



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire.  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique.  
جامعة زيان عاشور-الجلفة  
Université Ziane Achour-Djelfa.  
كلية علوم الطبيعة و الحياة  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.  
قسم علوم الارض و الكون  
Département des Sciences de la Terre et de l'Univers.

## Mémoire de fin d'étude

En Vue De l'obtention Du Diplôme De Master En Géographie et Aménagement  
du Territoire.  
Option : Villes, Dynamiques Spatiales et Gestion.

### Thème

**Stations d'épuration et leurs impact sur les villes  
(cas de la STEP de la ville de Annaba).**

Présenté par : KARBOUA Freiha.

Promoteur : M. HAIED Nadjib.....MCA UNIVERSITE Z.A. DJELFA

DEVANT LE JURY :

Président : M. BOUSSAID Adel ..... MCB UNIVERSITE Z.A. DJELFA

Examineurs : M. FOUFOU Atif ..... MCB UNIVERSITE Z.A. DJELFA

Année Universitaire 2020/2021.

## Résumé :

La ville de Annaba est une ville industrielle abritant un grand nombre de population ce qui génère un volume important d'eau usée qui doit être traité avant d'être rejetée ou réutilisée. Ce traitement est assuré par la station d'épuration qui peut traiter 580 700 équivalent-habitant. Avec des ressources en eau mobilisables de l'ordre de 53.28 millions de m<sup>3</sup> par an ne pouvant pas satisfaire les besoins réels sans le volume apporté d'El Tarf, notre STEP peut reporter le déficit en eau de plusieurs dizaines d'années, ou bien augmenter les périmètres irrigués et/ou les superficies industrielles et d'améliorer la qualité biologiques des eaux traité. De l'autre côté, elle peut avoir des effets négatifs pouvant être minimisés facilement.

**Mots clés :** Annaba, Station d'épuration, Déficit, Périmètres irrigués, Superficies industrielles.

## المخلص :

مدينة عنابة هي مدينة صناعية تؤوي عددًا كبيرًا من السكان ما يولد كمية كبيرة من مياه الصرف الصحي التي يتوجب معالجتها قبل تصريفها أو إعادة استخدامها. يتم ضمان هذه المعالجة من خلال محطة معالجة مياه الصرف الصحي التي يمكن أن تعالج ما يعادل 580.700 ما يعادل ساكن. مع عدم قدرة موارد المياه القابلة للتعبئة والتي تبلغ 53.28 مليون متر مكعب سنويًا على تلبية الاحتياجات الحقيقية دون الإستعانة بالحجم الذي يتم توفيره من الطارف ، يمكن لمحطنا تأجيل العجز المائي لعدة عقود ، أو زيادة المحيطات الفلاحية المسقية و / أو المساحات الصناعية وتحسين الجودة البيولوجية للمياه المعالجة. من ناحية أخرى ، يمكن أن يكون لها آثار سلبية يمكن التقليل منها بسهولة.

**الكلمات المفتاحية :** عنابة ، محطة معالجة مياه الصرف الصحي ، عجز ، محيطات مسقية ، مساحات صناعية.

## Abstract :

Annaba is an industrial city housing a large number of population which generates a large volume of wastewater which must be treated before being discharged or reused. This treatment is insured by the wastewater treatment plant which can treat 580,700 inhabitant-equivalent. With mobilizable water resources of the order of 53.28 million m<sup>3</sup> per year not being able to satisfy real needs without the volume brought from El Tarf, our WWTP can postpone the water deficit for several decades, or increase the irrigated perimeters and/or industrial areas and improve the biological quality of the treated water. On the other hand, it can have negative effects that can be easily minimized.

**Key words:** Annaba ,Wastewater treatment plant, Dticife,Irrigated perimeters, Industrial areas.

## REMERCIEMENT

*La page des remerciements n'est pas la plus aisée à écrire. Néanmoins c'est avec chaleur que je voudrais remercier toutes celles et tous ceux qui ont contribué à faire aboutir ce travail.*

*En premier, je remercie Dieu de m'avoir donné la force et la persévérance pour faire aboutir ce travail. « الحمد لله »*

*Je dois, pendant que je suis en train de terminer mon mémoire de fin d'étude pour obtenir un diplôme de Master, faire une pause pour revenir sur les années que j'ai passées à l'université avec mes honorables professeurs qui m'ont beaucoup donné, qui ont déployé de grands efforts pour construire la génération de future, et avant de continuer, j'exprime mes plus vifs remerciements, ma gratitude et mon appréciation à tous mes professeur distingués sans exception.*

*A celui qui a porté le message le plus saint de la vie, mon professeur pendant les années universitaires et mon superviseur "HAIED Nadjib", mes plus hautes expressions de remerciements, d'appréciation et de gratitude que je lui dis avec les mots du Messager de Dieu, que les prières et la paix de Dieu soient sur lui :*

*« إن الحوت في البحر، والطير في السماء، ليصلون على معلم الناس الخير. »*

*J'exprime mes sincères remerciements aux professeurs BOUSSAID Adel FOUFOU Atif qui ont accepté la discussion et l'évaluation de ce travail, et que Dieu les récompenses pour chaque mot de science et de connaissance que j'ai appris d'eux au cours des cinq années.*

*Je remercie également l'ensemble des enseignant de notre département, ainsi que tous les employés et les travailleurs.*

*Un merci spécial à mes parents, mes sœurs et mon frère pour leurs conseils, encouragements et leurs aide moral.*

*A vous tous, un grand merci.*

*✍ M<sup>lle</sup>. Karboua Freihä.*

## *Dédicace*

*Dieu, merci oh dieu, avec toi je commence, par toi je suis guidé et ton prophète Mohamed que la paix et le salut sur lui, j'imité.*

*Gloire à Dieu la louange n'est pas d'autre Dieu que toi.*

*Je dédie le fruit de mon travail :*

*Aux deux bien-aimés qui éclairent mon chemin, qui m'a habillé la robe de moralité, à la chose la plus chère qui existe, à la lumière qui ne les limite pas, qui ont sacrifié sans conditions ni restrictions et ils ont souhaité que je deviendrais la plus douce rose dans leur jardin « mes parents» que Dieu les protège et prolonge leur vie.*

