élèvent parfois jusqu'à des niveaux qui sont toxiques pour la vie aquatique, de plus, plusieurs de ces contaminants sont persistants et bioaccumulables (métaux lourds), ce qu'il signifie qu'ils peuvent entraîner des effets à tous les maillons de la chaîne alimentaire, incluant la faune terrestre et aviaire ainsi que l'humains, du fait que les contaminants sont transmis d'un maillon à l'autre par la consommation d'organisme aquatique contaminés (MDDEFP, 2013 ).

### 8.2 Description de la méthode des OER

L'étude de l'impact des contaminants sur le milieu récepteur a fait l'objet de plusieurs approches liées à la complexité des écosystèmes aquatiques (MDDEP 2007, Younes-Baraille *et al.* 2005 ; Vanden Bossche *et al.*, 2005 ; Ndaruga *et al.*, 2004 ; Smolders *et al.* 2004 ; Mathooko *et al.*, 2001), (figure 73). Plusieurs études dans le monde sont axées sur les effets des rejets industriels et urbains sur l'évolution de la qualité des eaux de surface (Jingsheng *et al.* 2000, Walling *et al.* 2001). Parmi ces méthodes nous avons adopté celle de MDDEP (Ministère Du Développement Durable, De L'environnement et Des Parcs Du Québec 2007) inspirée de celle, l'U.S. Environmental Protection Agency (U.S.EPA) dont les conditions aux limites d'application s'approchent du milieu ambiant de l'étude et présente un lieu idéal pour le calcul des Objectifs environnementaux des rejets (OER) (In Sayad,2014).

La méthode d'établissement des OER intègre plusieurs paramètres : la qualité des eaux en amont du point de rejet, le débit ou le volume d'eau considéré pour la dilution en conditions critiques, le débit de l'effluent, la toxicité globale de l'effluent et les critères de qualité de l'eau pour chacun des usages.

Un OER, c'est la concentration et la charge d'un contaminant qui peuvent être rejetées dans un milieu aquatique sans compromettre la qualité de l'eau nécessaire aux différents usages du milieu (MDDFEP, 2012).

Le calcul des OER est basé sur un bilan de charges appliqué sur une portion du plan d'eau. Ce bilan est établi de façon que, pour chaque contaminant, l'addition de la charge de l'effluent à la charge déjà présente en amont du rejet respecte la charge maximale tolérable à la limite d'une zone de mélange restreinte. Cette zone est attribuée dans la mesure où elle ne nuit pas à l'ensemble du plan d'eau (Figure 72).

En générale, les étapes à suivre pour réaliser une étude des objectifs environnementaux sont résumées dans la figure 73.

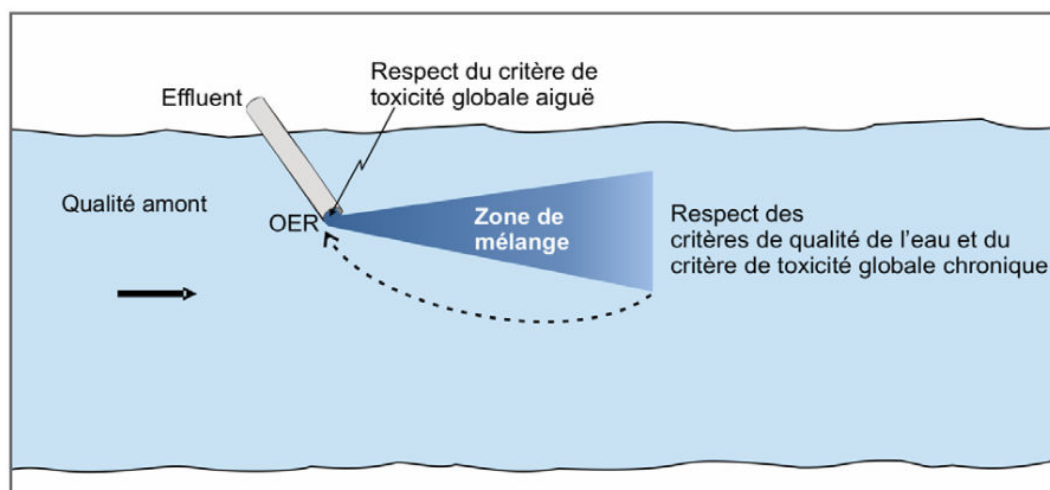


Figure 72 : Représentation du calcul à rebours effectué au moment de la détermination des OER

### 8.3 Usages de l'eau de surface

Usage de l'eau signifie toute utilisation nécessaire au développement, à la croissance et à la reproduction de la faune et de la flore ainsi que l'emploi de l'eau par l'homme à des fins utilitaires ou récréatives (MDDEP, 2007, Bahroun.S,2016).

Pour prévenir les risques pour la santé humaine, les usages de l'eau de surface à protéger ou à récupérer sont :

- Les sources d'approvisionnement en eau potable ;
- La consommation de poissons, de mollusques et de crustacés ;
- Les activités récréatives.

Pour protéger les organismes vivants, les usages de l'eau de surface à protéger ou à récupérer est :

- La vie aquatique ;
- La faune terrestre piscivore.

Chaque usage de l'eau cité ci-dessous est liés avec un des critères de la qualité chimiques, ils sont pernettes dans le tableau ci-dessous.

Tableau 80 : Usages de l'eau et critères de qualité

Usage	Symbole	Critère
Sources d'approvisionnement en eau potable	CPC(EO)	Critère de prévention de la contamination de l'eau et des organismes aquatiques
Consommation de poissons, de mollusques et de crustacés	CPC(O)	Critère de prévention de la contamination des organismes aquatiques
Activités récréatives	CARE	Critère d'activités récréatives et d'esthétique
Vie aquatique	CVAC	Critère de protection de la vie aquatique chronique
Faune terrestre piscivore	CFTP	Critère de protection de la faune terrestre piscivore

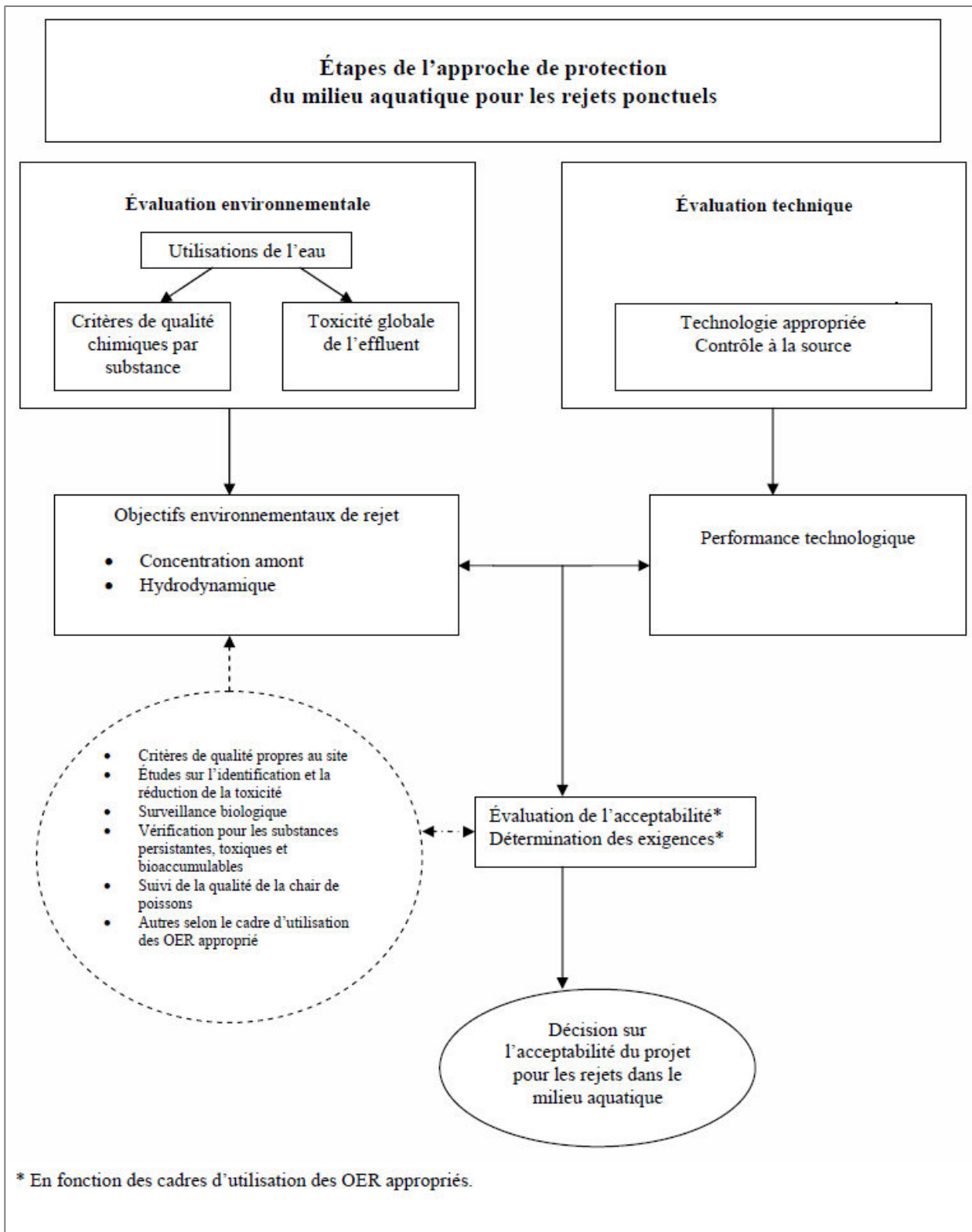


Figure 73 : Etape de l'approche de protection du milieu pour les rejets ponctuels

(Source : MDDFEP, 2013)

## 8.4 Critères de qualité de l'eau de surface

Des critères de qualité sont déterminés pour chaque contaminant et chaque usage de l'eau. Les fondements de chacun de ces critères de qualité sont expliqués en détail dans le document Méthodologie de calcul des critères de qualité de l'eau de surface (MENVIQ 1990b, en révision) et sont résumés ci-dessous.

### 8.4.1 Critères de qualité pour la prévention de l'eau et des organismes aquatiques - CPC

On appelle critères de prévention de la contamination (CPC) les critères de qualité déterminés pour protéger l'eau et les organismes aquatiques de toute contamination pouvant nuire à la consommation humaine actuelle et future.

Les CPC sont établis à partir des principes de base de l'analyse de risque, qui sert ici à estimer les concentrations qui minimisent ou précisent le risque potentiel d'effets délétères pour l'humain, liés à une exposition par la consommation d'eau ou d'organismes aquatiques. Ils sont basés sur l'estimation du danger de la substance et sur une exposition potentielle des individus sur toute la durée de leur vie. La méthode actuelle de l'U.S.EPA, d'où proviennent la majorité de ces critères, ainsi que le document méthodologique du Ministère (MENVIQ 1990b, en révision) décrivent en détail le processus d'évaluation utilisé pour déterminer ces critères de qualité. Bien que de nouvelles directives se soient ajoutées depuis sur la façon de caractériser les risques, les CPC suivent toujours les principes généraux des nouvelles règles de caractérisation du risque (U.S.EPA, 2000).

Pour les eaux de surface où une prise d'eau potable est présente, les CPC sont calculés de façon à protéger un individu qui consommerait pendant toute sa vie une eau (E) contaminée à cette concentration et des organismes aquatiques (O) qui ont bio accumulé la substance à partir de l'eau à la concentration du CPC (EO). Pour les eaux de surface ne servant pas de source d'eau potable, les CPC sont calculés de façon à protéger un individu qui consommerait durant toute sa vie des organismes aquatiques (O) ayant bio accumulé la substance à partir de l'eau à la concentration du CPC (O). En fonction de la présence et l'absence d'une prise d'eau, On tire deux sous critères de qualités

- Critères de qualité pour la prévention de la contamination de l'eau et des organismes aquatiques CPC (EO) ;
- Critères de qualité pour la prévention des organismes aquatiques (CPC (O)).

### 8.4.2 Critères de qualité pour la protection de la vie aquatique (CVA)

La vie aquatique, tant celle qui est présente dans un plan d'eau que celle qui devrait s'y retrouver si le plan d'eau n'était pas déjà dégradé, doit être protégée contre toute agression provenant des effets directs des substances toxiques, ou des effets indirects liés, par exemple, à une baisse en oxygène dissous ou au dépôt de matières en suspension.

Pour les substances toxiques, la vie aquatique est protégée à partir de critères de qualité chimiques associés à chaque substance ainsi qu'à partir de critères de qualité relatifs à la toxicité globale. Ces derniers servent entre autres à mesurer la toxicité résultante liée à la

présence simultanée de plusieurs substances ainsi que celle liée à la présence de substances insoupçonnées ou ne possédant pas de critères de qualité chimiques.

Deux critères de qualité chimiques sont déterminés pour assurer une protection à court et à long terme de tous les organismes aquatiques : un critère de vie aquatique aigu et un critère de vie aquatique chronique. Le critère de vie aquatique chronique (CVAC) est la concentration la plus élevée d'une substance qui ne produira aucun effet néfaste sur les organismes aquatiques (et leur progéniture) lorsqu'ils y sont exposés quotidiennement pendant toute leur vie. Le critère de vie aquatique aigu (CVAA) est la concentration maximale d'une substance à laquelle les organismes aquatiques peuvent être exposés pour une courte période de temps sans être gravement touchés.

Une troisième valeur numérique sert parfois à estimer la toxicité aiguë des effluents avant leur mélange au milieu. Il s'agit de la valeur aiguë finale à l'effluent (VAFE), qui correspond à la concentration pouvant tuer 50 % des organismes sensibles qui y sont exposés. Elle sert seulement lorsque le critère de qualité relatif à la toxicité globale aiguë ne peut être utilisé, par exemple lorsque l'on veut prévoir la toxicité d'un nouvel effluent ou lorsque l'on cherche à identifier les substances à l'origine de la toxicité mesurée à l'aide d'essais de toxicité sur l'effluent entier. La VAFE correspond à deux fois la valeur du CVAA.

Donc, les critères de qualité pour la protection de la vie aquatique, sont répartis à :

- Critères de qualité pour la protection de la vie aquatique aiguë (CVAA)
- Critères de qualité pour la protection de la vie aquatique chronique (CVAC)

Les critères de qualité chimiques sont définis à partir des résultats d'essais de laboratoire où des effets propres à chaque substance ont été mesurés. Des seuils de toxicité aiguë et des seuils d'effets chroniques sont à la base de la détermination des critères de qualité chimiques. Les seuils de toxicité aiguë sont déterminés à partir de concentrations létales pour 50 % des organismes. Les seuils d'effets chroniques sont déterminés à partir de concentrations sans effets observables (CSEO), de concentrations minimales entraînant un effet observable (CMEO) ou de concentrations inhibitrices pour 25 % des organismes testés (CI25).

Les méthodes utilisées pour calculer les critères de vie aquatique aigu et chronique dépendent du nombre de données aiguës ou chroniques disponibles pour la substance. Une grande variété d'espèces doit avoir été testées en couvrant au moins six familles d'organismes aquatiques différentes (critères de qualité), ou bien des facteurs de sécurité sont ajoutés aux données de toxicité lorsque le nombre d'espèces testées est restreint (critères de qualité provisoires). Toutes les méthodes permettant de déterminer des critères de protection pour la vie aquatique sont décrites en détail dans MENVIQ (1990b, en révision) (MDDEP, 2009).

#### 8.4.3 Critères de qualité pour la protection de la faune terrestre piscivore (CFTP)

La faune terrestre piscivore est définie ici par les espèces non domestiques des classes taxonomiques *aves* et *mammalia* (oiseaux et mammifères). Les critères de qualité pour la faune terrestre piscivore (CFTP) correspondent à la concentration d'une substance dans l'eau qui ne causera pas, sur plusieurs générations, de réduction significative de la viabilité ou de l'utilité (au sens commercial ou récréatif) d'une population animale exposée par sa consommation d'eau ou son alimentation (U.S.EPA, 1995d). Le critère final pour la faune terrestre piscivore est la valeur la plus basse entre celle calculée pour protéger les espèces aviaires et celle calculée pour protéger les mammifères.

Les critères de faune terrestre piscivore présents dans ce document ont été déterminés à partir de la méthode décrite dans le document intitulé *Great Lakes Water Quality Initiative Technical Support Document for Wildlife Criteria* (U.S.EPA, 1995d). Les valeurs définies pour la faune terrestre par l'U.S.EPA en 1980 et qui étaient basées sur des normes de commercialisation pour l'humain ont été éliminées parce qu'elles ne se justifiaient plus compte tenu des connaissances et des méthodes actuelles ((MDDEP, 2009).

#### 8.4.4 Critères de qualité pour la protection des activités récréatives et d'esthétique (CARE)

Les critères de qualité pour la protection des activités récréatives visent principalement à prévenir les dangers pour la santé liés au contact direct ou indirect avec l'eau mais ils couvrent aussi les aspects esthétiques de la ressource. Les critères d'activités récréatives à contact direct visent à protéger les activités où tout le corps y compris la tête, est régulièrement en contact avec l'eau, comme chez les baigneurs et les véliplanchistes. Sous la même rubrique apparaissent les critères d'activités à contact indirect qui visent à protéger les autres activités comme la navigation de plaisance, le canotage, la pêche, etc., au cours desquelles le corps est en contact moins fréquent avec l'eau. Une note accompagnant le critère indique alors s'il s'applique aux activités à contact indirect. Finalement, le critère esthétique vise à protéger les aménagements riverains tels les parcs, haltes routières, lieux de séjour et campings de tout impact visuel négatif.

#### 8.4.5 Critères de toxicité globale de l'effluent

La toxicité globale de l'effluent (TGE) est une mesure du potentiel toxique d'un effluent qui se fait en exposant des organismes aquatiques à un effluent et à des dilutions prédéterminées de cet effluent. La mesure de la toxicité globale d'un effluent repose sur des essais de toxicité standardisés. Elle n'est pas conçue pour représenter les conditions exactes du milieu récepteur.

La mesure de la TGE est une stratégie pour détecter les contaminants toxiques ou les combinaisons de contaminants qui auraient été ignorés autrement. Lorsque jumelée à des études d'identification ou de réduction de la toxicité, elle permet d'établir l'origine de cette toxicité, voire d'orienter les modes de gestion pour Calcul et interprétation des objectifs environnementaux de rejet pour les contaminants du milieu aquatique.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs l'éliminer. La TGE permet de tenir compte de l'effet combiné de plusieurs substances et de tenir compte des substances inconnues ou pour lesquelles il n'existe pas de critères de qualité pour la protection de la vie aquatique. Par ailleurs, elle ne donne pas d'information sur les autres usages de l'eau.

Les objectifs environnementaux de rejet pour la TGE sont déterminés à partir :

- Critère de toxicité globale aiguë qui s'applique directement à l'effluent avant dilution dans le milieu ;
- Critère de toxicité globale chronique qui s'applique au bout d'une zone de mélange.

##### 8.4.5.1 Critère de toxicité globale aiguë

L'absence de toxicité aiguë à l'effluent est définie par un maximum de 50 % de mortalité dans l'effluent non dilué. L'objectif visé est d'obtenir une concentration résiduelle à l'intérieur de la zone de mélange attribuée qui ne produit pas ou peu de mortalité sur les organismes. En respectant la limite de 50 % de mortalité à l'effluent, on suppose qu'il n'y aura pas ou peu de

mortalité des organismes exposés dans la zone de mélange. Le critère de toxicité globale aiguë, exprimé en unités toxiques, est d'une unité de toxicité aiguë (1 UTa).

Le résultat d'un essai de toxicité aiguë exprimé en UTa s'obtient en divisant 100 % par la concentration d'effluent qui est létale pour 50 % des organismes testés (CL50).

$$UTa = 100 \%$$

$$CL50 (\% V/V)$$

Pour assurer la représentation de la gamme de sensibilité des espèces de l'écosystème, trois espèces sentinelles (deux poissons et un invertébré) devraient être testées (MDDEP, 2007).