*A ceux avec qui j'ai partagé la douceur et l'amertume de la vie « mes sœurs et mon frère» Qu'Allah, leurs donne du bien dans ce monde et du bien dans l'au-delà.*

*Aux symboles de l'effort et du don, tout mes professeurs, à commencer par les enseignants du primaire jusqu'à mes professeurs de l'Université Ziane Achour, que Dieu les récompense pour chaque lettre que j'ai apprise.*

*A toute ma famille et mes proches.*

*A tout mes amis, collègues et camarades de classe que j'ai connus tout au long de mon parcours universitaire.*

*A tout ceux qui ont été oubliés par ma plume.*

*✍ M<sup>lle</sup>. Karboua Freïha.*

# Sommaire

Résumé.

Remerciement.

Dédicace.

Sommaire.

Liste des figures.

Liste des tableaux.

Liste des abréviations et des paramètres.

Introduction générale..... 01

## Chapitre I : Notions théoriques sur les eaux usées, réseaux d'assainissement et stations d'épuration.

I.1. Introduction.....	03
I.2. Les eaux usées.....	03
I.2.1. Définitions.....	03
I.2.2. Les différents types des eaux usées .....	03
I.2.2.1. Les eaux usées domestiques .....	03
I.2.2.2. Les eaux usées pluviales.....	04
I.2.2.3. Les eaux usées industriels.....	04
I.2.2.4. Les eaux de ruissellement dans les zones agricoles.....	04
I.2.3. Composition et caractéristiques des eaux usées.....	05
I.2.3.1. Les caractéristiques des eaux usées.....	05
I.3. Le réseau d'assainissement.....	08
I.3.1. La structure du réseau d'assainissement.....	08
I.3.2. Les deux principaux types de réseau.....	09
I.3.2.1. Les réseaux unitaires.....	09
I.3.2.2. Les réseaux séparatifs.....	09
I.4. Stations d'épuration (STEP).....	09
I.4.1. Définition.....	09
I.4.2. Les causes de traitements des eaux usées.....	10
I.4.3. Les méthodes de traitements des eaux usées.....	10
I.4.3.1. Le traitement d'eau.....	11
I.4.3.2. Le traitement primaire.....	11
I.4.3.3. Le traitement secondaire.....	11
I.4.3.4. Le traitement tertiaire.....	12
I.4.4. L'utilisation des eaux et des boues traitées.....	13
I.5. Conclusion.....	14

## Chapitre II : Présentation de la zone d'étude.

II.1. Introduction.....	15
II.2. Présentation de la zone d'étude.....	15
II.2.1. Toponymie.....	15

II.2.2. Situation géographique et administrative.....	15
II.2.3. Cadre physique.....	16
II.2.3.1. Relief.....	16
II.2.3.1.1. Montagnes.....	16
II.2.3.1.2. Plaine.....	17
II.2.3.1.3. Plateaux.....	17
II.2.3.1.3. Pentes.....	17
II.2.4. Géologie .....	17
II.2.4.1. Géologie régionale .....	17
II.2.5. Cadre socio – économique.....	22
II.2.5.1. Transports.....	22
II.2.5.2. Agriculture.....	22
II.2.5.3. Industrie.....	23
II.3.1. Présentation de la STEP de Annaba.....	24
II.3.1. Situation de la station d'épuration.....	24
II.3.2. Alimentation en eau potable et réseau d'assainissement.....	25
II.3.3. Station d'épuration de l'Allelik.....	26
II.3.4. Raisons du choix.....	26
II.3.5. Contexte paysager.....	26
II.4. Conclusion.....	26

## **Chapitre III : Hydroclimatologie.**

III.1. Introduction.....	27
III.2. Eléments du climat.....	27
III.2.1. Les précipitations.....	27
III.2.1.1. Les précipitations moyennes mensuelles.....	27
III.2.1.2. Répartition saisonnière des précipitations.....	28
III.2.1.3. Les précipitations moyennes annuelles.....	29
III.2.2. La température.....	30
III.2.2.1. La température moyenne mensuelle.....	31
III.2.2.2. La température moyenne annuelle.....	31
III.3. Caractéristiques du climat.....	32
III.3.1. Diagramme Ombrothermique.....	32
III.3.2. Climagramme de Louis Emberger.....	32
III.3.3. Calcul de l'indice d'aridité de Martonne.....	34
III.3.3.1. Calcul de l'indice d'aridité annuel.....	34
III.3.3.2. Calcul de l'indice d'aridité mensuel.....	35
III.4. Estimation des paramètres du bilan hydrique.....	36
III.4.1. L'évapotranspiration.....	36
III.4.1.1. Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR).....	36
III.4.2. Le ruissellement.....	37
III.4.3. Infiltration efficace.....	38
III.4.4. Interprétation du bilan hydrique.....	38
III.5. Hydrologie.....	40

III.5.1. Hydrographie.....	40
III.5.2. Hydrogéologie.....	42
III.6. Conclusion.....	44

## **Chapitre IV : Impact de la STEP.**

IV.1. Introduction.....	45
IV.2. Impacts de la station dépuraton.....	45
IV.2.1. Impacts négatifs.....	45
IV.2.2. Impacts positifs.....	46
IV.2.3. Détermination des impacts positifs.....	47
IV.2.3.1. Diagnostique quantitatif des ressources en eau.....	47
IV.2.3.2. Mobilisation des ressources en eaux.....	49
IV.2.3.3. Détermination de la possibilité du report de la situation de rareté et de déficit en eau.....	49
IV.2.3.4. Accroissement de la surface agricole irriguée et la surface destinée à futures parques industrielles.....	63
IV.2.3.5. Amélioration de la qualité des eaux usées.....	64
IV.3. Conclusion.....	70
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>71</b>
<b>Références bibliographique.....</b>	<b>73</b>

## Liste des Figures.

<b>Figure 01 :</b>	Cycle de l'azote.....	<b>8</b>
<b>Figure 02 :</b>	Schémas du réseau séparatif.....	<b>9</b>
<b>Figure 03 :</b>	Traitement par lagunage.....	<b>10</b>
<b>Figure 04 :</b>	Les prétraitements.....	<b>11</b>
<b>Figure 05 :</b>	Les étapes de traitements en STEP.....	<b>13</b>
<b>Figure 06 :</b>	Situation géographique et administrative de la wilaya de Annaba....	<b>16</b>
<b>Figure 07 :</b>	Carte géologique du massif de l'Edough.....	<b>19</b>
<b>Figure 08 :</b>	Colonne lithologique du massif de l'Edough.....	<b>20</b>
<b>Figure 09 :</b>	Localisation des zones industrielles et zones d'activités dans la wilaya de Annaba.....	<b>24</b>
<b>Figure 10 :</b>	Situation géographique de la STEP de Annaba.....	<b>25</b>
<b>Figure 11 :</b>	Histogramme de la variation des précipitations moyennes mensuelles (2010-2020).....	<b>28</b>
<b>Figure 12 :</b>	Répartition saisonnière des précipitations (2010-2020).....	<b>29</b>
<b>Figure 13 :</b>	Les variations du coefficient pluviométrique (2010/20).....	<b>30</b>
<b>Figure 14 :</b>	Histogramme variations de température moyennes mensuelles (2010-2020).....	<b>31</b>
<b>Figure 15 :</b>	Diagramme Ombrothermique de la station des Salines (2010-2020)...	<b>32</b>
<b>Figure 16 :</b>	Climagramme d'Emberger de la station des salines.....	<b>33</b>
<b>Figure 17 :</b>	Indice d'aridité annuel de Martonne.....	<b>35</b>
<b>Figure 18 :</b>	Moyennes pluriannuelles des éléments climatiques à la station des Salines (2010-2020).....	<b>39</b>
<b>Figure 19 :</b>	Diagramme de la variation de la RFU, du Déficit Agricole et de l'Excédent à la Station des Salines (2010-2020).....	<b>40</b>
<b>Figure 20 :</b>	Carte de réseau hydrographique du sous bassin versant de la basse Seybouse.....	<b>41</b>
<b>Figure 21 :</b>	Graphe de l'estimation de la population et leur besoins en eau dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060).....	<b>50</b>
<b>Figure 22 :</b>	Graphe de l'estimation de la superficie irriguée et leur besoins en eau dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060).....	<b>51</b>
<b>Figure 23 :</b>	Graphe de l'estimation du nombre du cheptel et leur besoins en eau dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060).....	<b>53</b>
<b>Figure 24 :</b>	Graphe de l'estimation des besoins en eau de l'agriculture dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060).....	<b>54</b>
<b>Figure 25 :</b>	Graphe de l'estimation des besoins en eau de l'industrie dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060).....	<b>55</b>
<b>Figure 26 :</b>	Graphe de l'estimation des besoins en eau globaux dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060).....	<b>56</b>
<b>Figure 27 :</b>	Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau dans la wilaya de Annaba (2008-2060) :courbe de l'évolution des besoins en eau globaux et des ressources mobilisées.....	<b>58</b>



<b>Figure 28 :</b>	Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau dans la wilaya de Annaba (2008 -2060) pour le scénario optimiste avec l'apport de la STEP à 50% de ça capacité de production : courbe de l'évolution des besoins en eau globaux et des ressources mobilisées.....	<b>59</b>
<b>Figure 29 :</b>	Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060) pour le scénario optimiste avec l'apport de la STEP à 80% de ça capacité de production: courbe de l'évolution des besoins en eau globaux et des ressources mobilisées.....	<b>59</b>
<b>Figure 30 :</b>	Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060) pour le scénario optimiste avec l'apport de la STEP à 100% de ça capacité de production: courbe de l'évolution des besoins en eau globaux et des ressources mobilisées.....	<b>60</b>
<b>Figure 31 :</b>	Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau dans la wilaya de Annaba (2008 -2060) pour le scénario pessimiste avec une diminution des ressources mobilisables et mobilisés de 50% : courbe de l'évolution des besoins en eau globaux et des ressources mobilisées.....	<b>61</b>
<b>Figure 32 :</b>	Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060) pour le scénario pessimiste avec l'apport de la STEP à 50% de ça capacité de production : courbe de l'évolution des besoins en eau globaux et des ressources mobilisées.....	<b>62</b>
<b>Figure 33 :</b>	Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau dans la wilaya de Annaba (2008-2060) pour le scénario pessimiste avec l'apport de la STEP à 80% de ça capacité de production : courbe de l'évolution des besoins en eau globaux et des ressources mobilisées.....	<b>62</b>
<b>Figure 34 :</b>	Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau dans la wilaya de Annaba (2008-2060) pour le scénario pessimiste avec l'apport de la STEP à 100% de ça capacité de production : courbe de l'évolution des besoins en eau globaux et des ressources mobilisées.....	<b>63</b>
<b>Figure 35 :</b>	Indice de la pollution organique des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP da la wilaya de Annaba (Janvier 2014).....	<b>65</b>
<b>Figure 36 :</b>	Indice de la pollution organique des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP da la wilaya de Annaba (Février 2014).....	<b>66</b>
<b>Figure 37 :</b>	Indice de la pollution organique des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP da la wilaya de Annaba (Mars 2014).....	<b>66</b>
<b>Figure 38 :</b>	Indice de la pollution organique des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP da la wilaya de Annaba (Avril 2014).....	<b>67</b>
<b>Figure 39 :</b>	Indice de la pollution organique des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP da la wilaya de Annaba (Juin 2014).....	<b>67</b>
<b>Figure 40 :</b>	Indice de la pollution organique des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP da la wilaya de Annaba (Septembre 2014).....	<b>68</b>
<b>Figure 41 :</b>	Indice de la pollution organique des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP da la wilaya de Annaba (Octobre 2014).....	<b>68</b>
<b>Figure 42 :</b>	Indice de la pollution organique des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP da la wilaya de Annaba (Novembre 2014).....	<b>69</b>