#### 8.4.5.2 Toxicité globale chronique

Pour éviter les effets à long terme d'un rejet sur la vie aquatique, un effluent ne doit pas causer, à la limite de la zone de mélange attribuée, d'effets à long terme sur le développement, la croissance et la reproduction de chacune des espèces sentinelles testées. Le critère de qualité pour la toxicité globale chronique, exprimé en unités toxiques, est d'une unité de toxicité chronique (1 UTc).

Le résultat d'un essai chronique exprimé en UTc s'obtient en divisant 100 % par la plus haute concentration d'effluent sans effet. Cette valeur s'obtenait originellement en divisant 100 % par la concentration sans effet observable (100 % / CSEO (% V/V)). Elle est maintenant généralement définie par la concentration d'effluent qui inhibe une fonction chez 25 % des organismes testés.

$$UTc = 100 \%$$

$$CI_{25} (\% V/V)$$

Pour assurer la représentation de la gamme de sensibilité des espèces de l'écosystème, un minimum de deux espèces sentinelles de niveau trophique différent (un poisson, un invertébré ou une algue) devraient être testées (MDDEP, 2007).

## 8.5 Objectifs environnementaux de rejet : approche locale

Des objectifs environnementaux de rejet sont calculés pour les contaminants chimiques et pour la toxicité globale aiguë et chronique de l'effluent. Les OER calculés selon l'approche locale sont basés sur un bilan de charges portant sur une portion du plan d'eau. En effet, comme la dégradation des contaminants principalement responsables de la toxicité des effluents aurait tendance à être négligeable aux environs du point de rejet (U.S. EPA, 1991*b*), les contaminants sont considérés comme conservatifs à l'intérieur de la zone de mélange. Le bilan de charges est donc établi de façon que, pour un contaminant donné, l'addition de la charge de l'effluent à la charge existante en amont du rejet respecte la charge maximale basée sur le critère de qualité de l'eau à la limite de la zone de mélange. Le calcul des OER intègre la quantité d'eau allouée pour la dilution de l'effluent, le débit de l'effluent, la qualité de l'eau en amont du point de rejet et les critères de qualité de l'eau assurant la protection des usages désignés. Un calcul similaire est également fait pour la toxicité globale de l'effluent. Le tableau ci-dessous, présente Les limites de la zone de mélange et dilution pour divers milieux (MDDEP,2007)).

**Tableau 81** : Limites maximales des zones de mélange et de la dilution pour différents types de milieux

	Rivière à mélange rapide	Rivière à mélange lent	Lac, réservoir et baie fermée	Estuaire et eaux côtières
<b>Outils servant à la détermination de la dilution</b>	Débites d'étiage	Modélisation hydrodynamique	Modélisation hydrodynamique	Modélisation hydrodynamique
<b>Pour les usages à protéger partout<sup>1</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 dans 100</li> <li>• 50 % du débit d'étiage (toxiques)</li> <li>• 100 % du débit d'étiage (conventionnels)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 dans 100</li> <li>• Longueur de 300 m</li> <li>• 50 % du débit d'étiage (toxiques)</li> <li>• 100 % du débit d'étiage (conventionnels)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 dans 10</li> <li>• Longueur au point de remontée</li> <li>• Dilution à la décharge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 dans 100</li> <li>• Rayon de 300 m</li> </ul>
<b>Pour l'approvisionnement en eau potable CPC(EO)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 100 % du débit d'étiage</li> <li>• Longueur selon la distance de l'usage</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longueur selon la distance de l'usage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longueur selon la distance de l'usage</li> </ul>
<b>Pour les usages affectés par le phosphore</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 100 % du débit d'étiage</li> <li>• Longueur à la fin du tronçon de rivière</li> </ul>		s. o. <sup>2</sup>	Au cas par cas
<b>Pour les usages affectés par les coliformes fécaux</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 100 % du débit d'étiage</li> <li>• Longueur à la fin du tronçon de rivière</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 dans 10</li> <li>• Longueur selon la distance de l'usage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longueur selon la distance de l'usage</li> </ul>

(1) Limites non applicables aux critères assurant la protection des sources d'approvisionnement en eau potable (CPC[EO]) et aux critères relatifs au phosphore et aux coliformes fécaux.

(2) Le calcul de l'OER est basé sur une analyse de l'ensemble des apports du milieu et non sur la dilution au bout d'une zone de mélange.

### 8.5.1 Calcul des OER pour les contaminants chimiques

Les équations qui suivent illustrent le bilan de charges utilisé pour calculer les objectifs environnementaux de rejet pour les contaminants chimiques (MDDEP, 2007 ; ZANATI N et Al, 2013) .

Charge amont + charge allouée = charge maximale permise à l'effluent à la limite de la zone de mélange

$$C_{am}Q_{am} + C_eQ_e = C_c(Q_{am}+Q_e) \quad (1)$$

Où :

$C_e$  : concentration allouée à l'effluent pour un contaminant donné. Elle est exprimée en concentration totale ou extractible totale. Elle correspond à l'OER en concentration (mg/l).

$Q_e$  : débit de l'effluent. Correspond généralement au débit moyen journalier de l'effluent en l/s. (Rejet d'eaux résiduaires industrielles ERI).

$C_c$  : concentration en (mg/l) correspondant au critère de qualité de l'eau retenu pour un contaminant et un usage donnés. Cette concentration est exprimée en concentration totale ou extractible totale.

$C_{am}$  : concentration amont du contaminant dans le milieu récepteur.

$Q_{am}$  : débit amont qui correspond à la portion du débit du milieu allouée pour le mélange de l'effluent.  $Q_{am}$  prend en considération la fraction ( $f$ ) du débit d'effluent prélevée dans le milieu récepteur en amont du point de rejet.

$$Q_{am} = Q_r - f Q_e.$$

$Q_r$  : débit du milieu récepteur alloué pour le mélange de l'effluent.

Le facteur  $f = 1$  : si l'eau d'approvisionnement est entièrement tirée du cours d'eau en amont du point de rejet.

Le facteur  $f = 0$  : si l'approvisionnement en eau se fait à partir d'un autre bassin versant ou à partir d'eau souterraine.

$Q_e$  = Débit de l'effluent, correspond généralement au débit moyen de l'effluent. (Rejet d'eaux résiduaires industrielles ERI).

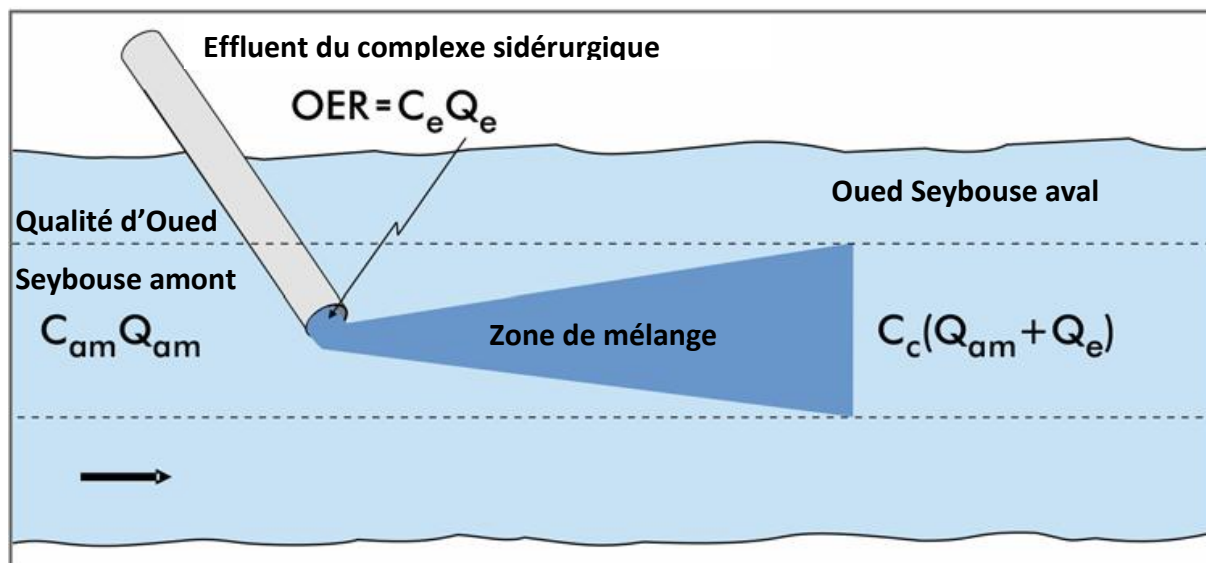
$$C_e Q_e = C_c (Q_{am} + Q_e) - C_{am} Q_{am} \quad (2)$$

L'équation (2) peut être transformée en remplaçant  $Q_{am}$  par sa définition ( $Q_r - fQ_e$ ) et en isolant  $C_e$  :

$$C_e = \frac{C_c(Q_r - fQ_e + Q_e) - C_{am}(Q_r - fQ_e)}{Q_e} \quad (3)$$

La charge journalière attribuée à l'effluent.  $Ch_j$  (kg/j) est défini comme suit :

$$Ch_j = C_e \times Q_e \quad (4)$$



**Figure 74** : schéma du bilan de charge de l'effluent du complexe sidérurgique IMETAL

### 8.5.2 Débit d'étiage d'oued Seybouse

Les conditions critiques en rivière surviennent généralement en période d'étiage. Un étiage se définit comme la baisse périodique du débit d'un cours d'eau. L'étiage survient au moment de sécheresses pendant lesquelles l'apport en eau de ruissellement est faible ou nul et où seul l'écoulement souterrain alimente les eaux de surface (MDDEP, 2005). Les OER calculés dans ces conditions assurent le respect des critères de qualité dans le milieu.

L'apport des effluents en milieu aquatique peut profondément modifier la physico-chimie du milieu récepteur (Mokaya et al, 2004 ; Piyankarage et al., 2004). Ces modifications sont fortement liées au régime hydrologique des cours d'eau (Mwashote et al. 2005 ; Shomar et al. 2005, SAYAD et al, 2013).

Les charges polluantes n'ont pas grande signification si elles ne sont pas rapportées aux flux d'eau naturels qui les diluent. Le débit maximal considéré pour la dilution dans une rivière à mélange rapide est égal à la moitié du débit d'étiage de la rivière pour les contaminants toxiques et à la totalité du débit d'étiage pour les contaminants conventionnels, sans dépasser la dilution maximale de 1 dans 100.

La période de retour des débits d'étiage retenus est fonction du type d'effet que l'on cherche à prévenir (usages de l'eau). Les débits d'étiage associés aux différents critères sont les suivants :

1. Le plus faible débit moyen sur sept jours consécutifs ayant une probabilité de récurrence d'une fois par dix ans ( $Q_{10,7}$ ) pour les CVAC des contaminants toxiques ;
2. Le plus faible débit moyen sur trente jours consécutifs ayant une probabilité de récurrence d'une fois par cinq ans ( $Q_{5,30}$ ) pour les CPC(O), CPC(EO) et CFTP.
3. Le plus faible débit moyen sur sept jours consécutifs ayant une probabilité de récurrence d'une fois par deux ans ( $Q_{2,7}$ ) pour les CVAC des contaminants Conventionnels

Le tableau 3 présente les débits à retenir pour le calcul des OER en fonction des différents critères de qualité de l'eau.

**Tableau 82** : Débits d'étiage retenus pour les différents usages (MDDEP,2007)

Critère de qualité	Usage protégé ou effet	Débit d'étiage	Respect du critère
CPC(EO) <sup>1</sup>	Prévention de la contamination de l'eau et des organismes	Q5,30 annuel	À la prise d'eau
CPC(O) <sup>1</sup>	Prévention de la contamination des organismes	Q5,30 annuel	À la limite de la zone de mélange
CARE (coliformes fécaux)	Activités récréatives	Q2,7 estival	Au site de l'usage
CVAC (toxiques)	Vie aquatique, chronique	Q10,7 annuel <sup>2</sup>	À la limite de la zone de mélange
CVAC (MES, DBO5)	Vie aquatique, chronique	Q2,7 annuel	À la limite de la zone de mélange
CVAC (phosphore)	Eutrophisation en rivière	Q2,7 estival	En zone sensible ou par tronçon
CVAC (phosphore)	Eutrophisation en lac, en réservoir ou en baie fermée	Modèle d'apports	Dans le lac, le réservoir ou la baie fermée
		Q2,7 annuel	À l'embouchure des tributaires du lac, du réservoir ou de la baie fermée
CFTP <sup>1</sup>	Faune terrestre piscivore	Q5,30 annuel	À la limite de la zone de mélange
TGE aiguë	Toxicité globale aiguë		À l'effluent
TGE chronique	Toxicité globale chronique	Q10,7 annuel	À la limite de la zone de mélange

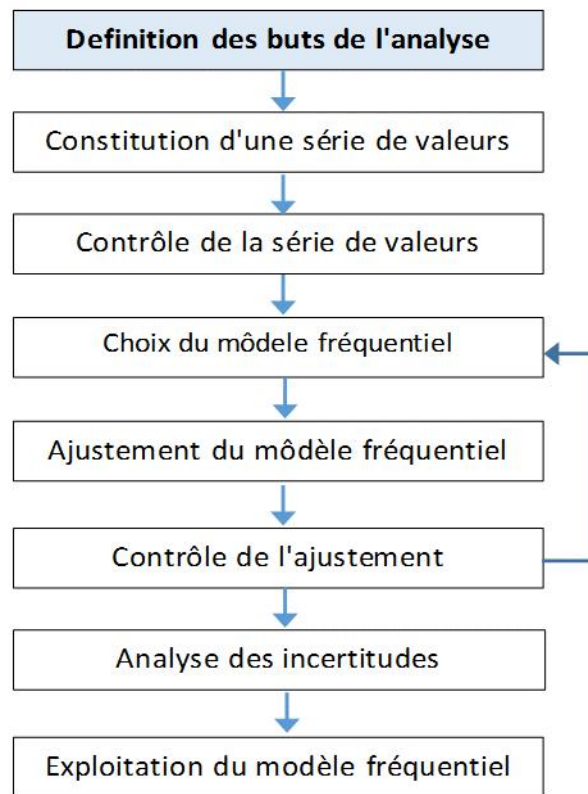
(1) Pour les substances persistantes, toxiques et bioaccumulables, comme aucune zone de mélange n'est attribuée, aucun débit d'étiage ne s'applique.

(2) Un OER saisonnier (estival) et un OER annuel sont calculés pour l'azote ammoniacal sur la base des débits d'étiage estival et annuel.

### 8.5.3 Analyse fréquentielle des débits d'étiage

L'analyse fréquentielle est une méthode statistique de prédiction consistant à étudier les événements passés, caractéristiques d'un processus donné (hydrologique ou autre), afin d'en définir les probabilités d'apparition future (Bobée et Ashkar, 1991).

L'analyse fréquentielle introduit diverses techniques statistiques et constitue une série complexe qu'on doit la traiter avec beaucoup de rigueur. Le diagramme (Fig.74) illustre les étapes à suivre pour satisfaire l'analyse fréquentielle.



**Figure 75 :** Principales étapes de l'analyse fréquentielle (Meylan et Musy, 1999)

La cause essentielle des étiages est une sécheresse climatique exceptionnelle et prolongée, se traduisant par une grave pénurie des précipitations et par une intense évapotranspiration en saison chaude (Frecaut, 1971).

Une série de données hydrologiques peut être résumée simplement par sa valeur centrale (moyenne arithmétique en général) et un paramètre de dispersion (écart-type).

Pour compléter sa caractérisation, un phénomène hydrologique est décrit couramment par une variable aléatoire dont les valeurs de l'échantillon possèdent une distribution de fréquence analogue à la densité de probabilité de la population  $p(x)$ .

Cette densité de probabilité est obtenue graphiquement avec en abscisses les valeurs des observations et en ordonnées les fréquences de ces observations groupées par classes de valeurs croissantes (Laborde 2000).

L'analyse fréquentielle consiste à ajuster une loi statistique à un échantillon d'observations hydrologiques, afin d'évaluer la relation entre l'estimation du débit de période de retour  $T$  et la probabilité de non-dépassement qui lui est associée. Le but est de calculer les débits d'étiage critiques  $X_T$  qui correspondent à une certaine période de retour  $T$ , définie comme étant le temps moyen entre deux occurrences d'étiages. (Ven Te Chow *et al.*, 1988) (Maidment, 1993) (Meylan *et al.*, 2008).

### 8.5.3.1 Distributions et méthodes d'ajustement statistique

La plupart des études d'analyse de fréquence ont pour objet d'assigner à des valeurs de débit  $X$  une fréquence cumulative exprimée en quantiles, soit directement par des fonctions de répartition empiriques, soit après ajustement par des distributions théoriques. Ceci permet le calcul des débits d'étiage critiques  $x_T$  correspondant à une période de retour  $T$ , tel que  $P(X < x_T) = 1 - 1/T$ .

Ces travaux ont surtout porté sur l'étude du minimum annuel du débit journalier où les données hydrologiques sont supposées indépendantes et identiquement distribuées. Il est aussi d'usage d'analyser  $Q_m$ , le minimum annuel du débit moyen sur  $m$  jours consécutifs,  $m$  prenant généralement les valeurs 7, 10, 30, 60, 90, ou 120 jours, et d'adopter comme débit critique un débit  $m$  jours ayant une période de retour de  $T$  ans.

Le débit critique le plus utilisé en Amérique du Nord est  $Q_{10\ 7}$  qui correspond au minimum annuel moyen sur 7 jours, ayant une période de retour de 10 ans (Abi Zied et al, 1999).

Dans le glossaire d'hydrologie (WMO, 1974), l'étiage est défini comme étant le « débit d'une rivière après une période sèche prolongée ». Parmi toutes les définitions de sécheresse, une définition objective et assez flexible ayant émergé est celle avancée par Yevjevich 1967 qui est reliée à la théorie des séquences, une branche de l'analyse statistique des séries chronologiques. Pour caractériser l'étiage, différents indicateurs peuvent être utilisés. En général, l'indicateur d'étiage est défini par un couple (débit, durée)

Les étiages et les sécheresses hydrologiques sont souvent caractérisés par des indicateurs dont (Abi Zied et al, 1999) :

- L'indice de Palmer (PI) (Palmer, 1965) est l'indicateur de sécheresse le plus utilisé aux États-Unis. Il combine l'information sur les précipitations et sur la température et mesure la différence cumulative entre les conditions normales et les conditions observées.
- Correia et al. (1991) ont défini des indices de risque, de vulnérabilité et de résilience reliés aux sécheresses hydrologiques dans un contexte local ainsi que régional, et ce en utilisant des débits moyens annuels obtenus par génération de données synthétiques.

Par contre, en France et suite aux études réalisées par l'IRSTEA4 (Galéa et al., 1999), le débit d'étiage est le  $VCNd$  qui correspond au débit moyen caractéristique sur une durée  $d$  connue, minimal dans la saison. Dans leur étude, l'IRSTEA utilise le débit journalier minimum annuel de période de retour de deux ans.

Bernier (1964) a appliqué la loi de probabilité du débit minimum annuel de Bar-sur-Seine, France, en utilisant les précipitations et la courbe de tarissement. L'expression de cette loi est formellement celle de la théorie des valeurs extrêmes de Gumbel.

Gumbel (1954) a été le premier à appliquer la théorie des valeurs extrêmes aux événements de sécheresse et en particulier au débit minimum annuel de huit rivières américaines dans les états de l'Arizona, du Kansas, de Utah, du Montana, du Massachussets, du Colorado et du Wisconsin. La loi de Weibull est à trois paramètres : un paramètre de forme  $k$ , un paramètre d'échelle  $a$ , et un paramètre de position  $u$  tel que  $x > u$ . L'estimation doit être telle que  $\hat{u}$  soit inférieur au plus faible débit minimum observé. (Abi Zied et al 1999).

Afin d'écartier tout ajustement peu adapté à la série d'observations, les lois les plus appropriées à l'ajustement statistique des débits minimaux annuels, ont été choisies *a priori* (Audet et al. 2000). Plusieurs lois appliquées aux séries de débits moyens journaliers minimaux, annuels et saisonniers ont été développées (Tableau 83) :

**Tableau 83** : Loix appliquées aux débits d'étiage (Abi Zied et al., 1999)

Loi	Expression
Weibull	$f(x) = \frac{k}{\alpha} \left( \frac{x-u}{\alpha} \right)^{k-1} \exp\left(-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)^k\right)$
Gumbel	$f(x) = \alpha \exp\left[-\alpha(x-u) - \exp(-\alpha(x-u))\right]$
log normale à trois paramètres (LN3)	$f(x) = \frac{1}{(x-a)\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma^2} [\ln(x-a) - m]^2\right\}$
Pearson type 3 (LP3)	$f(x) = \frac{1}{a\Gamma(b)} \left(\frac{x-m}{a}\right)^{b-1} \exp\left(-\frac{x-m}{a}\right)$
Pearson type 5 (LP5)	$f(x) = \frac{1}{a\Gamma(b)} \left(\frac{x-m}{a}\right)^{-(b+1)} \exp\left(-\frac{a}{x-m}\right)$
Gamma	$f(x) = \frac{\alpha^p x^{p-1} e^{-\alpha x}}{\Gamma(p)}$
log normale à deux paramètres (LN2)	$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma^2} [\ln(x) - m]^2\right\}$
normale	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$
log Pearson type 3 (LP3)	$f(x) = \frac{1}{x a \Gamma(b)} \left(\frac{y-m}{a}\right)^{b-1} \exp\left(-\frac{y-m}{a}\right), y = \log(x)$
Loi généralisée des valeurs extrêmes (GEV)	$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left\{1 - k \frac{(x-u)}{\alpha}\right\}^{\frac{1}{k}-1} \exp\left[-\left\{1 - k \frac{(x-u)}{\alpha}\right\}^{\frac{1}{k}}\right]$

k et b : paramètre de forme,  $\alpha$  : paramètre d'échelle, u, m : paramètre de position,  $\Gamma(b)$  : fonction gamma complète.

Un rapport d'analyse hydrologique de débits d'étiage, contient les éléments suivants (Sayad, 2015) :

1. Une description du secteur étudié ainsi qu'une carte localisant chaque site où les débits sont évalués ;
2. Une description des particularités de chaque site, le cas échéant (régime d'écoulement, présence de barrages, etc.) ;
3. La superficie du bassin versant pour chaque site étudié ;
4. La méthodologie de calcul ;
5. Les stations hydrométriques retenues ;
6. Les détails des analyses statistiques réalisées pour obtenir les différentes récurrences des débits d'étiage à chaque station hydrométrique ;
7. Les résultats ;
8. Tout autre élément jugé pertinent pour la compréhension de l'analyse et du dossier en général.

Nous avons choisi les données hydrométriques de la station de Mirbeck (station de référence) pour élaborer l'analyse fréquentielle des débits.

**Tableau 84** :: Caractéristiques morphométriques du BV de la Seybouse à la station de Mirbeck

Paramètre / Station	S (Km <sup>2</sup> )	P (km)	H max. (m)	H min (m)	H moy (m)	Leq (Km)	L moy (Km)	L.th (Km)	Cp	Ct (s.d)	Ds (m)	Tc (h)	Dd (km/km <sup>2</sup> )
Seybouse à Mirbeck	5955	433	1635	10	716	107	16	64	1.2	6	416	40	0.72

S : Surface drainée, P : Périmètre, H : Altitude max., H : Attitude min, H : Altitude moyenne, Leq : Longueur du rectangle équivalent, Lmoy : Largeur moyenne, L.th : Longueur du thalweg principal, Cp : Coefficient de compacité, Ct : Coefficient de torrentialité Ds : Dénivelée spécifique, Tc : Temps de concentration, Dd : Densité de drainage (Sayad L, 2015).

### Loi de Gumbel (méthode des moments)

Plusieurs lois ont été appliquées aux débits d'étiage. Dubreuil (1974) préconise, pour l'ajustement des débits extrêmes les lois de Galton, Pearson 3 et Gumel.

Cette dernière est également appelée distribution des fréquences de valeurs extrêmes du fait qu'elle résulte de l'étude des valeurs extrêmes prises par une variable aléatoire au cours de  $n$  tirages indépendants, consiste à évaluer les moments théoriques de la distribution (qui sont fonction des paramètres) et leur estimation obtenue à partir de l'échantillon. La résolution du système permet ensuite d'obtenir les différents paramètres de la loi (Audet 2000).

C'est une distribution à queue légère. (Bernier, 1957) La fonction de répartition est la suivante :

$$F(x) = 1 - \exp\left[-\exp\left(\frac{x - \mu}{\alpha}\right)\right]$$

Avec :  $x$  - , [ ;  $> 0$  ;  $u > 0$ .

et la densité de probabilité :

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp\left[-\frac{x - \mu}{\alpha}\right] \exp\left(-\exp\left(-\frac{x - \mu}{\alpha}\right)\right)$$

Avec le paramètre d'échelle et  $u$  le paramètre de position (mode).

La méthode des moments

Les moments sont :

$$\mu_x = \mu + 0.5772 \alpha$$

$$\sigma_x^2 = \frac{\pi^2 \alpha^2}{6} = \frac{\pi^2 \alpha^2}{6}$$

La période de retour T (au temps de récurrence) comme l'inverse de la fréquence au non dépassement F (ou de la fréquence au dépassement F1) (Laborde J-P., 2000a) :

$$T = 1/F$$

(T : période de retour ; F : probabilité)

$$P(X > X_0) = F \quad T=1/F \quad (X > X_0)$$

$$T=1/1-F$$

$$P(X > X_0) = F \quad T=1/F$$

Loi de Gumel pour les valeurs extrêmes minimales

$$\begin{aligned} \mu &= \bar{x} + 0.577/\sigma \\ &= 1.282 / \sigma \end{aligned}$$

Avec :

$\bar{x}$  : La moyenne

$\sigma$  : l'écart type

Loi de Gumbel pour les valeurs extrêmes minimales :

$$F(x) = 1 - \exp[-e^{-(x-\mu)}]$$

$$1 - F(x) = e^{-e^{-(x-\mu)}}$$

$$\ln [1-F(x)] = -e^{-(x-\mu)}$$

$$\ln [-\ln (1-F(x))] = (x-\mu)$$

$$= (x-\mu) = (x-\mu)$$

$$X = \ln [-\ln (1-F)] + \mu$$

X étant le plus faible débit moyen de récurrence

Lorsqu'un rejet se mélange rapidement dans toute la masse d'eau du milieu récepteur, aucune modélisation n'est nécessaire, car le mélange est présumé uniforme dans cette masse d'eau.

La zone de mélange est ainsi limitée par la plus contraignante des limites Suivantes :

- Un débit maximal pour la dilution de 100 % du débit d'étiage pour les contaminants conventionnels (demande biochimique en oxygène et matières en suspension),
- Un débit maximal pour la dilution de 50 % du débit d'étiage ; pour les contaminants toxiques,

### 8.5.4 Méthode de détermination du débit d'effluent du complexe sidérurgique IMETAL- ex Arcelor Mittal- Annaba

L'apport des effluents en milieu aquatique peut profondément modifier la physico-chimie du milieu récepteur (Mokaya et al., 2004 ; Piyancarage et al., 2004).

Ces modifications sont fortement liées au régime hydrologique des cours d'eau (Mxashote et al. 2005 ; Sayad L,2015). La détermination du volume de l'eau rejetée par le complexe est délicate vu l'irrégularité de la production au niveau des unités du complexe d'une part, certaines unités dotés par des prétraitements (bassin de décantation et déshuileurs). Les effluents du complexe sont assurés à travers des collecteurs principaux (07 émissaires) se déversant à oued Meboudja, ce dernier rejoint Oued Seybouse sur Quelques Kilomètres

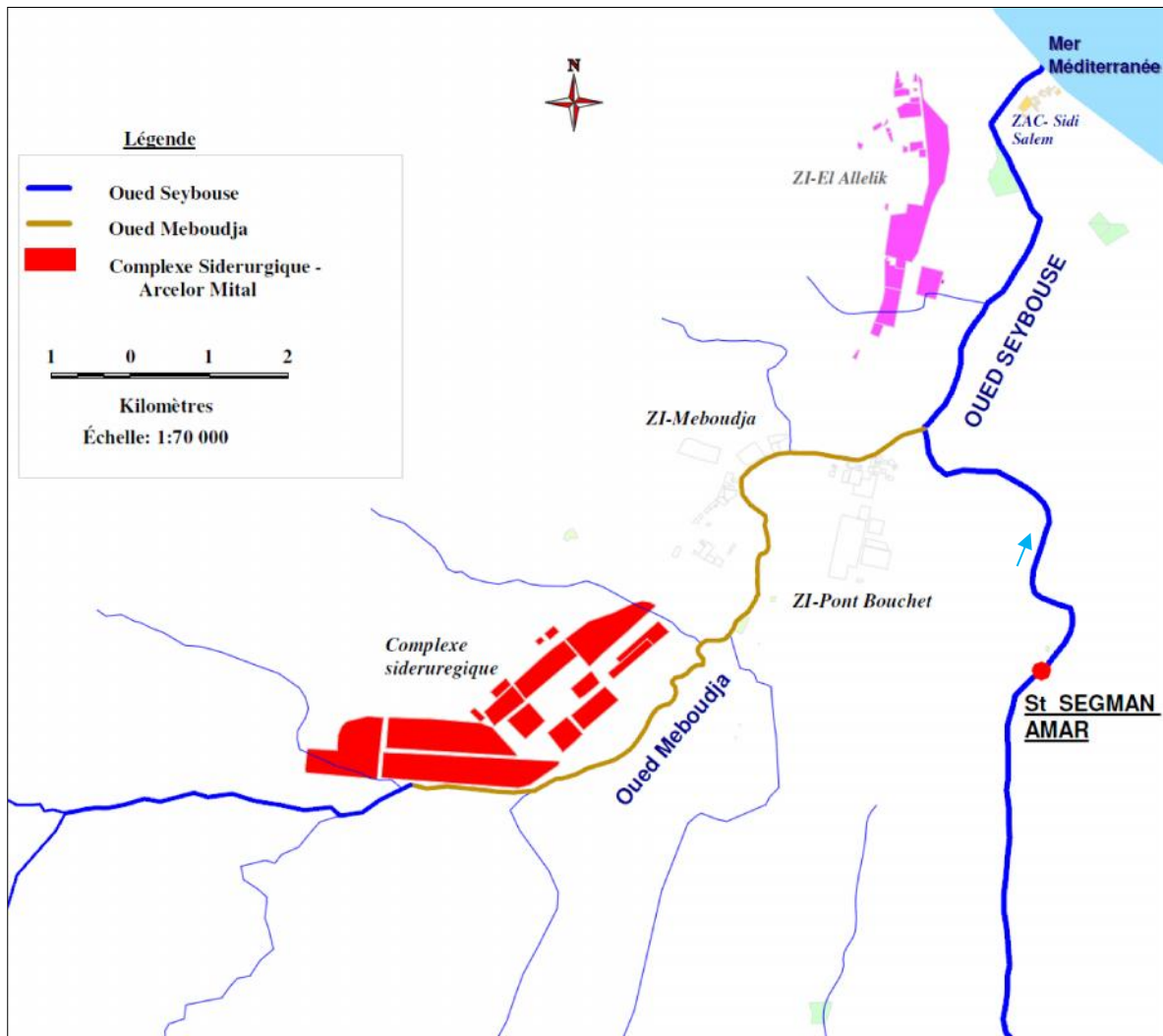
Les débits de rejets de collecteurs du complexe (07 collecteurs) issues des unités de production du complexe citées dans le chapitre 4, a été déterminé en contenu par un débitmètre Doppler hauteur/vitesse (Mainstream IV) la hauteur : par mesure de pression. Utilisation d'une sonde de niveau piézorésistive et la vitesse : par effet Doppler. Utilisation d'un capteur de vitesse à effet Doppler. Un faisceau d'ultrasons est émis par une sonde immergée, suivant l'axe de la canalisation.

Le tableau ci-après, présente les résultats des débits moyens journaliers ont été enregistrés au niveau des collecteurs du complexe, avec un débit moyen journalier de l'ensemble des collecteurs (débit total du complexe  $Q= 22891\text{m}^3/\text{j}$ ).

**Tableau 85** : Débits moyens journaliers du complexe sidérurgique IMETAL

Point de Rejets	Débit ( $\text{m}^3/\text{j}$ )	Débit (l/s)
PR1	2379	27,53
PR2	2704	31,30
PR4	1320	15,28
PR5	1147	13,28
PR6	4389	50,80
PR8	8151	94,34
PR9	2801	32,42
<b>Débit Total</b>	<b>22891</b>	<b>264,94</b>

Une présentation graphique de site d'étude, montre-le parcours d'écoulement des effluents du complexe jusqu'au le milieu récepteur (Oued Seybouse) à travers Oued Meboudja, où durant l'étiage, ce cours d'eau transporte uniquement les effluents industriels du complexe sidérurgique.



**Figure 76** : Présentation du Site d'étude Pour Les OER

### 8.5.5 Calcul des objectifs environnementaux des rejets du complexe IMETAL

#### 8.5.5.1 L'Analyse statistique :

La maximisation intrinsèque de l'information au sens de P. Dubreuil, 1974 n'a pas été effectuée pour l'extension de la série des données hydrométriques existantes à la station de jaugeage de Mirbeck (23 ans d'observations), car il semble préférable de baser notre analyse sur une série de données réellement observées et non extrapolées, d'autant plus la forte irrégularité du régime hydrologique de l'Oued Seybouse et les caractéristiques spécifiques de son bassin versant ne justifient guère une telle tentative.

Pour ces raisons deux périodes réduites d'observation ont été sélectionnées afin de procéder à l'analyse statistique des données hydrométriques :

- Série d'échantillons de N= 10 ans (1968 -1978) pour le calcul de  $(Q_{10-7})$  et  $(Q_{5-30})$
- Série d'échantillons de N= 12 ans (1968 -1980) pour le calcul de  $(Q_{5-30})$ .

D'après les différentes lois d'ajustement statistique pour déterminer du débit de retour pour une série de  $n$  échantillons et de  $N$  années d'observations,  $t$  (période de retour).

#### 8.5.5.1.1 Série d'échantillons de $N= 10$ ans (1968 -1978) pour le calcul de $(Q_{10},7)$ et $(Q_{5},30)$

Le classement des valeurs de débits journaliers enregistrés à la station Mirbeck 1968-1978 (jour après jour perpendiculairement pour chaque année observée et année après année) sur un fichier Excel et à l'aide d'un programme installé on détermine le plus faible moyen débit (débit d'étiage) de (07) sept et (30) trente jours successifs pour chaque année, les résultats sont portés sur le tableau N°86.

**Tableau 86** : Faibles débits moyens de sept et trente jours consécutifs enregistrés à la station Mirbeck 1968-1978

Année	$Q_{\min 7j} \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{\min 30j} \text{ m}^3/\text{s}$
1968-1969	0.320	0.70
1969-1970	0.240	0.340
1970-1971	0.250	0.250
1971-1972	0.800	1.150
1972-1973	1.420	1.860
1973-1974	0.920	1.200
1974-1975	0.610	1.590
1975-1976	0.140	1.510
1976-1977	1.190	2.010
1977-1978	0.380	1.860

L'analyse statistique de ces faibles moyens débits de  $Q_{7j}$ ,  $Q_{30j}$  jours consécutifs a permis de calculer de la moyenne ( $\bar{x}$ ) et de l'écart type ( $\sigma$ ) de chaque série. À partir de ces deux paramètres on calcul les variables réduites de Gumbel par les formules ci-dessous (Tableau 87)

$$\mu = \bar{x} + 0.577/\sigma$$

$$= 1.282 / \sigma$$

Avec :  $\mu$  et  $\sigma$  sont les variables réduites de Gumbel

$\mu$  : paramètre de position (mode).

$\sigma$  : Paramètre d'échelle .

**Tableau 87** : Variables réduites de Gumbel pour les valeurs extrêmes minimales  $Q_{7j}$

Moyenne $\bar{x}$		0,6270
Écart type $\sigma$		0,4405
	$\mu$	2,9105
	$\alpha$	0,8253

**Tableau 88** : Variables réduites de Gumbel pour les valeurs extrêmes minimales Q30J

Moyenne $\bar{x}$		1.24700
Écart type $\sigma$		0.63666
	$\alpha$	2.01364
	$\mu$	1.53355

L'application de la loi de Gumbel permet de calculer les plus faibles débits moyens avec les périodes de récurrence : 2, 5, 10 ans. (Tableau 89)

**Tableau 89** : Résultats de l'analyse fréquentielle du débit de retour annuel

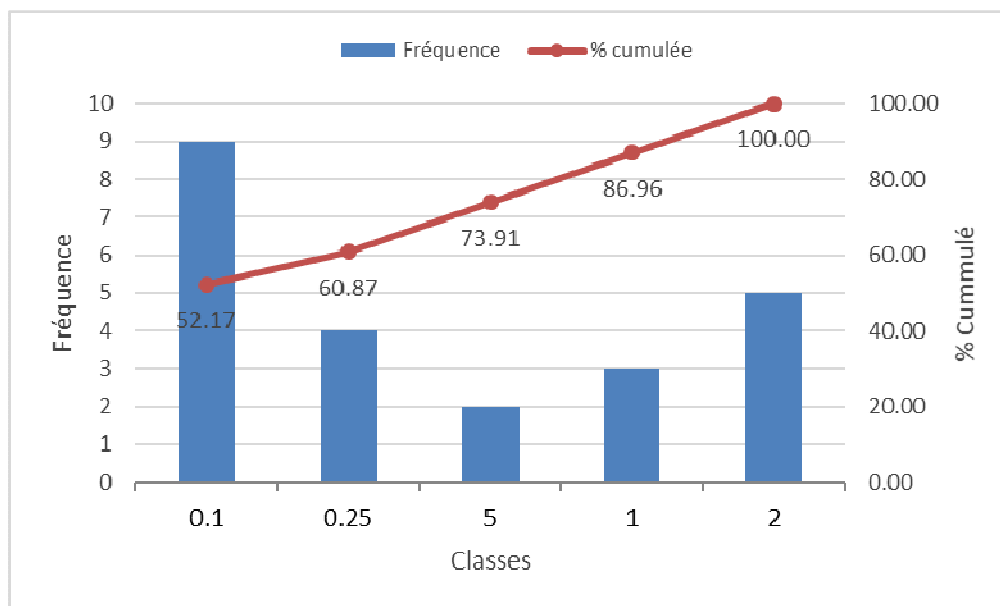
Période de retour (ans)	Qmin 7J l/s	Qmin 30J l/s
2	669,49	1351,78
5	309,86	788,57
10	-25,2	416,17

L'analyse statique descriptive des deux séries Q7j et Q30 j a permis de déterminer les paramètres statistiques pour chaque série (tableau 90)

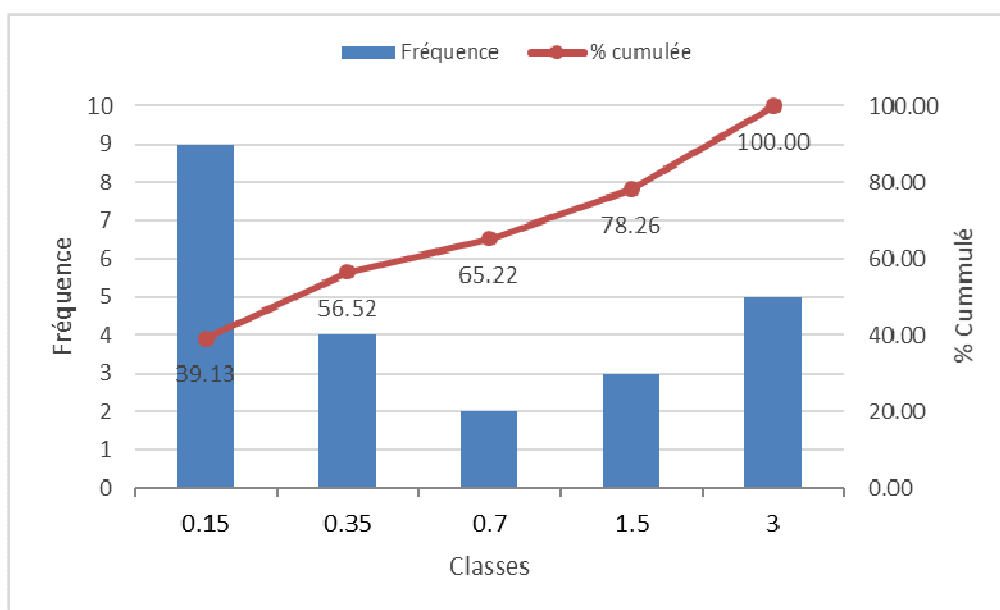
**Tableau 90** : Statistique descriptive du débit de retour annuel Sept et trente jours consécutifs

Paramètre	Débit annuel de retour	
	Q <sub>107</sub>	Q <sub>530</sub>
<i>Débit de récurrence</i>		
Moyenne	0.627	1.247
Erreur-type	0.139	0.201
Médiane	0.495	1.355
Mode	0.32	1.860
Écart-type	0.440	0.637
Variance de l'échantillon	0.194	0.405
Kurtosis (Coefficient d'aplatissement)	-0.770	-1.159
Coefficient d'asymétrie	0.709	-0.505
Plage	1.28	1.760
Minimum	0.14	0.250
Maximum	1.42	2.010
Somme	6.27	12.470
Nombre d'échantillons	10	10.000
Maximum	1.42	0.455
Minimum	0.14	1.247
Niveau de confiance (95.0%)	0.315	0.201

Les fréquences des plus faibles débits avec le cumul en % sont portées dans les histogrammes ci-dessous (Figure 77 et 78).