**Figure 43 :** Indice de la pollution organique des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP da la wilaya de Annaba (Moyenne annuelle 2014)..... **69**

## Liste des Tableaux.

<b>Tableau 01 :</b>	Les composantes des eaux usées domestiques.....	5
<b>Tableau 02 :</b>	Découpage administratif de la wilaya de Annaba .....	16
<b>Tableau 03 :</b>	Présentation du périmètre agricole irrigué dans la wilaya .....	23
<b>Tableau 04 :</b>	Nombre de cheptel dans la wilaya .....	23
<b>Tableau 05 :</b>	Zones industrielles de la wilaya d'Annaba.....	23
<b>Tableau 06 :</b>	Zones d'activités de la wilaya d'Annaba.....	24
<b>Tableau 07 :</b>	Caractéristiques de la station des salines (Annaba).....	27
<b>Tableau 08 :</b>	Variations des précipitations moyennes mensuelles (2010-2020).....	28
<b>Tableau 09 :</b>	Variations saisonnières des précipitations (2010-2020).....	28
<b>Tableau 10 :</b>	Précipitations moyennes annuelles et les coefficients pluviométriques (2010-2020).....	30
<b>Tableau 11 :</b>	Variations de température moyennes mensuelles (2010-2020).....	31
<b>Tableau 12 :</b>	Variations de température moyennes annuelle (2010-2020).....	32
<b>Tableau 13 :</b>	Paramètres du climagramme d'Emberger.....	33
<b>Tableau 14 :</b>	Indices d'aridité mensuels (IDM).....	35
<b>Tableau 15 :</b>	ETR annuelle selon la méthode de Turc.....	37
<b>Tableau 16 :</b>	ETR selon la méthode de Coutagne.....	37
<b>Tableau 17 :</b>	Ruissellement selon la formule de Tixerant-Berckaloff.....	38
<b>Tableau 18 :</b>	Les valeurs de l'infiltration efficace.....	38
<b>Tableau 19 :</b>	Bilan hydrique à la station des Salines selon la méthode de Thornthwaite (2010-2020).....	39
<b>Tableau 20 :</b>	Caractéristiques Morpho métriques du sous bassin de la basse Seybouse. ....	41
<b>Tableau 21 :</b>	Description géologique et hydrogéologique de la basse Seybouse.....	43
<b>Tableau 22 :</b>	Retenues collinaires et leurs caractéristiques dans quelques communes de la Wilaya de Annaba.....	47
<b>Tableau 23 :</b>	Caractéristiques des barrages la wilaya d'Annaba.....	48
<b>Tableau 24 :</b>	Etat des forages dans la Wilaya de Annaba.....	48
<b>Tableau 25 :</b>	Les réserves Renouvelables de la wilaya de Annaba.....	48
<b>Tableau 26 :</b>	Potentiel hydrique global de la wilaya de Annaba.....	49
<b>Tableau 27 :</b>	Estimation de la population et leur besoins en eau dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060).....	50
<b>Tableau 28 :</b>	Estimation de la superficie irriguée et leur besoins en eau dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060).....	51
<b>Tableau 29 :</b>	Estimation du nombre du cheptel et leur besoins en eau dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060).....	52
<b>Tableau 30 :</b>	Estimation des besoins en eau de l'agriculture dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060).....	53
<b>Tableau 31 :</b>	Estimation des besoins en eau de l'industrie dans la wilaya de Annaba (2008-2060).....	54
<b>Tableau 32 :</b>	Estimation des besoins en eau globaux dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060).....	56

<b>Tableau 33 :</b>	Estimation des besoins en eau globaux et indices de consommation des différents secteurs usagers dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060).....	<b>57</b>
<b>Tableau 34 :</b>	Paramètres et classes de l’IPO (Leclercq & Maquet, 1987).....	<b>65</b>

## *Liste des abréviations et des paramètres.*

<b>Les abréviations</b>	<b>Signification</b>
°C	Degré Celsius.
%	Pourcent.
AEA	Alimentation en Eau de l'Agriculture.
AEI	Alimentation en Eau de l'Industrie.
AEP	Alimentation en Eau Potable.
ANRH	Agence Nationale des Ressources en Eau.
COT	Carbone Organique Total.
CP	Coefficient Pluviométrique.
DA	Déficit Agricole.
DBO5	Demande Biologique en Oxygène.
DCO	Demande Chimique en Oxygène.
ETP	Evapotranspiration Potentielle.
ETR	Evapotranspiration Réelle.
Exc	Excédent en eau du sol.
GCM	Global Climate Models (Modèles de Circulation Générale).
Ha	Hectare.
hab	Habitant.
Hm <sup>3</sup> /an	Hectomètre cube par an.
Ie	Infiltration efficace.
IPO	Indice de Pollution Organique.
Km	Kilomètre.
Km <sup>2</sup>	Kilomètre carré.
l/j/hab	litre par jours et par habitant.
l/j/tête	litre par jours et par tête.
m <sup>3</sup>	mètre cube.
m <sup>3</sup> /an	mètre cube par an.
MADR	Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.
MES	Matières En Suspension.
Mm	Millimètre.
ONA	Office National d'Assainissement.
PME	Petites et Moyennes Entreprises.
PMI	Petites et Moyennes Industries.
RFU	Réserve Facilement Utilisable.
RGPH	Recensement Général de la Population et de l'Habitat.
SAT	Surface Agricole Totale.
SAU	Surface Agricole Utilisée.
SAUI	Surface Agricole Utilisée en Irrigué.
SRAT	Schéma Régional d'Aménagement du Territoire.
STEP	Station d'Épuration.