**Figure 77 :** Histogramme de plus faible débit moyen sur sept jours consécutifs (1968-1991)



**Figure 78 :** Histogramme de plus faible débit moyen de 30 jours consécutifs (1968-1991)

#### 8.5.5.1.2 Série d'échantillons de N= 12 ans (1968 -1980) pour le calcul de (Q5-30)

Le classement des valeurs débit journaliers enregistrés à la station Mirbeck 1968-1980 (jour après jour perpendiculairement pour chaque année observée et année après année), on détermine le plus faible moyen débit (débit d'étiage) de sept et trente jours successifs pour chaque année, les résultats sont portés sur le tableau 91.

**Tableau 91** : Faibles débits moyens de sept et trente jours consécutifs enregistrés à la station Mirbeck 1968-1980

N	Année	$Q_{\min 30J} \text{ m}^3/\text{s}$
1	1968-1969	0.70
2	1969-1970	0.340
3	1970-1971	0.250
4	1971-1972	1.150
5	1972-1973	1.860
6	1973-1974	1.200
7	1974-1975	1.590
8	1975-1976	1.510
9	1976-1977	2.010
10	1977-1978	1.860
11	1978-1979	0.060
12	1979-1980	0.001

L'analyse statistique de ces faibles moyens débits de Q 30j jours consécutifs a permis de calculer la moyenne ( $\bar{x}$ ) et de l'écart type ( $\sigma$ ) de chaque série. À partir de ces deux paramètres on calcule les variables réduites de Gumbel par les formules ci-dessous (Tableau 92).

$$\mu = \bar{x} + 0.577 / \alpha$$

$$\alpha = 1.282 / \sigma$$

Avec :

$\mu$  : paramètre de position (mode).

$\alpha$  : Paramètre d'échelle

**Tableau 92** : Variables réduites de Gumbel pour les valeurs extrêmes minimales Q30J

Moyenne $\bar{x}$		<b>1.04425</b>
Écart type $\sigma$		<b>0.74567</b>
Variables réduites de Gumbel	$\mu$	<b>1.71927</b>
	$\alpha$	<b>1.37986</b>

L'application de la loi de Gumbel permet de calculer les plus faibles débits moyens avec les périodes de récurrence : 2, 5, 10 ans. (Tableau 93).

**Tableau 93** : Résultats de l'analyse fréquentielle du débit de retour annuel

Période de retour (ans)	$Q_{\min 7J} \text{ (l/s)}$	$Q_{\min 30J} \text{ (l/s)}$
<b>2</b>	599.5	1166.98
<b>5</b>	186.4	507.33
<b>10</b>	-86.8	71.2

Le plus faible débit pour la période de retour  $T=10$  ans  $Q_{10.7}$  est inférieur à 0, pas de OER le plus faible débit pendant 30 jours, s'explique par l'Oued est à sec à cet endroit, ou le débitmètre ne fonctionne pas bon pour les petits faibles débits.

L'analyse statique descriptive de la série  $Q_{30j}$  à permet de déterminer les paramètres statistiques pour cette série (tableau 94).

**Tableau 94** : Statistique descriptive du débit de retour annuel Sept et trente jours consécutifs

Paramètre	Débit annuel de retour	
	$Q_{10.7}$	$Q_{5.30}$
<i>Débit de récurrence</i>		
Moyenne	<b>0.627</b>	<b>1.044</b>
Erreur-type	<b>0.139</b>	<b>0.215</b>
Médiane	<b>0.495</b>	<b>1.175</b>
Mode	<b>0.32</b>	<b>1.860</b>
Écart-type	<b>0.440</b>	<b>0.746</b>
Variance de l'échantillon	<b>0.194</b>	<b>0.556</b>
Kurtosis (Coefficient d'aplatissement)	<b>-0.770</b>	<b>-1.652</b>
Coefficient d'asymétrie	<b>0.709</b>	<b>-0.191</b>
Plage	<b>1.28</b>	<b>2.009</b>
Minimum	<b>0.14</b>	<b>0.001</b>
Maximum	<b>1.42</b>	<b>2.010</b>
Somme	<b>6.27</b>	<b>12.531</b>
Nombre d'échantillons	<b>10</b>	<b>12.000</b>
Maximum (1)	<b>1.42</b>	<b>2.010</b>
Minimum (1)	<b>0.14</b>	<b>0.001</b>
Niveau de confiance (95.0%)	<b>0.315</b>	<b>0.474</b>

#### 8.5.5.2 Débit des effluents du complexe sidérurgique -IMETAL

Le rythme de production du complexe sidérurgique est 07j /7, le débit est adéquat pour calculer les objectifs environnementaux des rejets (MDDEP 2007), dans ce cas est le débit moyen journalier du complexe, est l'assemblage de tous les débits moyens des collecteurs principaux (figure 67), Proviennent des différentes unités du complexe (laminoirs, Hauts Fournaux, Aciéries, rond et béton, ...etc.) voir tableau 31 chapitre n°5.

En conséquence, pour les OER, les débits exploités sont mentionnés dans le tableau 95.

**Tableau 95** : Valeurs de débit moyen de rejet du complexe IMITTAL (MATE,2014)

Débit	$Q_{\max/j}$ (m <sup>3</sup> /j)	$Q_{\text{moy}/j}$ (m <sup>3</sup> /j)	$Q_{\text{moy}/s}$ (l/s)
<b>Débit de rejet</b> : assemblages des débits enregistrés au niveau des 07 collecteurs	28000	22891	264.94

### 8.5.5.3 Débit considéré pour la dilution :

Le débit annuel de série d'échantillon N=12 ans (1968-1980) Q5-30 est de 507 l/s,

Le complexe ne puisse pas son eau du milieu récepteur en occurrence l'Oued Seybouse (la fraction  $f=0$ ) elle est alimentée par les eaux brute proviennent du barrage Chafia par l'exploitant l'algérienne des eaux (ADE).

Le mélange se fait rapidement dans la masse d'eau.

Pour les contaminants toxiques (métaux lourds) et  $\text{NH}_4^+$ , on ne retient que 50 % du débit annuel d'étiage pour le mélange de l'effluent. Pour les contaminants conventionnels, on retient 100 % du débit annuel d'étiage pour le mélange de l'effluent.

### 8.5.5.4 Concentration médiane amont :

La station de prélèvement choisie, se trouve à l'amont de la zone de contact entre les effluents du complexe sidérurgique-Oued Seybouse est au lieudit Segman Amar sur l'Oued Seybouse, on dispose d'une série d'analyse physico chimique étalée sur 30 ans (1980-2010) faite par les services de l'ANRH. Cette série a été complétée par nos analyses faites durant la période 2011-2014 pour certains métaux lourds (fer, cuivre, zinc et plomb) ainsi que le phénol. La médiane de chaque paramètre nous a servi pour le calcul des objectifs environnementaux du rejet du complexe IMETAL d'El Hadjar.

### 8.5.5.5 Calcul OER de la série N= 12 ans (1968-1980) :

Les OER recherchés dans les eaux des rejets du complexe IMITTAL doivent respecter des critères de qualité de l'eau au bout de la zone de mélange considérée faite entre les eaux du milieu récepteur (Oued Seybouse) et l'effluent du complexe qu'il se présente par oued Meboudja. Ceci nous emmène à considérer le débit de l'effluent, les caractéristiques du milieu naturel, la concentration amont des contaminants et la dilution en conditions critiques.

A la lumière de la nature des activités de métaux et en particulier les unités de traitement de surface, et selon les résultats de la campagne au niveau du complexe sidérurgique (chapitre 06), ont été constaté que les concentrations de certains métaux lourds, qui sont supérieurs au seuil de rejets.

A cet effet, es paramètres choisis sont ceux qui permettent d'apprécier le mieux de la qualité des eaux de rejets du complexe sidérurgique- IMETAL ex Arcelor Mittal, et leur action potentielle sur le milieu aquatique et l'environnement : le Fer, Cuivre, phénol, Plomb et le Zinc.

Les OER se calculent selon l'équation de base du bilan de charges :

On obtient :

$$C_e = \frac{C_c(Q_r - fQ_e + Q_e) - C_{am}(Q_r - fQ_e)}{Q_r - fQ_e}$$

D'après les données existantes l'application de cette méthode s'oriente vers la recherche de la protection des usages de l'eau qui sont :

- Prévention de la contamination de l'eau et des organismes aquatiques CPC(EO),
- Prévention de la contamination des organismes aquatiques CPC(O),
- Protection des activités récréatives et d'esthétique (CARE),
- Protection de la vie aquatique chronique (CVAC),
- Protection de la faune terrestre piscivore (CFTP).

Face au manque de données pour la série A  $Q_{10-7}$ , pour 07 jours consécutifs (débit négatif) on base uniquement consacrant la Prévention de la contamination de l'eau et des organismes aquatiques CPC(EO) et Prévention de la contamination des organismes aquatiques CPC(O)

Concernant les paramètres à étudier, et à la lumière de l'activité du complexe sidérurgique d'El Hadjar et en fonction des investigations industrielles et les compagnes de mesure dans le complexe sidérurgique (Tableau 85), nous avons constaté que les concentrations de certains métaux lourds, qui sont supérieurs au seuil de rejets, pour cela, nous allons baser dans ce chapitre (OER), sur les contaminants toxiques (métaux lourds et phénol).

Les Objectifs environnementaux retenus et leurs charges journalières admissibles ( $Ch_j$ ) pour chaque contaminant pour la protection de l'usage : CPC EO, CPC O, CVAC à partir de cette série sont illustrés sur les tableaux n°96,97 et 98.

**Tableau 96** : Les OER du complexe IMETAL - série (1968-1978)

Usage / Contaminant	C. Amont $C_m$ (mg/l)	$Cc_{CPC EO}$ mg/l	$Cc_{CPC O}$ mg/l	OER $CPC EO$		OER $CPC O$		Observation
				C. (mg/l)	$Ch_j$ (kg/j)	C. (mg/l)	$Ch_j$ (kg/j)	
<b>Fer (Fe)</b>	0.43	0.30	-	0.11	2.5	-----		Objectif non atteint
<b>Cuivre (Cu)</b>	0.02	1.00	38	2.45	56.1	94.54	2163.7	Objectif atteint
<b>Phénol</b>	0.06	0.30	860	0.75	17.1	2139.5	48985.8	Objectif atteint
<b>Plomb (Pb)</b>	0.31	0.01	0,19	-0.04	0.23	-0.41	4.35	$OER^1_{CPC} < 0$ , $C_e = C_c$
<b>Zinc (Zi)</b>	0.04	5.00	7,4	12.39	283.6	18.36	420.3	Objectif atteint

$Q_{5-30} = 788.58$  l/s

(-----) : Aucun critère de qualité retenu pour cet usage

(1) la valeur de l'OER est négative, s'explique par la concentration amont (Oued) est supérieur à celle du critère de la qualité et par conséquent, l'objectif non atteint.

Tableau 97 : Les OER du complexe IMETAL série (1968-1978)

Usage / Contaminant	C. Amont C <sub>m</sub> (mg/l)	C <sub>c</sub> CVAC mg/l	OER C <sub>CVAC</sub>		OER <sub>TGE</sub> Chronique	Observation
			C. (mg/l)	Ch. j (kg/j)	UT <sub>c</sub>	
Fer (Fe)	0.43	1.30	-	-	-	Q <sub>10-7</sub> est négatif : Dû au Problème de mesure de Debit (position d'hélice au moulinet)
Cuivre (Cu)	0.02	0,037	-	-		
Phénol	0.06	0.45	-	-		
Plomb (Pb)	0.31	0.085	-	-		
Zinc (Zi)	0.04	0,086	-	-		

C<sub>m</sub> : Concentration médiane (1980-2014), au niveau d'oued Seybouse amont du point de déversement de l'effluent.

C<sub>c</sub> : Critère de qualité de l'eau de surface (MDDEFP, 2013)

Ch. j : Charge journalière en Kg/j

**Q<sub>10-7</sub> = - 252 l/s : débit négatif (problème de mesures ou débit nul)**

(----) : Aucun critère de qualité retenu pour cet usage de l'eau

L'OER relatif à la toxicité globale chronique est calculé pour que le critère de toxicité globale chronique de 1 UT<sub>c</sub> soit respecté au bout de la zone de mélange considérée. L'équation de base pour calculer l'OER relatif à la toxicité globale chronique est défini par :  $OER = 1 UT_c / F_d$

Avec : F<sub>d</sub> : facteur de dilution,  $F_d = Q_e / (Q_e + Q_{am})$

UT<sub>c</sub> : correspond à 100/CSEO (CSEO : concentration sans effet observable) ou 100/CI25 (CI25 : concentration inhibitrice pour 25 % des organismes testés).

Tableau 98 : Les OER du complexe IMETAL pour la protection de l'usage CPC série (1968-1980)

OER/ Contaminant	C. Amont C <sub>m</sub> (mg/l)	C <sub>c</sub> CPC EO mg/l	C <sub>c</sub> CPC O mg/l	OER CPC EO		OER CPC O		Observation
				C. (mg/l)	Ch <sub>j</sub> (kg/j)	C. (mg/l)	Ch <sub>j</sub> (kg/j)	
Fer (Fe)	0.43	0.30	-	0.18	4.1	-----		Objectif non atteint
Cuivre (Cu)	0.02	1.00	38	1.93	44.29	74.35	1702	Objectif atteint
Phénol	0.06	0.30	860	0.53	12.22	1683	38537	-
Plomb (Pb)	0.31	0.01	0,19	-0.28	0.23	-0.26	4.35	OER < 0, Ce=Cc Objectif non atteint
Zinc (Zi)	0.04	5.00	7,4	9.75	223	14.45	331	Objectif atteint

Cm : Concentration médiane (1980-2014), au niveau d'oued Seybouse amont le point de déversement de l'effluent.

Cc : Critère de qualité de l'eau de surface (MDDEFP, 2013)

Ch. j : Charge journalière en Kg/j

$Q_{5-30} = 507.33$  l/s pour la série N 12 ans

**$Q_{5-30} = 788.58$  l/s pour la série N 10 ans**

(----) : Aucun critère de qualité retenu pour cet usage

### 8.5.6 Interprétation Des Objectifs Environnementaux De Rejet

L'établissement d'OER diffère de l'établissement de normes réglementaires, en ce sens qu'il tient compte des différences entre les milieux récepteurs. Si les normes réglementaires assurent une équité entre les rejets d'un secteur industriel sur la base d'un même niveau de traitement, l'approche des OER vise une certaine équité entre les rejets en fonction de la sensibilité du milieu (MDDEP, 2008).

Les OER permettent d'évaluer l'acceptabilité environnementale de rejets existants ou de rejets prévus. Le respect des OER signifie que la qualité de l'eau est protégée pour la faune et la flore la grande majorité du temps. Cela signifie aussi que la qualité de l'eau est adéquate pour la consommation ou la récréation, sans restriction. Les OER sont conçus pour protéger les usages et prévenir les effets avant qu'ils surviennent.

Le dépassement occasionnel d'un OER ne signifie pas nécessairement qu'il y a un danger immédiat pour la santé ou l'environnement. Cela indique plutôt qu'il y a un risque d'effet ou de contamination et que ce risque s'accroît d'autant plus que l'amplitude ou la fréquence des dépassements sont grandes. Les OER peuvent alors servir à identifier les substances les plus problématiques pour le milieu, à rechercher des produits de remplacement ou à justifier l'utilisation de technologies de traitement plus avancées si le milieu le nécessite. Ils peuvent conduire à la relocalisation du point de rejet pour protéger des milieux récepteurs plus sensibles et, ultimement, contribuer au refus de certains projets.

### 8.5.7 Discussion des OER pour les effluents du complexe IMETAL

- La concentration amont de plusieurs paramètres a été déterminée par ANRH et laboratoire à partir d'une série d'échantillonnage dans l'eau d'oued Seybouse en amont des installations du complexe Sidérurgique, au niveau du point d'échantillonnage de Segman Amar.
- Les résultats des objectifs environnementaux de rejets de l'activité « Sidérurgie » et production de ferro-alliages au niveau du complexe sidérurgique IMETAL relatifs aux divers usages du plan d'eau (Oued Seybouse), à travers deux séries de plus faibles débits qu'ont été enregistrés au niveau de la station de Mirbeck, nous permettent de ressortir les interprétations suivantes :

### 8.5.7.1 OER pour la première série (1968-1978)

Dans cette série, deux critères de qualité ont été évalués pour qualité chimique et la toxicité globale de l'effluent à savoir :

- Les critères de protection de la vie aquatique chroniques (CVAC)
- Critères de toxicité globale de l'effluent à effet chronique (TGE Chronique)

Pour atteindre à nos objectifs, En utilisant les équations de la méthode américaine et les hypothèses mentionnées plus haut, l'évaluation de l'écart entre ce que la technologie proposée peut atteindre, soit la moyenne à long terme (MLT), et ce que le milieu récepteur peut accepter, soit l'OER, peut se résumer, selon les paramètres, aux comparaisons suivantes (MDDEP ,2008) :

#### ➤ Comparaison entre MLT et OER/2

Les contaminants pour lesquels un OER a été calculé à partir des critères de vie aquatique chronique (CVAC), notamment la majorité des métaux, la DBO<sub>5</sub> et les MES et Toxicité globale chronique.

#### ➤ Comparaison entre MLT et OER

Les contaminants pour lesquels un OER a été calculé à partir des critères de prévention de la contamination des organismes (CPCO), de prévention de la contamination de l'eau et des organismes (CPCEO) et de protection de la faune terrestre piscivore (CFTP) (ex. : les contaminants bioaccumulables et cancérogènes).

Pour cette comparaison les concentrations de rejet final sont illustrées dans le tableau ci-dessous

**Tableau 99** : Resultats des contaminants -rejet final IMETAL

Paramètre	Concentration de rejet (mg/l)	Charge Journalière (Kg/j)
Fer	1.616	<b>24,67</b>
Cuivre	0.107	<b>1,64</b>
Zinc	0.059	<b>0,91</b>

Concentration de Rejet : Concentration calculée (moyenne arithmétique, LMT) des paramètres chimiques étudiés, à partir des résultats des effluents du complexe IMETAL (compagne de mesures 2012-2014) équivalent LMT pour une semaine d'échantillonnage durant l'étiage.

LMT : Moyenne à Long Terme (MDDEP, 2008).

Charge journalière : charge journalière totale générée par les effluents du complexe sidérurgique en Kg/j.

Pour les autres paramètres, le Phénol et le plomb, n'ont été pas effectués durant cette campagne de mesures.

### 8.5.7.1.1 Interprétation selon critères CPC (EO) et CPC (O) :

- Les objectifs environnementaux de rejet calculés pour l'usage CPC (EO) font ressortir aucun dépassement au niveau des paramètres étudiés, à l'exception de Fer, dont, l'OER n'est pas atteint pour ce paramètre, où la concentration de l'OER est inférieure au critère de la qualité (Bahroun, 2016). Si on compare avec la concentration de l'effluent (Fer : 1,6 mg/l), est supérieur à celle de OER (0.11 mg/L) équivalent une charge de 11kg/j, cette teneur élevée est d'origine anthropique due aux rejets des unités de production du complexe, et en particulier due à l'unité PMA (production d'aggloméré et matières premières), les hauts fourneaux (lavage des filtrés à gaz) et les laminoirs, par contre pour les autres contaminants aucun dépassement.

- Les objectifs environnementaux des rejets calculés pour l'usage de la prévention des organismes aquatiques CPC (O) indique aucun dépassement au niveau de tous les paramètres à l'exception du Plomb (négatif), si on compare avec les concentrations de rejet avant dilution, on observe qu'elles sont pas loin par rapport celles des OER, en conséquence, aucun danger à provoquer pour les critères de la prévention des organismes aquatiques. (CPC (O)). Concernant le Fer, aucun critère des eaux de surface (MDDEFP, 2013).

- Les OER n'est pas atteint pour le Plomb, et s'explique par la charge du plan d'eau amont qui est supérieure à celle du critère de la qualité, dans ce cas-là, la charge de l'objectif de rejet devient la charge de la concentration amont (Sayad et al., 2017).

Lorsque la concentration amont est supérieure au critère le plus sévère, la concentration amont est adoptée directement comme OER, sans facteur de dilution (WSP, 2014).

### 8.5.7.1.2 Interprétation selon les critères CVAC et toxicité globale de l'effluents

Pour ces usages de l'eau, Les calculs statistiques des valeurs extrêmes minimales (débit d'étiage) à travers la loi de Guembl, présentent un débit négatif ( $Q = -252$  l/s) pour la période de retour  $T = 10$  ans pendant 07 jours ( $Q_{10-7} < 0$ ), s'explique par le débitmètre ne fonctionne pas bon pour les petits faibles débits (probablement l'hélice est élevée par rapport le courant d'eau) et ne permis pas de réaliser les OER pour l'usage de la vie aquatique ((critère CVAC) et la toxicité globale de l'effluent (TGE), Ces deux critères sont liés directement avec le débit  $Q_{10-7}$ .

### 8.5.7.2 $Q_{10-7}$ OER pour la deuxième série (1968-1980)

Les calculs statistiques des valeurs extrêmes minimales (débit d'étiage) à travers la loi de Guembl, montre une valeur négative pour les plus faibles débits pour la période de retour  $T = 10$  ans pendant 07 jours ( $Q_{10-7} < 0$ ), s'explique par l'Oued est à sec à cet endroit, ou le débitmètre ne fonctionne pas bon pour les petits faibles débits et ne permis pas de réaliser les OER pour l'usage de la vie aquatique ((critère CVAC) et la toxicité globale de l'effluent (TGE), Ces deux critères sont liés directement avec le débit  $Q_{10-7}$ .

A cet effet, les calculs des OER effectués uniquement pour deux usages de l'eau à savoir la Prévention de la contamination de l'eau et des organismes aquatiques CPC(EO), et la Prévention de la contamination des organismes aquatiques CPC(O), qui sont liés avec le débit d'étiage ( $Q_{5-30} : 507$  l/s) et un débit d'effluent de 265 l/s.

L'exploitation des résultats des OER, pour les critères de CPC(EO), montre que les OER ne sont pas atteints dans le cas de 02 paramètres (Fer et Plomb) (confirmation des résultats de la première série). Leurs concentrations dans le plan d'eau amont (Seybouse Amont) supérieure à ceux du critère de la qualité.

En comparaison les OER calculés avec les résultats des analyses de rejet (Compagne 20012) pour le Fer, on voit que la concentration de rejet avant la dilution est supérieur presque 10 fois à celle d'OER, 4fois la concentration du plan d'eau amont

Concernant le plomb, La même remarque que la série précédente, la concentration des OER est négative. Elle s'explique par la forte charge du plan d'eau amont (Oued Seybouse) qui est supérieure à la concentration du critère de la qualité (MDDEFP,2013), dans ce cas-là, la concentration d'OER devient la charge du critère de qualité de l'eau.

Par ailleurs, les OER pour autres paramètres (Cuivre, Zinc et phénol), ne présentent pas des dépassements et par conséquent, les objectifs sont atteints.

➤ Pour l'usage de l'eau à la prévention des organismes aquatiques (critère CPC (O) :

Les OER pour certains paramètres sont très élevés dont la concentration du cuivre est de 74 mg/l, phénols (1683 mg/l) et le zinc (14,5 mg/l), permettant de ressortir qu'il n'y a aucun impact sur le milieu récepteur pour l'usage de l'eau à la prévention des organismes aquatiques.

Concernant le Fer, aucun critère pour l'usage de CPC(O) (MDDEFP, 2013), par contre le plomb, sa valeur d'OER est toujours négative en vue de la charge du plan d'eau amont qui est supérieure à celle de l'effluent final.

## 8.6 Conclusion

Les objectifs environnementaux de rejet (OER) visent à mieux protéger le milieu récepteur en déterminant les concentrations et charges tolérables de certains contaminants dans le milieu (SWP,2014).

Les OER ne sont pas des valeurs absolues et demeurent des objectifs. Ils ne peuvent pas être interprétés directement comme des normes de rejet et ne doivent jamais être transférés directement comme normes dans un certificat d'autorisation (Cloutier. S, 2012).

Le dépassement d'un OER ne signifie pas nécessairement qu'il y ait un danger immédiat pour la santé ou l'environnement. Toutefois, le dépassement d'un OER implique qu'il y a un risque, ce risque est relativement semblable d'un contaminant à un autre et s'accroît d'autant plus que l'amplitude du dépassement de l'OER est importante.

Le calcul des OER pour le rejet du complexe sidérurgique IMETAL pour des débits de retour calculés à partir des deux séries d'échantillonnage montre un seul dépassement majeur pour un seul contaminant (Fer) pour tous les usages de l'eau CPC (EO), CPC (O) et CVAC, par conséquent, prévoir système de dépollution adéquate au niveau du complexe pour réduire ce dépassement est nécessaire et en particulier pour le contaminant du Fer.

Par contre, pour le contaminant Plomb, les résultats des OER sont négatifs, s'exprime par la charge du Plomb dans le milieu récepteur est trop supérieure à celle du critère de rejet et ce qui conduit à l'interdiction de rejeter cet élément dans ce milieu naturel censé protégé.

L'OER de la toxicité globale à effet chronique (TGE chronique) a été estimée, dont Les résultats indiquent que l'OER de la toxicité chronique est de 1.4 UTc, selon réf. MDDEP, la toxicité globale de l'effluent doit être inférieure à la toxicité globale d'Oued Seybouse en amont du rejet des installations sidérurgiques.

Pour un bon analyse de la toxicité de rejet, ce travail doit être compléter par la mesure du potentiel toxique du rejet qui repose sur des essais de toxicité standardisés (MDDEP 2007) au moins pour trois espèces.

En générale, et à l'exception de Fer et Plomb, les OER sont atteints, et en conséquence, un danger probable sur le milieu récepteur et en particulier la protection de la vie aquatique vis avis le Fer et Plomb.

# **CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATION**

## Conclusion générale et recommandation

Le présent travail a été mené dans la région du Nord-Est Algérien ; c'est le bassin versant de l'Oued Seybouse. L'objectif fixé se résume sur l'étude d'impact des effluents industriels dans le bassin versant de l'Oued Seybouse.

Le bassin de la Seybouse, fait partie des bassins du nord constantinois. Le bassin versant de se dessine pratiquement dans sa totalité entre les longitudes 6-8° E et les latitudes 35-38° N. L'Oued Seybouse draine un vaste bassin de 6471 Km<sup>2</sup>, il s'étend vers le Sud sur une distance de 160 Km environ.

Il est limité à l'Est par le bassin de la Medjerda et au Nord Est par le bassin versant de la Mafragh, au Sud par le bassin des hauts plateaux constantinois, et à l'Ouest et le Nord-Ouest successivement par le bassin versant de Kébir-Rhumel et les Côtiers constantinois.

La géologie de La zone d'étude fait partie de l'ensemble géologique du Tell Algérien. Cet ensemble s'étend de la région de Constantine à la frontière Algéro-Tunisienne, est caractérisé par des formations allant du trias jusqu'au quaternaire. Sa structure est très complexe et essentiellement due à des mouvements Tertiaires, surtout Miocène.

La région d'étude est régie par un climat méditerranéen modéré caractérisé par l'alternance d'une saison sèche et chaude et d'une saison humide, pluvieuse et relativement froide. La température dépasse rarement les 40°C en particulier au niveau de la moyenne et la haute Seybouse et descend au-dessous de 0°C vers le Sud. Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 540 à 650 mm, elles s'augmentent d'Ouest en Est et diminuent à mesure que l'on s'éloigne du littoral en hiver et augmentent en été.

D'après les différents diagrammes pluviométriques, on peut déduire deux saisons bien distinctes :

- Une saison humide, caractérisée par des précipitations relativement élevées 122.63, 107.14, 106.29, 90.86 et 83,46 mm et qui s'étalent du début de mois d'Octobre jusqu'au mois d'Avril pour les stations respectivement les salines, Pont Bouchet, Ain Berda, Kef Mourad et Bouchegouf.
- Une saison sèche et chaude qui s'étend à partir de la fin Avril jusqu'au mois d'Octobre pour les Salines avec une température maximale de 25.4°C, alors que pour la station de Bouchegouf, la saison sèche s'étend du début du mois de Mai jusqu'au début du mois d'Octobre avec une température maximale de l'ordre 27.73 °C au mois d'Aout.

Notre problématique est l'étude des effluents industriels et leur impact sur le bassin versant de l'Oued Seybouse, pour cela, nous avons procédé par :

- ◆ La définition des textes réglementaires nationaux et internationaux ;
- ◆ La caractérisation de la pollution des rejets industriels et leur nocivité et effets sur le milieu naturel ;
- ◆ L'inventaire sommaire de la pollution industrielle avec des essais de classification (présélection des unités industrielles potentiellement polluantes).

Après la présentation de la zone d'étude, et afin d'aboutir à notre objectif, nous avons procédé par les étapes essentielles suivantes

Premièrement, c'est le recensement et l'identification des établissements industriels éventuellement polluants, à travers la définition des textes réglementaires en Algérie (NAA-ICPE, la création d'une base de données sous Map Info, afin de permettre d'étudier le risque polluant potentiel de chaque établissement et de déterminer à l'aide de critères de sélection, s'il y a lieu de le classer parmi les établissements polluants.

En effet, nous avons procédé d'abord à l'étude des différents paramètres de la pollution industrielle, dont, les paramètres de débit, les paramètres in situ les paramètres physicochimiques et les métaux lourds.

Ensuite les différents types de pollution industrielle qui servent à qualifier cette pollution, en particulier, pour le bon fonctionnement des unités raccordées à une station d'épuration.

D'autres critères de sélection ont été pris en considération pour le type de pollution en prétraitement, avant le raccordement à une STEP ou le déversement dans le milieu naturel. Cependant certaines mesures sont orientées vers la protection du réseau d'assainissement et le milieu récepteur à savoir :

- Une pollution insoluble chargée en matières minérales ou organiques.
- Une pollution soluble, dont la pollution minérale ou organique ou bien les deux en même temps, sont parfois, organique toxique ou toxique sur base des indicateurs suivants (MES, DCO, DBO et Hc).

Pour les composés toxiques ou facteurs d'inhibition les 4 paramètres les plus courants en excès pour prédéterminer une pollution sont les huiles et graisses, hydrocarbures, matière en suspension et DCO.

Dans la partie pratique, à l'aide des données collectées, de différents organismes sur chaque unité à vocation industrielle même agricole, nous avons effectué des investigations préliminaires, qui nous ont permis de recenser et d'identifier l'ensemble des établissements, en fonction des critères cités ci-dessus. A la fin, nous sommes arrivés à préclasser et à évaluer le degré de pollution de chaque activité.

La synthèse des recensements industriels pour les 430 unités recensées, à la lumière de la présélection par classe d'eau résiduaire et par type de pollution, nous arrivons à ressortir plus de 230 établissements qui nous permettent de faire des enquêtes approfondies, alors que 200 unités sont éliminées de ces enquêtes, dont le type de pollution n'est qu'une eau usée domestique, où l'effluent est caractérisé par un faible flux polluant ou sans rejet industriel.

La confirmation de cette présélection des unités industrielles a été effectuée à travers des enquêtes industrielles bien détaillées qui a pour objet, d'établir un nouveau classement des établissements en distinguant : Les unités nécessitant la réalisation de mesures et bilans, ainsi que les unités présentant un faible flux polluant ou avec un peu d'impact sur le milieu récepteur ou bien des unités sans rejet d'effluent industriel.

A travers ce classement des unités, éventuellement, polluantes par types d'eaux résiduaires et par secteurs d'activités, **dont 103 unités nécessitent un bilan et des mesures parmi les quelles 49 unités sont caractérisées par la pollution organique, et 54 caractérisées par une pollution chimique ou minérale.**

Pour les autres 118 unités, elles ne feront pas l'objet de campagnes de mesures, parce que la pollution est caractérisée par une faible pollution ou sans rejets liquides.

A cet effet, la synthèse des enquêtes industrielles, après plusieurs campagnes de bilan et mesures réalisés pendant la période allant de 2011 à 2014, nous avons 107 établissements

présélectionnés polluants, une dizaine de points de mesures au niveau des collecteurs (émissaires) et en particulier dans le complexe sidérurgique d'IMETAL (ex.ARCELOR Mittal) ainsi que des points de prélèvements au niveau de certains cours d'eau (Oued Seybouse, Oued Charef, Oued Bouhamdanne).

Suite à certaines contraintes constatées sur terrain, dues au rythme irrégulier de l'activité (une dizaine d'unités étaient fermées ou hors activités durant les jours de visites et d'échantillonnage et d'autres unités ont changé d'activités), et la variation de la production notamment pour les activités saisonnières, et d'autre qui ne rejettent pas de liquides (Récupération des métaux), donc les prélèvements n'ont pas été réalisés et accessoirement c'étaient des prélèvements ponctuels.

En outre, nous avons rencontré des difficultés au niveau de l'installation du matériel de mesures dans certaines unités où le système de collecte était inaccessible, et parfois, il n'y a pas d'endroit d'emplacement du matériel, ou les réseaux d'évacuation sont pleins d'eau.

Pour cela, dans certaines unités industrielles des prélèvements ont été effectués en ponctuel, au lieu de faire des bilans d'une durée (24, 48 ou 72 h).

Ensuite, nous avons présenté les différentes résultats des analyses et mesures d'une part avec l'estimation des charges polluantes par branche et par secteur d'activité, avec un découpage de la zone d'étude en 03 sous zones à savoir la haute Seybouse, moyenne Seybouse et basse Seybouse avec un cas particulier qu'est le complexe sidérurgique ;

L'exploitation des résultats et la quantification de la pollution, montrent une pollution négligeable dans la haute Seybouse, à l'exception de 02 unités qui sont en cours de réhabilitation et certaines stations de services avec une pollution négligeable.

La moyenne Seybouse, est représentée par deux secteurs d'activité essentiels (secteur agroalimentaire et chimie et divers).

Le secteur agroalimentaire est lié à plusieurs branches d'activités, dont les concentrations des effluents sont variés d'une branche à l'autre, et généralement sont chargés en matières organiques, avec pollution biodégradable, dont le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> < 3 ; et en particulier, les concentrations des huileries sont trop chargées en DBO<sub>5</sub>, DCO, MES chlorure et les huiles, qui dépassent les valeurs limites de rejet (*JORA, 2006*).

A propos des charges polluantes journalières, à l'exception de l'industrie laitière, les autres industries sont trop chargées notamment l'industrie des corps gras, l'industrie de sucre et de boissons, dont leurs eaux résiduaires sont chargées en pollution organique et se déversent dans le milieu naturel sans aucun traitement, ont un impact négatif sur le milieu récepteur.

Dans le secteur chimie et divers, représenté par l'industrie de céramique et carrelage, les stations de services et entretien de véhicules, à l'exception des Matières en suspension (MES), l'ensemble des effluents sont légèrement inférieurs aux valeurs limites de rejet, néanmoins, la pollution est non biodégradable.

Par ailleurs, dans la basse Seybouse, la répartition des industries est irrégulière entre le secteur agroalimentaire et le secteur de la chimie et divers,

On constate que le secteur agroalimentaire génère des charges polluantes importantes réparties entre l'industrie de viandes, industries des fruits et légumes, et l'industrie de boissons alcoolisés en dépassant les normes des rejet déversés dans le milieu naturel.

Concernant le secteur de l'industrie chimique et divers, on constate des charges polluantes très élevées en pollution non biodégradable en DCO et MES, dues aux industries sidérurgique, chimique et des unités de productions des produits minéraux non métallique, qui se déversent dans la basse Seybouse (Oued Meboudja).

Mais, la majorité de la pollution provient du complexe sidérurgique, avec des flux polluants calculés très élevés pour les paramètres physico-chimiques. Il y a la DCO (flux > 2000 Kg /j), les MES (2800 Kg /j), la DBO<sub>5</sub>, les hydrocarbures et huiles-graisses ainsi que les chlorures, avec un faible degré de biodégradabilité.

En termes de toxicité, les résultats indiquent des charges très élevées pour les huiles et graisses (49 kg/j) ainsi que pour les hydrocarbures (43 Kg/j) d'une part, et révèlent aussi, des flux polluants pour deux métaux lourds qui sont le Fer (24.67 kg/j) et le Nickel (2.56 kg/j), dont les flux sont supérieurs aux seuils de rejets déversés au milieu naturel (Oued Meboudja) et par conséquent, c'est un risque de pollution pour les eaux de surface et les eaux souterraines (nappe phréatique d'Annaba).

En résumé, les effluents industriels se déversent dans le BV de l'Oued Seybouse, génèrent des charges polluantes très élevées dans la moyenne Seybouse qui provient principalement du secteur agroalimentaire, par contre, dans la basse Seybouse, la pollution est provoquée par l'industrie agroalimentaire d'une part et par la pollution non organique, en provenance des effluents du complexe sidérurgique d'El-Hadjar. Ces effluents polluants ont un impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines et par conséquent sur notre environnement.