# **Introduction générale.**

## ***INTRODUCTION GENERALE.***

قال الله تعالى : « وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ حَيًّا أَقْلًا يُؤْمِنُونَ » سورة الأنبياء - الآية ٣٠

### Introduction générale

L'eau c'est la vie sur la terre. Elle est un élément essentiel à notre existante, à nos besoins... et d'autre part est le facteur d'aménagement du territoire (Touati B., 2010) mais elle reste une ressource naturelle rare et sensible à la dégradation et au gaspillage (Said M., 2019) notamment avec l'apparition de développement urbain, industriel...etc., les eaux usées ou bien les eaux résiduaires sont augmentées en quantité et en qualité (Rayan S., 2007).

L'Algérie comme toutes les pays du monde elle a essayé de préserver, protéger et bien gérer la richesse d'eau par la création de 145 stations d'épurations (ONA., 2016) parmi lesquelles la STEP de la capitale industriel du pays "la wilaya de Annaba" qui a été mise en service en 2010 avec un procédé de traitement à base des boues activées à faible charge (Nafaa D. H., 2019).

Puisque les STEP sont indispensables pour préserver l'environnement et assurer un développement durable, et comme la wilaya de Annaba est considérée comme un pôle industrielle connu par sa consommation en eau et ces effluents et il s'y ajoute aussi les divers utilisations des eaux ce qui donne un volume d'eau usée important qui doit être traité. Ceci donne l'importance à cette station qui peut avoir des impacts positifs et négatifs qui doivent être étudiés, ainsi que l'utilisation des eaux usées épurées occupe aujourd'hui une place importante au niveau nationale et internationale. Enfin, le thème constitue un sujet d'actualité en ce moment et il fait l'objet de nombreux articles sur la presse nationale et internationale. C'est les raisons pour lesquelles on a choisi la station d'épuration de la wilaya de Annaba comme exemple dans le cadre de notre projet de fin d'étude. A cet effet, nous nous sommes fixés la problématique de recherche suivante :

#### **Quels est l'efficacité de la STEP de Annaba et son impact sur la ville ?**

Pour mieux aborder cette interrogation, il reste donc à porter les éléments de réponses aux questions sou jacentes suivantes :

- 1- Quels sont les caractéristiques du milieu physique de la wilaya de Annaba?
- 2- Est-ce que le volume des ressources hydriques qui alimentent la région d'étude est suffisant ou non ? Et pourquoi ?
- 3- Enfin, la qualité de ses rejets engendre t-il des bénéfiques et contribue au développement socio-économique de la zone d'étude ?

Ce travail s'organise en quatre chapitres, une introduction et une conclusion générales :

- ✚ Nous avons commencé notre travail par le premier chapitre intitulé les notions théoriques sur les eaux usées, réseau d'assainissement et station d'épuration.
- ✚ Le deuxième chapitre est consacré à la présentation de la zone d'étude tout en décrivant le relief, la géologie, la tectonique, le cadre socio-économique et la présentation de la STEP.
- ✚ Dans un troisième chapitre, nous traiterons le climat, le bilan hydrique et l'hydrologie de la région.
- ✚ Enfin, on s'intéressera dans le quatrième chapitre à déterminer les impacts négatifs (impacts sur : les ressources en eau, le milieu naturel,...etc) ainsi que les impacts positifs via : l'appréciation des besoins et leurs confrontation avec les ressources existantes (scénario réel) sur la base duquel l'apport de la station à différentes capacités de production est déterminé, la possibilité de l'accroissement des surfaces agricoles et industrielles ainsi que la détermination de l'indice de pollution organique des eaux usées (à l'entrée) et épurées (à la sortie).



# Chapitre I

## ***NOTIONS THEORIQUES SUR LES EAUX USEES, RESEAUX D'ASSAINISSEMENT ET STATIONS D'EPURATION.***

## **I. 1. Introduction :**

Les stations d'épuration sont nécessaires pour réduire la pollution et la perturbation de l'écosystème.

Dans ce premier chapitre nous allons focaliser sur les principaux concepts de base à l'aide desquels nous allons étudier les différents concepts clés des eaux usées, réseau d'assainissement et stations d'épuration.

## **I. 2. Les eaux usées :**

### **I. 2. 1. Définitions :**

Les eaux usées sont des eaux rejetées après l'utilisation par les activités domestiques, industriels et agricoles arrive à la station d'épuration par un réseau de canalisation.

Une eau use appelée encore eau résiduaire est une eau qui a subi une détérioration après usage. La pollution des eaux dans son sens le plus large est défini comme "tout changement défavorables des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines." (Baumont et al., 2004).

#### **➤ Définitions des concepts liées aux eaux usées :**

\* La notion équivalent-habitant : correspond à la quantité d'eau polluée rejetée par un habitant quotidiennement.

\* La pollution d'eau : le mot pollution vient du verbe polluer qui veut dire dégrader, altérer, diminuer, souiller, donc la pollution d'eau c'est l'existence de matières n'étant pas présentes naturellement. Il entraîne une perturbation de l'écosystème.

\* Boue : désigne l'ensemble des résidus de l'activité biologique des micro-organismes vivants dans les stations d'épuration, qui transforment les matières transportées par les eaux usées pour qu'elles puissent en être extraites. Elles sont constituées essentiellement d'eau, de sels minéraux et de matière organique (ONA ,2016).

### **I. 2. 2. Les différents types des eaux usées :**

Ils existent quatre (04) types d'eaux usées. Ci-après on va essayer de les décrire :

#### **I. 2. 2.1. Les eaux usées domestiques :**

Désignent les eaux résiduaires qui proviennent des différents usages domestiques. Elles sont essentiellement porteuses de polluants organiques (Vaillant J R., 1974). La composition de ces eaux est à peu près la même pour toutes les habitations et elles sont subdivisées en deux catégories :

**\*Eaux grises :** sont les eaux des baignoires, douche, lavabos, éviers, machines à laver. Elles représentent près de 40% de notre consommation quotidienne. Ce sont des eaux peu chargées en matières polluantes, leur charge polluante est surtout composée de savons, de détergents (produits de nettoyage, de lessive, de vaisselle, l'hygiène personnelle...), de graisses et parfois des phosphates provenant de certains produits de lessives, est l'absence quasi-total de matières organiques azotées (protéine, urée), de résidus de médicaments (œstrogènes, antibiotiques) et de phosphores organique d'origine métabolique (Dekhil S W., 2012).