En fin, nous avons réalisé une étude des objectifs environnementaux (OER) pour le cas du complexe sidérurgique « IMETAL », en fonction des débits de retour calculés à partir des deux séries d'échantillonnage pour les critères des usages de l'eau CPC (EO) et CPC (O), par contre le critère CVAC et la toxicité globale de rejet, les résultats de débits ne permet pas de calculer les OER (débit négatif) du problème de mesures au niveau de la station de Mirbek.

Les calculs des OER montrent un dépassement significatif pour le Fer est dû à la nature de l'activité du complexe. Pour le plomb l'objectif n'est pas atteint et la concentration du milieu récepteur est supérieure celle de l'effluent.

Par contre, aucun dépassement enregistré pour Le Zinc, Cuivre et Phénol. Cependant, les OER pour les contaminants toxiques montrent que l'effluent d'IMETAL a un impact pour la vie aquatique et par conséquent la santé humaine et l'environnement.

Pour cette raison, notre recommandation relative à la protection de BV de l'oued Seybouse et son écosystème contre les effluents industriels, à travers d'abord, la séparation des eaux pluviales des eaux résiduaires industrielle et la réduction de la consommation d'eau, en particulier, dans le complexe sidérurgique, qui permettront de maîtriser l'élimination de la pollution avec une solution optimale.

Ensuite la nécessité en urgence, la mise en route de la dépollution industrielle du BV (MATE, 2016), à travers la mise en place des systèmes de prétraitement adéquats soit physique (déboureur déshuileur, bassin de décantation et filtres presses), physicochimique (aéroflottation ou décantation) ou biologique (Boue activée, lagunage, méthanisation) selon la nature d'effluents et le milieu récepteur, par ailleurs, le complexe sidérurgique devra s'équiper d'une station d'épuration des eaux industrielles qui traitera l'ensemble des effluents avant leur déversement dans le milieu naturel (Oued Meboudja).

# **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## Références bibliographiques

**ABI ZIED I, BOBEE B.,(1999)** : Modélisation stochastique des étiages Revue des sciences de l'eau Rev Sci Eau 12/3 459-484.

Agence des bassins Hydrographique – Constantinois Seybouse Mellegue -**ABH-C.SC, 1998** : les cahiers de l'agence –Le bassin de la Seybouse 33P.

**AFNOR (1991)**. NF ISO 4833 : Microbiologie – Directives générales pour le dénombrement des micro-organismes – méthode par comptage des colonies obtenues à 30 degrés Celsius, 55e Edition, 10.

**AFNOR (1997)**. Qualité de l'eau, tome 3, méthodes d'analyse 2 : éléments majeurs, autres éléments et composés minéraux, 2e édition, 370 p.

**AHMED SAID, Y., LEAKE, B. E. ET ROGERS G., (1993)**. The petrology, geochemistry and petrogenesis of the Edough igneous rocks, Annaba, NE Algeria. Journal of African Earth Science, 17, (n°1), pp111-123.

**ALISON.L., 1995** : Programme d'Assainissement du littoral de l'atlantique(PALA)-Guide des solutions d'assainissement, pp24-40.

**AMARCHI. H., (2006)**. Introduction de l'information de télédétection dans l'estimation statistique des disponibilités en eau de surface : Cas du bassin versant de la Seybouse, thèse de doctorat université Badji Mokhtar Annaba pp2-33.

**ANDI, (2013)** : Agence Nationale de Développement de l'Investissement Annuaire hydrologiques de l'Algérie (1968-1991) de L'Agence nationale des ressources hydriques-Algérie (ANRH).

**BACHIRI.N., 2011** : Evolution du chimisme des eaux de surface et Souterraines dans le bassin versant de la Seybouse (Nord-Est Algérien), Mémoire de Magister, Université d'Annaba 129 P.

**BAHROUN S., 2016** : Objectifs environnementaux de rejet pour les polluants dans le milieu récepteur et optimisation du pouvoir auto-épurateur : cas de l'oued Kébir est (nord est algérien), thèse de doctorat université Annaba 163P .

**BALAH B., (2009)** : Estimation du coefficient d'abattement spatial des pluies du bassin versant de la Seybouse mémoire de Magister UBM Annaba 143 p.

**BAWA.ML., G DJANEYE-BOUNDJOU, Y BOUKARI, 2006** : Caractérisation de deux effluents industriels au Togo : étude d'impact sur l'environnement, article de publication / Afrique SCIENCE 02(1) (2006) 57 – 68.

**BELHANACHI A., 2003** : Etude hydrologique et hydro chimique dans les bassins versants du Nord-Est Algérien "Bassin de la Seybouse, Kébir Est, Kébir Ouest et Saf Saf". Mémoire de Magister, Université d'Annaba.

**BELOULOU L., (2011) :** Cours d'hydrologie fondamentale avec exercices d'application Faculté sciences de la terre département de Géologie UBM Annaba 30p.

**BEN AAKAME.R., 2015** Caractérisation hydro-chimique, toxicologique et évaluation des risques sanitaires des eaux souterraines de la région de Sidi-Kacem (Maroc), THÈSE DE DOCTORAT, université Med V, Maroc, pp74-75.

**BENYAHIA N., ZEIN K.,2003 :** Analyse des problèmes de l'industrie de l'huile d'olive et solutions récemment développées Janvier 2003, P4.

**BOEGLIN (JC), (1999).** Pollution industrielle de l'eau : caractérisation, classification, mesure. Techniques de l'ingénieur. Traité de génie des procédés. G1210 :1-12.

**BOUANANI A., (2008) :** Hydrologie, transport solide et modélisation, étude de quelques sous bassins de la Tafna (NW – Algérie) thèse de doctorat université Abou baker Belkaid-Tlemcen 250p.

**BOUGHERIRA N., (2008) :** Impact des rejets industriels du complexe sidérurgique sur les eaux superficielles et souterraines dans la plaine de Meboudja, mémoire de magister UBM Annaba

**BREF, 2003 : Commission Européenne,** Principes généraux de surveillance, PP 36-44

**RAHMANI C., 2003 :** Rapport sur l'état et l'avenir de l'Environnement, -(MATE) 463P

**CLOUTIER S., (2012) :** Utilisation des objectifs environnementaux de rejet dans l'autorisation de projets au MDDEFP Direction du suivi de l'état de l'environnement 16 octobre 2012 - Assainissement industriel GCH-2101 Université Laval

**CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DES RESSOURCES ET DE L'ENVIRONNEMENT (CCMRE). (1987).** Recommandations pour la qualité des eaux au Canada, Préparé par le Groupe de travail sur les recommandations pour la qualité des eaux du Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement

**CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT (CCME), (2008).** Recommandations pour la qualité des eaux au Canada- RQEC, 1117 P

**DECRET EXECUTIF n° 93-161 du 10 juillet 1993** réglementant le déversement des huiles et lubrifiants dans le milieu naturel, Art-2 et Art-3

**DEEGREMONT, 2005 : Memento technique de l'eau-tome 1,** L'eau et ses propriétés. 10<sup>ème</sup> Ed. Degrémont, 880p.

**DJABRI L., (1996).** Mécanisme de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse : Origines géologiques, industrielles, agricoles et urbaines, Doctorat d'Etat, UBM Annaba, 176 p.

**DJABRI, L., HANI A., LAOUAR, R., MANIA J., MUDRY J., AND LOUHI A. (2003):** Potential pollution of groundwater in the valley of the Seybouse River, North-Eastern Algeria, Environmental Geology, Vol 44, N6, 2003, pp738-744.

DIRECTION REGIONALE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'AMENAGEMENT ET DU LOGEMENT PAYS DE LA LOIRE (DREAL) ,2012 : La prévention de la pollution industrielle de l'eau dans les pays de la Loire, Janvier 2012, ISSN :2109-0017, 48P

**Dubreuil P. (1974).** Initiation à l'analyse hydrologique, *Masson*, 216 p.

**EL HADJJOUDJ.H., 2007** : Evolution des caractéristiques physico-chimiques, spectroscopiques et écotoxicologiques des effluents d'huileries d'olive au cours de traitements biologique et chimique, thèse de doctorat n N° d'ordre : 2548, INPT de Toulouse, 154P.

**EL HADRAMI.A., Belaqqiz.M, 2004:** Physico-chemical Characterization and Effects of Olive Oil Mill Wastewaters Fertirrigation on the Growth of Some Mediterranean Crops, *Journal of Agronomy*, 3: 247-254,

**ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, (1999).** The U.S. Environmental Protection Agency (EPA) Proposes to Modify a Wastewater Discharge Permit to City of Coeur d'Alene Wastewater Facility, Fact Sheet, Idaho, 22 p.

**FOUAD.S., (2014),** « qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de l'Oued Hassar : impacts des eaux usées de la localité de Mediouna (Périurbain de Casablanca, Maroc) »

**FRANCK CHEVALIER CONSEIL, (2009),** « Comparaison de valeurs limites d'émission entre la France et d'autres pays dans le secteur du traitement de surface », PPP .108 -114,214

**GUESSAN N., KOUAMÉ A., KOUASSIAMANI M., GNABOA R., TRAORÉ K.S., HOUENOU P.V., 2014** : Analyse De Phénomènes Hydrologiques Dans Un Bassin Versant Urbanisé : Cas De La Ville De Yamoussoukro (Centre De La Cote D'ivoire), *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n°17, Mars 2014, pp. 135-154

**GHACHIA., (1986)** : Hydrologie et utilisation de la ressource en eau en Algérie, OPU, 508p.

**GUPTA, S.R., And SINGH J.S., (1992)** Grasslands of Southern Asia. In: Natural grasslands (Ed. R.T. Coupland), Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam, pp. 83-123

**GUECHIS., (2017)** : Cartographie Des Pluies Extrêmes Du Nord-Est Algérien, Doctorat d'Etat, UBM Annaba, 234 p.

**KHELFAOUI H., CHAFFAI H, HANI A et LAOUAR R,** Impacts des rejets industriels sur les eaux de la région de Berrahal (Nord Est Algérien) - rev. Sci. Technol., synthèse 25 : 71- 81 (2012).

**HANTZ D., (2005),** Les différents types de refroidissement d'eau dans les installations industrielles et tertiaires Guide Pratique P 54,

**HAYET D., MAITE R. ET BOYER L., (2008)** : les effluents industriels et leur traitement - *Management & Avenir* 2008/6 (n° 20), pages 275 à 288.

**HCEFLCD., (2006)** Haut-Commissariat Aux Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification : Etude sur la pisciculture au barrage Almassira, CR dar CHAFAAI, Cercle d'ELBROUGE, Province de Settat, (2006) 201p.

**HYDREAKA, 1999** : Débitmètre Sigma 950 Manuel d'utilisation et de maintenance, AS009 Rev. 07-01-99, P206

**HYDREAKA-MAINSTREAM, 20011** : Débitmètre Mainstream IV Installation du capteur hauteur-vitesse, 32 P

**HYDREAKA-MAINSTREAM, 20013** : Débitmètre Mainstream IV Manuel de programmation sous Winfluid, 105 P

**ISO 5667-10,1992** : Qualité de l'eau- Échantillonnage- Partie 10 : Guide pour l'échantillonnage des eaux résiduaires.

**JORA, 2009**, (JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE) : Annexe des valeurs limites maximales de la teneur en substances nocives des eaux usées autres domestiques au moment de leurs déversement dans réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration, n° 36, Juin 2009.

**JORA, 2006**, (JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE) : Annexe des valeurs limites maximales des paramètres de rejet des Installations de déversement industriels, n° 26, Avril.

**JORA, 2006**, (JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE) : Nomenclature des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement « ICPE », n° 34, Mais 2006.

**JORF, 1990** ((JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE FRANCAISE) : **Circulaire** du 27 septembre 1989 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement (application de la directive communautaire du 16 juin 1988 modifiant l'annexe II de la directive no 86-280 C.E.E., drines, HCB-HCBD, chloroforme, JORF n°45 du 22 février 1990 page 2280

**JORF, 1998** ((JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE FRANCAISE) : **l'Arrêté du 2** février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation stipule) :

**KAPEPULA. L.**, : Evaluation de la charge polluante des rivières des eaux usées ménagères et pluviales dans la ville de Bukavu, République Démocratique du Congo "www.afriquescience.info, (2015) ;

**KHANCHOU K., (2007)** : Quantification de l'érosion et des transports solides dans certains bassins versants de l'extrême Nord-Est algérien, thèse doctorant d'état en géologie option hydrogéologie UBM Annaba 296 P

**LABAR. S., 2009** : Evaluation de la pollution des eaux souterraines dans un milieu industriel (Cas de la zone industrielle de Skikda, N.E. algérien) thèse de doctorat De l'Université d'Annaba 140p.

**LABORDE J.P., (1997)** : Eléments d'hydrologie de surface, cours de DEA, PAE3S, de l'ENSG Nancy.

**LAURENT. JL., 1994**, Ministère de L'environnement : assainissement des agglomérations techniques d'épuration actuelles et évolutions, pp8-22

**LEBOURGEOIS F, PIEDALLU C .2005** : Appréhender le niveau de sécheresse dans le cadre des études situationnelles et de la gestion forestière à partir d'indices bioclimatiques. Rev. For. Fr. LVII - 4-2005, P338-340.

**LEMLIKCHI Wahiba, 2012** : élimination de la pollution des eaux industrielles par différents procédés d'oxydation et de Co précipitation, thèse de doctorant, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou - 172P

**LEVEILLARD F.,2011**, Méthodologie de minimisation de la pollution appliquée au traitement de surface : étude de l'entraînement comme vecteur de pollution, thèse doctorant, ENSM, Saint-Etienne, N° d'ordre : 2011 EMSE 0598, P234

**LOIZEAU L.,2014** : prise en compte d'un modèle de sol multicouches pour la simulation multi-milieux à l'échelle européenne des polluants organiques persistants, thèse doctorant- université Paris-Est, pp 29-37.

**LOUAMRI A., (2013)** : Le Bassin-versant de la Seybouse (Algérie Orientale) : hydrologie et aménagement des eaux. Thèse de doctorat université Mentouri Constantine 315p.

**LOUATLB., (2015)** : Etude de dépollution industrielle du bassin versant d'Oued El Harrach, thèse magister de l'Université d'Annaba (196P) ;

**LOUATLB., SAYAD L., MAHIA M., CHAFALH., (2019)**: Pollution loads generated by iron and steel industry and their impact on the environment. Case of the Arcelor Mittal- Algeria steel complex - **JOURNAL OF BIODIVERSITY AND ENVIRONMENTAL SCIENCES (JBES)**

**MATIAS M. SALVARREDY ARANGUREN, 2008** : Contamination en métaux lourds des eaux de surface et des sédiments du Val de Milluni (Andes Boliviennes) par des déchets miniers. Approches géochimique, minéralogique et hydro chimique – thèse de doctorant Toulouse, PP 12-33.

**MATIAS M., 2008** : Contamination en métaux lourds des eaux de surface et des sédiments du Val de Milluni (Andes Boliviennes) par des déchets miniers. Approches géochimique, minéralogique et hydro chimique ; P 156-168

**MEBARKI A., 1982**, Le bassin du Kébir-Rhumel (Algérie). Hydrologie de surface et aménagement des ressources en eau, thèse doctorat de 3è cycle, Université de Nancy II, 304p.

**MEBARKI A., 1984**, Ressources en eau et aménagement en Algérie. Le bassin du Kébir-Rhumel, Office des Publications Universitaires, Alger, 302 p.

**MEBARKI A., (2005)** : Hydrologie des bassins de l'Est algérien : ressources en eau, aménagement et environnement. Thèse d'Etat, Université Mentouri de Constantine, 360 p.

**MEBARKI A., 2009** : Ressources en eau et aménagement en Algérie. Les bassins Hydrographiques de l'Est. Office des Publications Universitaires (OPU), Alger, 389p.

**MEBARKI A., LABORDE J.P., (2012)**, Synthèse cartographique des bilans hydriques de l'Algérie du Nord, Colloque International de Rouen, Regards croisés Nord-Sud, Université de Rouen 25-26 sept 2012.

MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT **(MATE)**, **2001**, France « Guide sur le comportement des polluants dans le sol et les nappes », éditions BRGM, France pp 15-30.

MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT, **(MATEE)**, **2012**, ALGERIE : Mission 1 : Identification des unités industrielles les plus polluantes, Dépollution industrielle d'Oued Seybouse. Rapport Safege-Projet 09IAL006-V3 FINALE, 165 P ;

MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT, **(MATE)**, **2014**, ALGERIE : Rapport d'Etape : Rapport de bilan et mesures, Dépollution industrielle d'Oued Seybouse-Rapport Safege -160P ;

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC **(MENVIQ)**, **1990 (rév. 1992)**.  
 Méthodologie de calcul des critères de qualité de l'eau pour les substances toxiques, Québec, Ministère de l'Environnement du Québec, Direction de l'expertise scientifique, 115 p.  
 (Envirodoq no EN930145, rapport no QE-81/1). [En révision].

MINISTERE DE L'ECOLOGIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE DIRECTION DE L'EAU **(MEDDDE)**, **2004** : Etude de l'analyse des Alkylphénols- rapport final, P34.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS **(MDDEP)**, **2007**. Calcul et interprétation des objectifs environnementaux de rejet pour les contaminants du milieu aquatique, 2<sup>e</sup> édition, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN-978-2-550-49172-9 (PDF), 56 p. et 4 annexes.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS **(MDDEP)**, **2008**. Guide sur les séparateurs eau-huile, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 41p.

MINISTERE DU DEVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS **(MDDEP)**, **2009**. Critères de qualité de l'eau de surface, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, ISBN 978-2-550-57559-7 (PDF), 506 p. et 16 annexes.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT DE LA FAUNE ET DES PARCS **(MDDEFP)**, **2013**. *Utilisation des objectifs environnementaux de rejet dans l'autorisation de projets au MDDEFP*, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Assainissement industriel GCH-2101 Université Laval, 18p

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT DE LA FAUNE ET DES PARCS **(MDDEFP)**, **2013** : *critères de qualité de l'eau de surface* 3<sup>ème</sup>

Edition. QUEBEC, Direction du suivi de l'état de l'environnement ISBN -978-2-550-68533-3 (PDF), 510p et 16 annexes

MINISTERE DU DEVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, **MDDELCC (2017)**. Lignes directrices pour l'utilisation des objectifs environnementaux de rejet relatifs aux rejets industriels dans le milieu aquatique – Comparaison entre les concentrations mesurées à l'effluent et les objectifs environnementaux de rejet pour les entreprises existantes (ADDENDA), Québec, ISBN 978-2-550-78291-9 (PDF), 9 p. + 1 annexe.

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques **MDDELCC (2019)**. Méthodes d'élaboration des critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique relatifs aux substances toxiques, Québec, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 24 p. + 1 annexe.

**MERZOUG D., KHIARI A., AÏT BOUGHROUS A., BOUTIN C.**, Hydro écologie Appliquée, 17 (2010) 77–97.

**MEYLAN P., ET MUSY A., 1999** : Hydrologie fréquentielle, EDITION H\*G\*A, Bucarest 1999, ISBN 973-98954-5-X, UTSB en Roumanie 413 .

**MIQUEL M., 2001** « Rapport sur les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé », pp 131-133.

**MOUCHRA N., 2009** : **impacts** des lâchées de barrage Hammam Debagh sur la qualité de l'eau de la vallée de la Seybouse dans sa partie amont (Nord-Est Algérien), PP8-54.

OFFICE NATIONAL DES STATISTIQUES-ONS,**2000**, Nomenclature Algérienne des Activités « NAA », 164P

**ORTELLI, D., EDDER, P., RAPIN, F. et RAMSEIER, S., (2010)** : Métaux et micropolluants organiques dans les rivières et les eaux du Léman. Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollution., Campagne 2009, 57-76.

**Palmer W.C. (1965)**. Meteorological drought .US Department of commerce weather research, paper n° 45, 58 pages.

PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT (**PNUE**),**2004** : lignes directrices sur la gestion des débris côtiers pour la région méditerranéenne, No. 153 de la série des rapports techniques du PAM, 59P.

**ROCHE.M (1963)** : Hydrologie de surface. Office de la recherche scientifique et technique outre-mer édition Gauthier - Villars Editeur – Paris 431p.

**RODIER.J., LEGUBE.B, MARLET.N., et Coll., (2009)** : Analyse de l'eau 9<sup>ème</sup> édition PARIS DUNOD (P1247).

**RODIER J., (1996)**. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer : chimie, physicochimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. DUNOD Paris, 8<sup>ème</sup> éd., p. 1008 (XLVII, 1383 p.).

RUBUBLIQUE TUNISIENNE Coopération Tuniso-Almande (**MNE**) ,2004 : Guide environnemental, dans diverse branches de l'industrie,134P

**SANTE CANADA, 1987** : Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique – chlorure, publication 1987-11.

**SAYAD.L., 2015** : Le pouvoir auto épurateur de l'oued Seybouse sur les rejets de la laiterie de l'Edough et les objectifs environnementaux des rejets, thèse doctorat P203, 2015

**SAYAD.L., Djabri.L , Drouiche N., Chaffai H., Hani A., 2017** ; calculation and interpretation of effluent discharge objectives of metal industry: case protuil manufacturing-annaba (north east -algeria).

**SONATRCH, (1966)**. Esquisse structurale de la plaine d'Annaba. Rapport A.N.R.H, inédit. Annaba, **Algérie**.

**SELTZER P., (1946)** – Le climat d'Algérie. Trainst. Métiorol. Phys. Globe, Alger, 1 vol. 219 p.

**STRAHLER, A.N., (1946)**. Hypsométrie (area - altitude) analysis of erosional topography. Bulletin, Géol.Soc. Amérique. Vol 63., pp 1117 - 1142.

**STREBEL, (2004)**. The Development, Implementation and Evaluation of Interventions for the Care of Orphans and Vulnerable Children in Botswana, South Africa and Zimbabwe;

**SWP, (2014)** : Détermination des Objectifs Environnementaux de Rejet (OER) *Corporation minière Osisko, Malartic, Québec*. Rapport réalisé pour Corporation minière Osisko., 27 pages et annexes.

**TAOUIL H., IBN AHMED S., HAJJAJI N., 2012** : SRHIRI A. POLLUTION MÉTALLIQUE DES EAUX SOUTERRAINES DE TYIKOMIYNE (MAROC ORIENTAL). Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 2012, 151(1-4), 49-56.

**U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (U.S.EPA), (1988B)**. Water Quality Criteria; Availability of Document, Notice of final ambient water quality criteria document: Chloride, Federal Register, vol. 53, no. 102, p. 19028-19030.

**U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (U.S.EPA), (1991a)**. National Primary Drinking Water Regulations - Synthetic Organic Chemicals and Inorganic Chemicals; Monitoring for Unregulated Contaminants; National Primary Drinking Water Regulations Implementation; National Secondary Drinking Water Regulation. Final rule, *Federal Register*, vol. 56, no. 20, p. 3526-3597.

**U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (U.S. EPA), 1991b**. Technical Support Document for Water Quality-Based Toxics Control, Washington (DC), U.S. EPA, Office of water, 145 p. et 16 annexes. (EPA/505/2-90-001).

**VIET-LONG DUONG, (1998)** : Evaluation du risque potentiel sur l'environnement lors de la réhabilitation d'un site pollué ;14-16.

**VILLA J., (1980)** : La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. Thèse de doctorat d'état, Université Pierre et Marie Curie, paris VI, France, 665p.

**VRIGNAUD E., (1998)**. Le monde enterré des canalisations publiques, Mém. D.U. "Eau et Environnement", D.E.P., Univ. Picardie, Amiens, 53 p.

**WALLING D.E., RUSSELL M.A., WEBB B.W. 2001**, the Science of the Total Environment, 266 (1) (2001) 113- 123.

**WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), (2004)**. Guidelines for Drinking-Water Quality, vol. 1 ed 3: Recommendations, Genève, 417 p.

**WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), (2011)**. Guidelines for Drinking-Water Quality, ed 4: Genève, 541 p.

**YEVJEVICH VUJICA.**, 1967, AN OBJECTIVE APPROACH TO DEFINITIONS AND INVESTIGATIONS OF CONTINENTAL HYDROLOGIC DROUGHT S, Colorado State University Hydrology Paper No. 23, Aug.1967, Fort Collins, Colorado,17p

**YAHIAOUI.O, LOUNICLN, ABDLN, DROUCHEA. N, GHAF FOUR.N, PAUSS. A, MAMERLN (2010)**, Treatment of olive mill wastewater by the combination of ultrafiltration and bipolar electrochemical reactor processes/ Chemical Engineering and Processing 50 (2011) 37–41

**YAHI H., HAMI A., (2008)** : Caractérisation et traitement biologique par boues activées d'effluents de laiterie. Algerian Journal of Technology, Vol 2, pp 571-580, SSN/1111-357X, Alger- Algerie, 2008.

**ZENATI N., Messadi D. et Belahcene N., 2013**, Effet du rejet de l'usine sidérurgique d'Annaba sur les objectifs environnementaux de l'Oued Meboudja. Algérie, Cahiers de l'ASEES 18 (2013) 1–7.

**ZENATI N., (1999)**, Relation Nappes-Lac Confirmation par l'hydrochimie cas de la plaine Ouest d'El Hadjar lac Fetzara N-E Algérien." Mémoire de Magister, option Chimie et Environnement. Univ. Annaba, 151 p.

**ZEGHEIB S., (2009)** : flux et sources des polluants prioritaires dans les eaux urbaines en lien avec l'usage du territoire, thèse doctorat-Ecole Nationale des ponts et chaussées 349 P.

## Sites Internet consultés :

<http://www.abh.org.dz>, (2017)

[https://www.ceaeg.gouv.qc.ca/methodes/methode\\_index.htm](https://www.ceaeg.gouv.qc.ca/methodes/methode_index.htm).

[http://www.epa.gov/water\\_sciences/guides](http://www.epa.gov/water_sciences/guides) (2019)

[http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres\\_eau](http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau).(2018,2019)

<http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/industrielles.htm> (2019)

[http://www.environnement.gouv.qc.ca/programmes/tech\\_propres/index.htm](http://www.environnement.gouv.qc.ca/programmes/tech_propres/index.htm) (2019)

<http://www.geol-alp.com> (2017)

<http://www.Hydreka.fr> (2016)

<http://www.inra.fr> (2018)

<http://www.mre.gov.dz> (2017)

<http://www.obvcapitale.org/plans-directeurs-de-leau-2> (2018)

<http://www.oieau.fr> (2018)

<http://www.otv.fr/fr/expertise/industries/effluents-industriels/> (2019)

<http://www.services.eaufrance.fr/gestion/documentation/guidestec> (2018,2019)

<https://btwin.suez-env.com/group/suez-environnement/> (2018)

<https://ec.europa.eu/environment/water> (2018,2019)

<https://thewaternetwork.com> (2019)

<https://www.sciencedirect.com/science/article/> (2019)

<https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/quelles-eaux-a-traiter-pourquoi/les-effluents-industriels/nature-des-effluents> (2018-2019)

# **ANNEXES**

## Annexe 1 : Débits annuels observés à la station de Mirbeck (1968-1991)

Précipitations annuelle mm				Débits Annuel (m <sup>3</sup> /s)	Année
Medjez amar	Bouchegouf	Kef mourad	Les salines		
	-	-	-	44.66	1968/69
		-	-	225.02	1969/70
		693.6	-	170.69	1970/71
		786	561.00	204.05	1971/72
		534.6	709,2	403.32	1972/73
		469.5	458,0	58.11	1973/74
574.2	545.9	540.3	459,6	78.45	1974/75
670.35	639.1	738.7	496,0	92.15	1975/76
409.15	445.7	505.9	759,0	139.28	1976/77
649.3	534.5	603	544,0	83.54	1977/78
464.8	450.3	444.4	654.1	92.42	1978/79
753.3	535.6	553.9	552.6	14.30	1979/80
596.3	482.1	627	642.9	112.14	1980/81
459.3	420.6	540.3	741.6	<b>m.n</b>	1981/82
772.63	548	770.9	623.4	67.77	1982/83
766.2	641.3	825.4	934.2	<b>m.n</b>	1983/84
353.1	381.4	433.3	961.2	350.95	1984/85
845.7	694.6	756.1	534,2	47.00	1985/86
426.9	357.8	309.9	921,7	306.29	1986/87
548.3	428.9	363	409	19.84	1987/88
522	467.7	510	553.8	24.67	1988/98
677.8	626.6	646.2	534.8	<b>m.n</b>	1989/90
574.2	545.9	653.9	686.3	17.30	1990/91

**Annexe 2:** Resultats des Débits journaliers observés à la station Mirbeck 1968-1980

1968 - 1969	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
Q max m3/s	4,16	3,74	3,74	7,152	15,144	34,908	7,152	10,567	28,567	4,02	3,74	2,352	34,908
Q min m3/s	0,65	0,43	0,43	1,944	2,08	1,536	3,6	3,46	2,76	0,65	0,21	0,21	0,21
Q mens. m3/s	2,26	1,57	1,57	3,89	4,97	9,38	4,74	5,56	6,44	1,87	1,61	0,75	3,91
Apport hm3	5,85	4,21	4,21	10,08	13,32	25,12	11,47	14,89	16,70	5,00	4,19	2,01	112,83

1969 - 1970	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
Q max m3/s	234,42	67,08	41,714	6,978	630,98	36,651	27,008	118,36	410,45	23,23	7,5	1,65	630,988
Q min m3/s	0,76	2,49	2,488	2,352	4,16	8,634	6,804	12,4	8,634	6,282	1,71	0,59	0,59
Q mens. m3/s	19,60	10,12	10,12	3,59	61,80	18,38	10,46	28,08	48,72	12,20	3,53	1,03	19,77
Apport hm3	50,81	27,10	27,10	9,29	165,53	49,24	25,31	75,21	126,27	32,67	9,15	2,75	573,35

1970 - 1971	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
Q max m3/s	0,25	1,64	1,636	1,54	3,05	30,3	268,38	129,31	153,50	37,585	23,16	15,84	268,385
Q min m3/s	0,25	0,25	0,25	1,188	0,82	2,02	3,8	11,7	6,15	4,4	14,96	12,32	0,25
Q mens. m3/s	0,25	0,84	0,84	1,31	1,80	10,10	43,16	27,20	23,44	18,34	18,95	14,21	14,51
Apport hm3	0,65	2,25	2,25	3,41	4,83	27,06	104,42	72,86	60,77	49,13	49,12	38,05	412,55

1971 - 1972	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
Q max m3/s	7,566	312,50	22,318	4,71	43,356	641,65	99,902	1216,7	116,71	24,875	32,466	4,4	1216,75
Q min m3/s	1,612	2,07	1,612	1,3	1,927	5,67	22,67	25,855	26,375	9,1	4,71	2,312	1,3
Q mens. m3/s	2,73	18,13	3,94	2,05	3,86	71,73	35,65	149,93	55,13	15,09	9,24	3,35	32,07
Apport hm3	7,09	48,56	10,54	5,32	10,34	192,13	86,24	401,58	142,90	40,43	23,95	8,98	929,51

1973 - 1974	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
Q max m3/s	4,55	13,42	10,883	4,87	12,76	5,19	23,3	13,493	47,58	7,515	2,158	2,189	47,58
Q min m3/s	2,189	2,07	2,066	3,2	3,8	3,95	3,8	4,25	5,51	1,404	0,79	1,3	0,79
Q mens. m3/s	2,76	3,57	3,57	3,61	6,61	4,49	8,48	7,16	13,39	3,44	1,20	1,71	5,13
Apport hm3	7,14	9,56	9,56	9,35	17,70	12,03	20,51	19,17	34,72	9,21	3,11	4,58	147,08

1974 - 1975	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
Q max m3/s	10,605	12,10	10,417	6,352	9,669	7,919	469,15	42,902	26,298	17,101	4,528	4,4	469,145
Q min m3/s	1,198	1,51	1,508	1,198	1,612	1,508	2,066	6,15	2,435	1,612	0,994	0,136	0,136
Q mens. m3/s	5,00	4,16	4,16	2,26	3,09	2,80	32,83	10,36	5,93	4,03	1,59	2,33	6,76
Apport hm3	12,97	11,13	11,13	5,87	8,28	7,49	79,42	27,76	15,36	10,78	4,12	6,23	189,41

1975 - 1976	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
Q max m3/s	14,485	12,76	12,76	14,282	8,741	8,921	48,428	121,82	20,913	47,332	3,32	40,426	121,816
Q min m3/s	0,43	0,00	0	0	1,096	1,096	5,03	3,95	4,32	2,624	1,944	1,272	0
Q mens. m3/s	8,27	4,28	4,28	3,47	2,98	3,71	12,84	26,35	8,99	10,43	2,32	5,69	8,12
Apport hm3	21,43	11,45	11,45	8,98	7,97	9,93	32,17	70,59	23,29	27,95	6,02	15,24	235,01

1976 - 1977	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
Q max m3/s	14,243	68,32	52,675	710,55	24,472	48,002	9,791	6,456	62,82	24,684	12,031	7,326	710,548
Q min m3/s	1,4	2,22	2,216	3,6	8,256	9,012	3,46	0,76	2,08	1,944	1,4	0,65	0,65
Q mens. m3/s	4,20	8,49	8,49	56,60	13,93	15,27	6,39	2,36	7,79	5,21	3,76	2,53	11,50
Apport hm3	10,88	22,75	22,75	146,70	37,30	40,90	15,45	6,31	20,20	13,94	9,74	6,79	330,95

1977 - 1978	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
Q max m3/s	8,823	7,33	7,326	14,696	4,923	11,804	81,141	11,029	110,40	6,978	6,282	4,02	110,396
Q min m3/s	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	1,808	7,5	2,352	4,8	1,4	0,65	0,888	0,21
Q mens. m3/s	2,92	2,30	2,30	4,41	2,70	5,85	32,34	5,43	16,30	3,49	2,89	2,11	7,34
Apport hm3	7,57	6,15	6,15	11,42	7,24	15,66	78,23	14,54	42,25	9,34	7,48	5,66	205,53

1978 - 1979	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
Q max m3/s	9,012	36,08	20,494	6,721	8,9	6,165	12,957	27,568	681,87	10,877	3,122	1,834	681,866
Q min m3/s	1,944	0,00	0	0	0	0,43	0,638	0,43	0,534	1,536	0,604	0,4	0
Q mens. m3/s	4,88	1,93	1,93	0,48	1,47	2,01	4,79	4,28	66,12	4,26	1,53	0,55	8,39
Apport hm3	12,66	5,16	5,16	1,25	3,94	5,39	11,58	11,47	171,39	11,42	3,95	1,46	239,67

1979 - 1980	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
Q max m3/s	0,4	1,99	1,994	4,324	2,534	2,866	1,475	70,549	9,424	4,37	1,994	0	70,549
Q min m3/s	0,4	0,17	0,168	0	0	0,04	0	0	0,308	0,104	0	0	0
Q mens. m3/s	0,40	1,10	1,10	1,53	0,58	0,95	0,34	5,87	2,18	1,14	0,45	0,00	1,32
Apport hm3	1,04	2,93	2,93	3,96	1,54	2,55	0,86	15,72	5,64	3,06	1,15	0,00	38,46

**Annexe 3 : Valeurs limites des paramètres de rejet d'effluents industriels au réseau urbain (JORA, 2006)**

PARAMETRES	VALEURS LIMITES MAXIMALES (mg/l)	PARAMETRES	VALEURS LIMITES MAXIMALES (mg/l)
<b>Paramètres physiques</b>		<b>Métaux</b>	
Température	≤ 30° C	Aluminium	5
pH	5,5 ≤ pH ≤ 8,5	Argent	0,1
<b>Pollution organique biodégradable</b>		Arsenic	0,1
Matières en suspension	600 (France 600)	Béryllium	0,05
Demande chimique en oxygène (DCO)	<b>1000</b> (France 2000)	Cadmium	0,1
Demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> )	500 (France 800)	Chrome trivalent	2
Azote global	150 (France 150)	Chrome hexavalent	0,1
Azote ammoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (Non réglementé)	Possible 100% NGL	Chromates	2
Azote Kjeldahl (Norg + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (Non réglem <sup>t</sup> )	Souvent 100% NGL	Cuivre	1
Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	0,1	Cobalt	2
Nitrates NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (Non réglementé)	Rare, mais possible	Cyanure	0,1
Phosphore total	50 (France 50)	Etain	0,1
Graisses (MEH ou SEC) (Non réglementé)	(≈60%DCO/2,4 g/g = 250 mg/l)	Fer	1
Chlorures (Cl <sup>-</sup> )	Non réglementé	Magnésium	300
<b>Ces normes impliquent presque obligatoirement un traitement physico-chimique pour les Industries Agro-Alimentaires.</b>		Mercure	0,01
		Nickel	2
		Plomb	0,5
<b>Halogènes</b>		Zinc et composés	2
Chlore	3		
Fluorures	10	<b>Hydrocarbures</b>	
		Hydrocarbures totaux	10
<b>Composés soufrés</b>			
Sulfures	1	<b>Autres</b>	
Sulfates	400	Phénol	1

**Annexe 4:** valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents industriels au milieu naturel  
(JORA, 2006)

N°	PARAMETRES	VALEURS LIMITES STANDARD (mg/l)	N°	PARAMETRES	VALEURS LIMITES STANDARD (mg/l)
	<b>Paramètres physiques</b>			<b>Métaux</b>	
1	Température	≤ 30° C	8	Aluminium	3 (Réseau 5)
2	pH	6,5 ≤ pH ≤ 8,5		Argent	NR (Réseau 0,1)
	<b>Pollution organique biodégradable</b>			Arsenic	NR (Réseau 0,1)
3	Matières en suspension	35		Béryllium	NR (Réseau 0,05)
6	Demande chimique en oxygène (DCO)	120	15	Cadmium	0,2 (Réseau 0,1)
7	Demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> )	35	19	Chrome total	0,5
	Azote global	Non réglementé		Chrome trivalent	NR (Réseau 2)
	Azote ammoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	Non réglementé		Chrome hexavalent	NR (Réseau 0,1)
4	Azote Kjeldahl (Norg + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	30		Chromates	NR (Réseau 02)
	Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	Sans objet	16	Cuivre total	1
	Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Non réglementé		Cobalt	NR (Réseau 2)
5	Phosphore total	10	10	Cyanure	0,1 (Réseau 0,1)
20	Graisses (MEH ou SEC)	20	20	Etain total	2 (Réseau 0,1)
	Chlorures (Cl <sup>-</sup> )	Non réglementé	24	Fer	3 (Réseau 1)
				Magnésium	NR (Réseau 300)
	<b>Halogènes</b>		21	Manganèse	1
25	Composés organiques chlorés	5	17	Mercure total	0,01 (Réseau 0,01)
	Chlore	(Réseau 3)	22	Nickel total	0,5 (Réseau 2)
11	Fluor et composés	15	18	Plomb total	0,5 (Réseau 0,5)
	Fluorures	(Réseau 10)	23	Zinc total	3
				Zinc et composés	(Réseau 2)
	<b>Composés soufrés</b>				
	Sulfures	1		<b>Hydrocarbures</b>	
	Sulfates	400	13	Hydrocarbures totaux	10
	<b>Toxiques particuliers</b>			<b>Autres</b>	
9	Substances toxiques bioaccumulables	0,005	12	Indice de Phénol	0,3
				Phénols	(Réseau 1)