**\*Eaux noires :** ou eaux vannes sont les eaux usées issues des sanitaires. Elles contiennent diverses substances plus polluantes ou plus difficiles à éliminer tels que des matières fécales, des produits cosmétiques. Elles peuvent être un danger pour la santé car elles véhiculent des maladies d'origine virales et bactériennes (Rejsek F., 2002).

#### **I. 2. 2. 2. Les eaux usées pluviales :**

Ce sont les eaux de ruissellement (eaux pluviales, eaux d'arrosage des voies publiques, eaux de lavage des caniveaux, des marchés et des cours). Les eaux qui ruissellent sur les toitures, les cours, les jardins, les espaces verts, les voies publiques et les marchés entraînent toutes sorte de déchets minéraux et organiques : de la terre, des limons, des déchets végétaux, etc., et toute sortes de micropolluants (hydrocarbures, pesticides, détergents...etc (Desjardins R., 1997).

#### **I. 2. 2. 3. Les eaux usées industriels :**

Tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels. Cette définition concerne les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales. Ces eaux ont une grande variété et peuvent être toxiques pour les l'homme et les animaux.

Les eaux résiduaires sont celles qui ont été utilisées dans des circuits de réfrigération, qui ont servi à nettoyer ou laver des appareils, des machines, des installations, des matières premières ou des produits d'une usine, elles peuvent contenir des substances chimiques utilisées au cours des processus de fabrication (Baumont et al., 2004).

#### **I. 2. 2. 4. Les eaux de ruissellement dans les zones agricoles:**

Il s'agit de rejets liquides agricoles issus du ruissellement d'eau d'irrigation qui entraine des engrais des pesticides, des herbicides ou des rejets organiques dus à un élevage important (Dekhil S., 2012).

**I. 2. 3. Composition et caractéristiques des eaux usées :**

Le tableau 01 contient la composition caractéristique des eaux usées d'une façon générale.

**Tableau 01: Les composantes des eaux usées domestiques (Dekhil S., 2012) :**

Constituants	Concentration (mg/l)		
	Fort	Moyen	Faible
Solides totaux	1200	700	350
Solides dissous (TDS)	850	500	250
Solides suspendus	350	200	100
Azote (en N)	85	40	20
Phosphore (en P)	20	10	6
Chlore	100	50	30
Alcalinité (en CaCO3)	200	100	50
Graisses	150	100	50
DBO5	300	200	100

**I. 2. 3. 1. Les caractéristiques des eaux usées :**

❖ **Caractéristiques physiques :**

**\* PH :**

Le pH est la mesure de l'acidité de l'eau. Il exprime la concentration en ions hydrogène H<sup>+</sup> d'une eau. Les caractères plus acide (inférieur à 5) ou plus basique (supérieur à 8,5) altèrent les micro-organismes vivant dans une eau (la norme de l'OMS est comprise entre 6.5 et 9) (Rahou K B., 2014).

**\* Température :**

La température est un facteur écologique important du milieu. Elle permet de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision, en effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels. Elle agit aussi comme un facteur physiologique agissant sur le métabolisme de croissance des micro-organismes vivant dans l'eau (Said M., 2019).

**\* Conductivité :**

La conductivité est l'inverse de la résistivité, définie comme étant l'aptitude d'une eau (ou d'un matériau) à se laisser traverser par un courant électrique. La connaissance de ce paramètre, (ou de son inverse la résistivité), est précieuse dans la mesure où elle permet indirectement d'estimer la minéralisation de l'eau, car elle est proportionnelle à la teneur en sels dissous d'une eau et dont les valeurs représentatives sont prises à des températures voisines de 25°C et exprimées en µs/cm (Kesbi R., 2016)

**\*La turbidité :**

Représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence des matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les grains de silice et les micro-organismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence des matières colloïdales d'origine organique ou minérale (Said M., 2019).

**\* Matières en suspension (MES) :**

Ce sont les matières non dissoutes de diamètre supérieur à 1 $\mu$ m contenues dans l'eau. Elles comportent à la fois des éléments minéraux et/ou organiques et décantent spontanément. Elles sont exprimées en mg par litre (Harouach K. & Raach S., 2016).

**\* Matières décantables :**

De nombreuses particules peuvent constituer des impuretés d'une eau. Les techniques analytiques nécessaires à leurs déterminations dépendent des dimensions de ces particules. Les impuretés présentes dans l'eau ont pour origine soit des substances minérales, végétales ou animales. Les matières décantables sont les matières de grandes tailles, entre 40 micromètres et 5 millimètres et qui se déposent sans traitement physique et chimique (Said M., 2019).

**❖ Caractéristiques chimiques :****\* Oxygène dissous :**

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

Une eau très aérée est généralement sursaturée en oxygène (torrent), alors qu'une eau chargée en matières organiques dégradables par des micro-organismes est sous-saturée. En effet, la forte présence de matière organique, dans un plan d'eau par exemple, permet aux microorganismes de se développer tout en consommant de l'oxygène (Said M., 2019).

**\*Demande biologique en oxygène (DBO5) :**

Elle exprime la quantité de matières organiques biodégradables présentes dans l'eau, Plus précisément, ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie. Pour mesurer ce paramètre, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommé au bout de cinq jours. C'est la DBO<sub>5</sub>, demande biochimique en oxygène sur cinq jours. Elle est exprimée en mg d'oxygène par litre (Harouach K & Raach S., 2016).

**\*Demande chimique en oxygène (DCO) :**

C'est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire qui correspond à la quantité des matières oxydables par oxygène renfermé dans un effluent. Elles représentent la plus part des composés organiques (détergents, matières fécales) (Said M., 2019).