## Annexe 5: Base de données et cartographie du projet sous SIG

MapInfo Professional

Fichier Edition Outils Objets Sélection Table Options Carte Fenêtre Aide Mapinfo2Google

hydrographie\_sans\_affluents\_ne,...Lim\_Admin\_v1\_2009\_WGS84 Carte

ID	Nom	Wilaya	Commun	Lieu	Description_Activité
<input type="checkbox"/>	1 MAXI CHOC	ANNABA	El Hadjar	Zone industrielle Pont Bouchet El Hadjar	Dépôt de boissons
<input type="checkbox"/>	2 EURL FORCE DE DISTRIBUTION	ANNABA	El Hadjar	Zone industrielle Pont Bouchet El Hadjar	Dépôt de produits agro-
<input type="checkbox"/>	3 CHERIAK MECANIQUE DE PRECISION(CMP)	ANNABA	El Hadjar	Zone industrielle Pont Bouchet El Hadjar	Usinage fonte, aluminium
<input type="checkbox"/>	4 ABASSI NOUR ELDDINE	ANNABA	El Hadjar	Zone industrielle Pont Bouchet El Hadjar	Dépôt de boissons
<input type="checkbox"/>	5 ALPA	ANNABA	El Hadjar	Zone industrielle Pont Bouchet El Hadjar	Production de confiserie
<input type="checkbox"/>	6 BELAID SEBTI	ANNABA	El Hadjar	Zone industrielle Pont Bouchet El Hadjar	Location d'engins trava
<input type="checkbox"/>	7 HERITIERS KHOUATMIA	ANNABA	El Hadjar	Zone industrielle Pont Bouchet El Hadjar	Parc de véhicules
<input type="checkbox"/>	8 METAL MEDITERRANIE	ANNABA	El Hadjar	Zone industrielle Pont Bouchet El Hadjar	Fabrication des treillis s
<input type="checkbox"/>	9 BEZNACI YOUCEF	ANNABA	El Hadjar	Zone industrielle Pont Bouchet El Hadjar	Menuiserie générale du
<input type="checkbox"/>	10 GENERAL MECANIQUE ZENNADI -GMZ-	ANNABA	El Hadjar	Zone industrielle Pont Bouchet El Hadjar	Vente de pièce métalliq
<input type="checkbox"/>	11 HANAFI	ANNABA	El Hadjar	Zone industrielle Pont Bouchet El Hadjar	Dépôt de boissons
<input type="checkbox"/>	12 FOURE LAGADEC ALGERIE	ANNABA	El Hadjar	Zone industrielle Pont Bouchet El Hadjar	Confection et soudure t
<input type="checkbox"/>	13 F & TIMI PMR	ANNABA	El Hadjar	Zone industrielle Pont Bouchet El Hadjar	Production de carrelage

Etablissements\_industriels\_TH Données

Etablissements\_industriels\_TH,...BASSINS\_VERSANT\_Seybouse Carte

## Annexe 6 : Liste des unités industrielles nécessitant des bilans et mesures

ID	NOM	ZONE	ACTIVITE
5	ALPA	ZI. Pont Bouchet El Hadjar	Production de confiseries
13	FATIMI PMR	ZI. Pont Bouchet El Hadjar	Production de carrelage
18	EFES TRANSPORT	ZI. Pont Bouchet El Hadjar	Atelier de maintenance des camions
23	LINDE ALGERIE GAZ INDUSTRIEL	ZI. Pont Bouchet El Hadjar	Production et conditionnement de gaz industriels
24	ER EST	ZI. Pont Bouchet El Hadjar	Récupération de ferraille : coupage et tassage
27	TRANSCANAL EST	ZI. Pont Bouchet El Hadjar	Fabrication de tuyaux en béton armé
31	PROMECH	ZI. Pont Bouchet El Hadjar	Mécanique métallique :
38	SIGIFOR	ZI. El Alleik El Bouni	Récupération de ferraille :
42	GTH	ZI. El Alleik El Bouni	Maintenance et entretien des engins
49	SARL EL BOUNI PLASTIQUE	ZI. El Alleik El Bouni	Récupération et recyclage de plastique,
55	SPA FERROVIAL	ZI. El Alleik El Bouni	Ateliers de construction de matériels et équipements ferroviaire :
59	PARC COMMUNEL EL BOUNI	Zone d'activité El Bouni	Lavage, vidange et graissage tous véhicules
64	LAITERIE DE L'EDOUGH	ZI. El Alleik El Bouni	Production de lait et dérivés
65	SNVI	ZI. El Alleik El Bouni	Atelier de maintenance
70	SARL ELSSAHEL ET BAKRO	ZI. Meboudja Sidi Amar	Lavage, vidange et graissage de bus
74	ETA	ZI. Meboudja Sidi Amar	Lavage, vidange et graissage poids lourds
78	LOGITRANS (SNTR)	ZI. Meboudja Sidi Amar	Lavage, vidange et graissage camions
92	SARL BECHICHI	ZI. Pont Bouchet El Hadjar	Entretien des engins
102	ETV ESSAADA BRAHIMI	ZI. Pont Bouchet El Hadjar	Lavage, vidange et graissage de bus
107	EURL HIPHONE SCRAP	ZI. Meboudja Sidi Amar	Récupération de ferraille : coupage et tassage
109	SARL VITRES KHEZANNE	ZI. Meboudja Sidi Amar	Transformation de verre
112	STATION DE SERVICES HADIDANE	ZI. Meboudja Sidi Amar	Lavage, vidange et graissage automobile
131	SARL RECYCLE ALGERIE	ZI. Meboudja Sidi Amar	Récupération de ferraille : coupage et tassage
134	SOTRAMINE SPA	ZI. Pont Bouchet El Hadjar	Mécanique poids lourds :
164	WILIAM	ZI. Meboudja Sidi Amar	Récupération de ferraille : coupage et tassage
188	ETS CHENNAFI RABAH	ZAC- Sidi Salem	Production de boissons
193	EURL LIMONADERIE BOUCHRA	ZAC- Sidi Salem	Production de boissons
194	ISLAM EL BOUNI	ZAC- Sidi Salem	Production de boissons
201	LIMONADERIE EL BAHIA BOUNA	ZAC- Sidi Salem	Production de boissons
222	SNC RAZZAG MOHCEN	ZAC- Sidi Salem	Production de confiseries
240	SPA AL BAV	ZI. Dgrainia – Chabaita.M	Production de boissons
242	ONCV DAGHOUSSA	Daghousa Besbes	Production de boissons alcoolisées
248	SNC ABASSE	ZAC.DERAN	Abattage de poulets ovins et bovins
247	SARL ALGTUNA	ZAC.DERAN	Récupération pattes et têtes de poulets
249	COUVOIR RITAVEC	ZAC.DERAN	Elevage avicole
253	SNC BEN HAMIDO	ZAC.DERAN	Production de carrelage
261	HYDROTRANSFERT	Zone d'activité de Deran	Atelier de maintenance
269	SARL LES MOULINS BEN AMOR	ZI. El Fedjoug	Production de semoule et pâtes alimentaires
270	TOMATE AMOR BEN AMOR (CAB2)	ZI. El Fedjoug	Production de concentré de tomates
271	EURL BENI FOGHEL	ZI. El Fedjoug	Production de lait et dérivés
272	SARL CHEMLAL	ZI. El Fedjoug	Production d'huile d'olive
274	SARL KAFEK	EL Fedjoug	Production de lait et dérivés
277	ABATOIR BOURIACHI	Boucheouf	Abattage d'ovins et bovins
280	LES MOULINS DE MERMOURA	Boucheouf	Production et vente de semoule
284	SARL BOUKHEMIS	Heliopolis	Lavage, vidange et graissage poids lourds
290	FRERES BOUKABOU	Route Kouissem. B Guelma	Production de boissons
291	SPA ETER ALGERIE	Route Kouissem. B Guelma	Production de porcelaines et produits réfractaires
292	SPA CYCLE GUELMA	Route Kouissem. B. Guelma	Production de cycles et motocycles
293	SPA SORASUCRE	Route Kouissem. B Guelma	Raffinage de sucre
295	HUILERIE MERDES	Medjez-Sfa	Production d'huile d'olive
296	HUILERIE YOUNS AHMED	Badji Mokhtar	Production d'huile d'olive

297	HUILERIE EL DJOUDA	Badji Mokhtar	Production d'huile d'olive
298	ETS NADJI JUS SIP	Medjez-sfa	Production de jus de fruits
299	CONSERVERIE DU SUD	Boumahra	Production de concentré de tomates
302	SARL GUELMOISE DE CARREAUX	Boumahra	Production de carrelage
305	SARL ICS GUELMA	ZAC N°32 - Guelma	Production de carrelage
306	SARL FENDJEL JUS	ZAC N°32 - Guelma	Production de boissons
315	SARL HAMRI AMAR	Salah Salah Salah-Medjez.A	Production de carrelage
316	HUILERIE CHEGHAIB	Salah Salah Salah - Medjez.A	Production d'huile d'olive
326	SARL FENDJEL	Route Sedratta Belkhir	Production de boissons (jus)
327	CRC BOUMAHRA	Route Sedratta -Boumahra	Elevage avicole
331	HUILERIE LOUZA MANEL	Senfahi Salah Guelma	Production d'huile d'olive
341	SOCIETE INDUSTRIELLE DE CONSERVE SEYBOUSE	ZI. Koudiet M. Ain Berda	Production de concentré de tomates
342	SAKROFROID	Medjez rassoul-Ain Berda	Abattage de poulets et dindes
343	SAE (SOCIETE ABATTOIR -EST)	Koudiet M.Ain Berda	Elevage avicole
344	LIMONADRIE CRISTALINE DAFRI	ZI. Koudiet M. Ain Berda	Production de boissons
351	ORAVIE UNITE POULETTE	Oued Zenati	Elevage avicole
362	SARL SIMBA FAHD	ZI. Meboudja Sidi Amar	Récupération de ferraille : coupage et tassage
364	SARL COLE	ZI. Meboudja Sidi Amar	Récupération de ferraille : coupage et tassage
374	UNITE COUVOIR ANNABA	Route les salines Sidi Salem	Elevage avicole
377	SARL AMEL	Chabaita Mokhtar	Production de boissons
379	HUILERIE COOPERATIVE OUED FRAGHA	Oued Fragha	Production d'huile d'olive
380	BOISSONS DAJLA	Bouchehouf	Production de jus
382	SAE	Route des salines	Abattage de poulets
384	ABATTOIR DE GUELMA	Route kaussem Belkacem Guelma	Abattage d'ovins et bovins
385	LIMONADERIE TAMARIS	Cité Mars Omar	Production de boissons gazeuses
386	BOUGA JUS	Cité Mars Omar	Production de jus de fruits
388	LFR (PLG)	ZI. Meboudja Sidi Amar	Laminoir À fil et rond : fabrication de fil machine et rond à béton
389	TSS	ZI. Meboudja Sidi Amar	Fabrication des tubes sans soudure
390	LAF	ZI. Meboudja Sidi Amar	Laminoir à froid : production de tôle
391	LAC	ZI. Meboudja Sidi Amar	Laminoir à chaud : production de bobine laminée
392	ACIERIE 1	ZI. Meboudja Sidi Amar	Transformation d'acier en brames
393	COX	ZI. Meboudja Sidi Amar	Production d'oxygène et azote et argon a partir de l'air atmosphérique par distillation
394	ACIERIE 2	ZI. Meboudja Sidi Amar	Transformation de l'acier en billettes
395	ALFAPIPE	ZI. Meboudja Sidi Amar	Fabrication de tube en acier spirale
396	PMA 1 ET 2	ZI. Meboudja Sidi Amar	Production d'aggloméré et matières premières
398	HAUTS FOURNEAUX	ZI. Meboudja Sidi Amar	Transformation de minerais : fabrication de fonte
399	USINE A EAU	ZI. Meboudja Sidi Amar	Production d'eau industrielle
405	ABATTOIR GHARIB	ZI. El Allelik El Bouni	Abattage de poulets et dindes
406	ABATTOIR EL HADJAR	Route hopital El Hadjar	Abattage d'ovins et bovins
407	LRB (PLG)	ZI. Meboudja Sidi Amar	Laminoir À fil et rond
408	ERIS	ZI BP 42 Route Ain Beida	Enlèvement et traitement des déchets ménagers
410	CET – AIN BERDA	Cité Ain Said- Ain Berda	Enlèvement et traitement des déchets ménagers
412	CET - GUELMA	Héliopolis-Guelma	Enlèvement et traitement des déchets ménagers
415	PARC COMMUNEL SIDI AMAR	Sidi Amar	Lavage, vidange et graissage tous véhicules
416	SANI LUX PLUS	ZI. El Allelik El Bouni	Email, argile, engobe, pigments
419	ABATTOIR CHEBAITA MOKHTAR	Cité boukheris. CHEbaita.M	Abattage de poulets et dindes
427	SARL KAFEK2	ZI_Belkhir	Production de lait et dérivés
428	CONSERVERIE ABIDI	Route Sedratta Belkhir	Conserverie de tomate et piment
429	TEJ PEINTURES	ZAC Medjez Rassoul	Production de peintures (venyl, Enduit)
432	SARL STATION MDJEZ RASSOUL	Medjez Rassoul	Lavage, vidange et graissage automobile

## Annexe 7 : Unités fait l'objet d'un prélèvement de 24 heures

ID	Nom	Wilaya	Zone	Description Activité
18	EFES TRANSPORT	ANNABA	ZI. Pont Bouchet El Hadjar	Atelier de maintenance des camions
23	LINDE ALGERIE GAZ INDUSTRIEL	ANNABA	ZI. Pont Bouchet El Hadjar	Production de gaz industriels.
	TRANSCANAL EST	ANNABA	ZI. Pont Bouchet El Hadjar	Fabrication de tuyaux en béton armé
64	LAITERIE DE L'EDOUGH	ANNABA	ZI. El Allelik El Bouni	Production de lait et dérivés
65	SNVI	ANNABA	ZI. El Allelik El Bouni	Atelier de maintenance
70	SARL ELSSAHEL ET BAKRO	ANNABA	ZI. Meboudja Sidi Amar	Lavage, vidange et graissage de bus
74	ETA	ANNABA	ZI. Meboudja Sidi Amar	Lavage, vidange poids lourds
78	LOGITRANS (SNTR)	ANNABA	ZI. Meboudja Sidi Amar	Lavage, vidange et graissage camions
109	SARL VITRES KHEZANNE	ANNABA	ZI. Meboudja Sidi Amar	Transformation de verre
193	EURL LIMONADERIE BOUCHRA	ANNABA	ZAC. - Sidi Salem	Production de boissons
194	ISLAM EL BOUNI	ANNABA	ZAC. - Sidi Salem	Production de boissons
201	LIMONADERIE EL BAHIA BOUNA	ANNABA	ZAC. - Sidi Salem	Production de boissons
240	SPA AL BAV	EL TARG	ZI. Dgerainia – Chabaita.M	Production de boissons
242	ONCV DAGHOUSSA	EL TARG	Daghoussa Besbes	Production de boissons alcoolisées
248	SNC ABASSE	EL TARG	Zone d'activité. Deran	Abattage de poulets ovins et bovins
253	SNC BEN HAMIDO	EL TARG	Zone d'activité. Deran	Production de carrelage
269	SARL LES MOULINS BEN AMOR	GUELMA	ZI.El Fedjoug	Production de semoule et pâtes
270	TOMATE BEN AMOR (CAB2)	GUELMA	ZI.El Fedjoug	Production de concentré de tomates
271	EURL BENI FOUGHEL	GUELMA	ZI.El Fedjoug	Production de lait et dérivés
272	SARL CHEMLAL	GUELMA	ZI.El Fedjoug	Production d'huile d'olive
274	SARL KAFEK	GUELMA	EL Fedjoug	Production de lait et dérivés
280	LES MOULINS DE MERMOURA	GUELMA	Boucheoug	Production et vente de semoule
290	FRERES BOUKABOU	GUELMA	Route K. Belkacem-Guelma	Production de boissons
291	SPA ETER ALGERIE	GUELMA	Route K. Belkacem-Guelma	Production de porcelaines- réfractaires
293	SPA SORASUCRE	GUELMA	Route K. Belkacem-Guelma	Raffinage de sucre
295	HUILERIE MERDES	GUELMA	Route Medjez-Sfa	Production d'huile d'olive
296	HUILERIE YOUNS AHMED	GUELMA	Badji Mokhtar	Production d'huile d'olive
297	HUILERIE EL DJOUDA	GUELMA	Badji Mokhtar	Production d'huile d'olive
299	CONSERVERIE DU SUD	GUELMA	Boumahra	Production de concentré de tomates
302	SARL GUELMOISE DE CARREAUX	GUELMA	Boumahra	Production de carrelage
305	SARL ICS GUELMA	GUELMA	ZAC N°32. Guelma	Production de carrelage
306	SARL FENDJEL JUS	GUELMA	ZAC N°32. Guelma	Production de boissons
315	SARL HAMRI AMAR	GUELMA	Medjez Amar	Production de carrelage
326	SARL FENDJEL	GUELMA	Route Sedratta Belkhir	Production de boissons (jus)
331	HUILERIE LOUZA MANEL	GUELMA	Senfahi Salah Guelma	Production d'huile d'olive
341	CONSERVE SEYBOUSE	ANNABA	ZI.Koudiet Merah Ain Berda	Production de concentré de tomates
342	SAKROFROID	ANNABA	Medjez rassoul-Ain Berda	Abattage de poulets et dindes
344	LIMONADRIE CRISTALINE DAFRI	ANNABA	ZI.Koudiet Merah Ain Berda	Production de boissons
374	UNITE COUVOIR ANNABA	ANNABA	Route les salines Sidi Salem	Elevage avicole
384	ABATTOIR DE GUELMA	GUELMA	Route K. Belkacem Guelma	Abattage d'ovins et bovins
389	TSS	ANNABA	ZI.Meboudja Sidi Amar	Fabrication des tubes sans soudure
391	LAC	ANNABA	ZI.Meboudja Sidi Amar	Laminier à chaud
392	ACIERIE 1	ANNABA	ZI.Meboudja Sidi Amar	Transformation d'acier en brames
395	ALFAPIPE	ANNABA	ZI.Meboudja Sidi Amar	Fabrication de tube en acier spirale
396	PMA 1 ET 2	ANNABA	ZI.Meboudja Sidi Amar	Production d'aggloméré
398	HAUTS FOURNEAUX	ANNABA	ZI.Meboudja Sidi Amar	Transformation de minerais en Fonte
405	ABATTOIR GHARIB	ANNABA	ZI.El Allelik El Bouni	Abattage de poulets et dindes
406	ABATTOIR EL HADJAR	ANNABA	Route hopital El Hadjar	Abattage d'ovins et bovins
414	PARC COMMUNEL SIDI AMAR	ANNABA	Sidi Amar	Lavage véhicules -ordures ménagères
415	SANLUX PLUS	EL TARG	Z.I El Allelik El Bouni	Production d'articles sanitaires
419	ABATTOIR CHEBAITA MOKHTAR	EL TARG	Cité boukheris	Abattage de poulets et dindes
427	SARL KAFEK2	GUELMA	ZI_Belkhir	Production de lait et dérivés
428	CONSERVERIE ABIDI	Guelma	Route Sedratta Belkhir	Conserverie de tomate et piment
429	TEJ PEINTURES	ANNABA	ZAC Medjez G-Ain Berda	Production de peintures (venyl, Enduit)
432	STATION MDJEZ RASSOUL	ANNABA	ZAC Medjez rassoul-Ain Berda	Lavage, vidange et graissage automobile

**Annexe 8 : Photos pour les campagnes de mesures (2012- 2014)**

Formation sur les appareils des mesures au niveau du siège Hydreka (France)



Photos des installations pour les appareils de mesures-ZAC Seybouse



Prélèvement au niveau d'oued Seybouse sans mesure de debit (embouchure)



Photos des points de prélèvements et mesures dans la ZI de Pont Bouchet



points de prélèvements et mesures dans la ZI d'El Fedjoudj -Guelma



Points de prélèvements et mesures - complexe sidérurgique El Hadjar