**\*Carbone organique total (COT) :**

Le carbone organique est constitué d'une grande diversité de composés organiques à plusieurs états d'oxydation, dont certains sont susceptibles d'être oxydés par des procédés chimiques ou biologiques.

Ces fractions sont caractérisées par la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique en oxygène (DBO).

Certaines matières organiques échappent à ces mesures ; dans ce cas, le dosage du COT est mieux adapté. Il est indépendant de l'état d'oxydation de la matière organique et ne mesure pas les éléments inorganiques tels que l'azote et l'hydrogène qui peuvent être pris en compte par la DCO et la DBO.

La détermination porte sur les composés organiques fixés ou volatils, naturels ou synthétiques, présents dans les eaux résiduaires (celluloses, sucres, huiles, etc.). Suivant que l'eau a été préalablement filtrée ou non, on obtiendra le carbone dissous (DCO) ou le Carbone Organique Total (COT).

Cette mesure permet de faciliter l'estimation de la demande en oxygène liée aux rejets, et d'établir éventuellement une corrélation avec la DBO et la DCO (Said M., 2019).

**\*Azote :**

L'azote est présent dans la nature sous trois formes chimiques (nitrates, nitrite et ammonium).

Le cycle de l'azote est caractérisé par trois réservoirs : azote organique (acides aminés, protéines...), azote minéral ( $\text{NO}_3^-$ ...) et composés gazeux ( $\text{N}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ...) et est régi par des processus chimiques et biologiques permettant le passage d'une forme azotée à l'autre. Le transfert de la forme ammonium vers les nitrites et les nitrates se fait par oxydation, cette réaction est rapide en présence de l'oxygène. La forte teneur en  $\text{CO}_2$  et la faible teneur en oxygène accroissent la concentration en ammonium dans l'eau (Haied N., 2015).

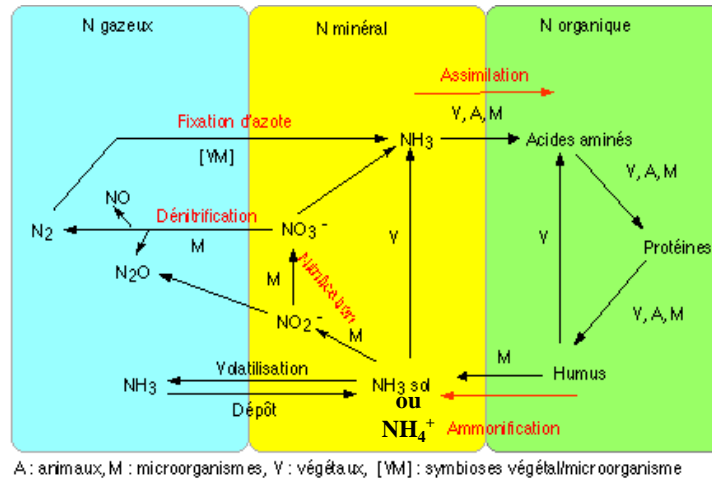
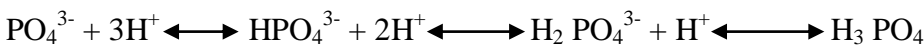


Figure 01 : Cycle de l'azote.

**\* Le Phosphates :**

Les phosphates peuvent se trouver sous différentes formes oxydées, méta  $HPO_3$ , pyro  $H_4P_2O_7$  et ortho  $H_3PO_4$ , en milieu aqueux, les formes méta et pyro tendant vers la forme ortho pour des pH de 5 à 8 (Haied N., 2015). Les réactions chimiques entre les différentes formes de phosphates sont données par :



**I. 3. Le réseau d'assainissement :**

**I. 3. 1. La structure du réseau d'assainissement :**

Le réseau d'assainissement des eaux usées d'une agglomération a pour fonction de collecter ces eaux pour les conduire à une station d'épuration.

La collecte s'effectue par l'évacuation des eaux usées domestiques, (et éventuellement industrielles ou pluviales) dans les canalisations d'un réseau d'assainissement appelés aussi collecteurs. Le transport des eaux usées dans les collecteurs se fait en général par gravité, c'est-à-dire sous l'effet de leur poids. Il peut parfois s'effectuer par refoulement, sous pression ou sous dépression.

Les canalisations sont en ciment, parfois en fonte ou en PVC, plus rarement en grès ou en acier. Lorsque la configuration du terrain ne permet pas un écoulement satisfaisant des eaux collectées, on a recours à différents procédés (pompage et/ou stations de relèvement) pour faciliter leur acheminement.

La protection du réseau contre l'encrassement et la corrosion est assurée en premier lieu par le prétraitement de certaines eaux industrielles avant leur rejet dans le réseau.

La régulation du flux, lorsque les eaux usées et les eaux pluviales sont mélangées, est assurée par des équipements destinés à retenir temporairement des arrivées d'eau



importantes et soudaines, les bassins d'orage. Dans certains cas ces débit peuvent être dérivés en partie ou totalement pour via des déversoirs d'orages où via des shunts en tête de station. De tels équipements permettent de ne pas perturber le bon fonctionnement des stations d'épuration et de limiter les risques d'inondation (Y.Libes., 2010).

### I. 3. 2. Les deux principaux types de réseau :

#### I. 3. 2. 1. Les réseaux unitaires :

Les réseaux unitaires qui évacuent dans les mêmes canalisations les eaux usées domestiques et les eaux pluviales. Ils cumulent les avantages de l'économie (un seul réseau à construire et à gérer) et de la simplicité (toute erreur de branchement est exclue, par définition) ; mais nécessitent de tenir compte des brutales variations de débit des eaux pluviales dans la conception et dimensionnement des collecteurs et des ouvrages de traitement (Y.Libes., 2010).

#### I. 3. 2. 2. Les réseaux séparatifs :

Les réseaux séparatifs sont les réseaux qui collectent les eaux domestiques dans un réseau et les eaux pluviales dans un autre. Ce système a l'avantage d'éviter le risque de débordement d'eaux usées dans le milieu naturel lorsqu'il pleut. Il permet de mieux maîtriser le flux et sa concentration en pollution et de mieux adapter la capacité des stations d'épuration (Y.Libes., 2010).

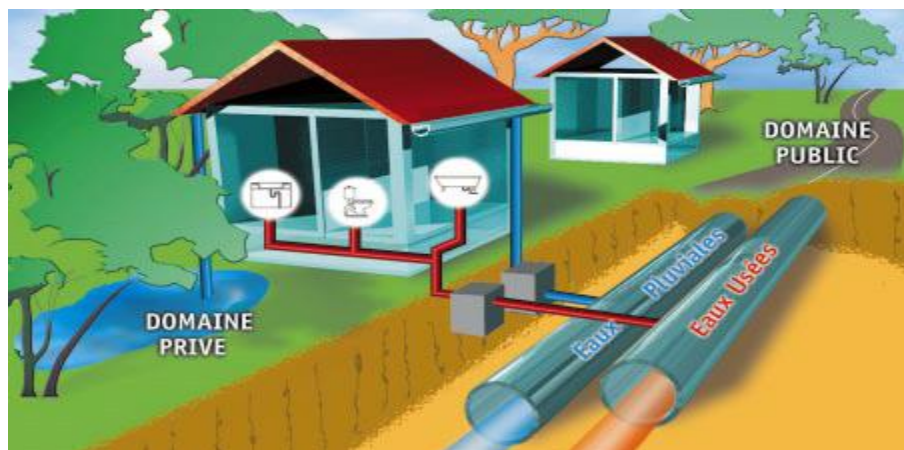


Figure 02 : Schémas du réseau séparatif (Y.Libes., 2010).

### I. 4. Stations d'épuration (STEP) :

#### I. 4. 1. Définition :

Une station d'épuration est un centre de traitement de l'eau pour éliminer la pollution et ses dégâts sur l'environnement et l'humanité. Généralement ; elle est installée à l'extrémité de la ville ou d'une agglomération. Sa structure dépend de la méthode et la capacité de traitement des eaux usées (Saadi M & Lahmar F A., 2018).



#### I. 4. 2. Les causes de traitements des eaux usées :

L'augmentation de la consommation d'eau a considérablement augmenté ces dernières années en raison de l'augmentation continue de la consommation d'eau. Cette augmentation est liée à l'accélération du progrès industriel, à l'augmentation de la population, au bien-être et à la qualité de la vie menant à un problème majeur causé par les déchets liquides. La notion de traitement des eaux usées a été introduite pour plusieurs raisons :

- Protéger l'environnement.
- Préservation des masses d'eau et des eaux souterraines de la pollution.
- Enrayer la propagation des épidémies et des maladies qui se forment en raison de la présence d'agents pathogènes dans les eaux usées.
- Réutilisation des eaux usées après traitement dans de nombreuses activités humaines.

#### I. 4. 3. Les méthodes de traitements des eaux usées :

A- L'assainissement autonome : il est financièrement impossible que la totalité de la population soit raccordé à un système d'épuration collectif. C'est pourquoi chaque commune doit déterminer sur son territoire les zones relevant de l'assainissement collectif et celle relevant de l'assainissement autonome (Y.Libes., 2010).

B- Le lagunage : le lagunage c'est un système extensif dans lequel l'eau usée circule à travers un ou plusieurs bassins peu profonds. Tandis que les matières en suspension décantent au fond des bassins, l'autoépuration est exercée de manière naturelle, et par conséquent assez lente, ce qui impose de longs temps de séjour et donc des ouvrages de grandes surfaces. Aucune source d'énergie n'est nécessaire car l'oxygénation est naturelle et la circulation de l'eau se fait en gravitaire. Le lagunage est particulièrement intéressant pour les collectivités qui disposent du terrain nécessaire et qui n'ont pas les moyens financiers et humains pour entretenir une usine d'épuration (UNESCO., 2008).



**Figure 03 : Traitement par lagunage.**

### C- Les stations d'épuration et les procédés de traitement :

Les stations d'épuration sont dimensionnées pour traiter une certaine charge de pollution et assurer un rejet conforme à l'arrêté préfectoral d'autorisation.

#### I. 4. 3. 1. Le traitement d'eau :

##### A- Les prétraitements :

Les effluents doivent subir avant le traitement proprement dit, un prétraitement comportant un certain nombre d'opérations à caractère physique ou mécanique. . Le but est dans ce cas d'extraire et d'éliminer de l'eau les éléments solides en suspension ou en flottation et qui pourraient constituer une gêne pour les traitements ultérieurs.

Les traitements successifs sont :

- Le relevage.
- Le dégrillage.
- Le dessablage-déshuilage.

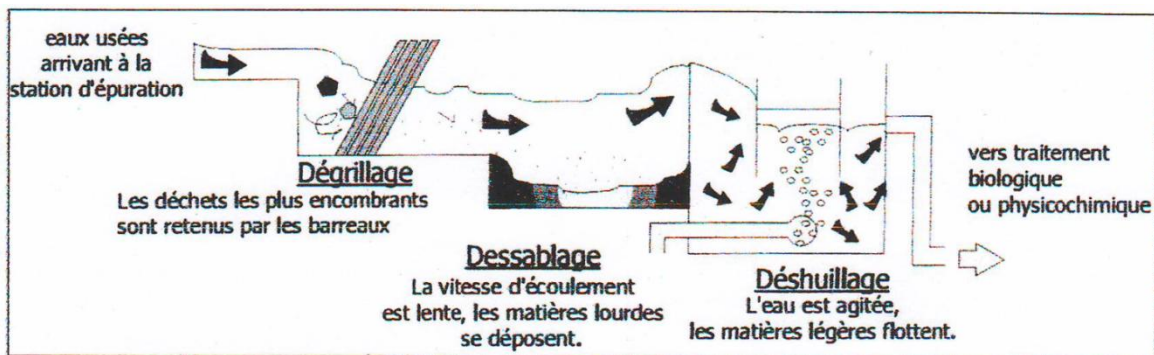


Figure 04 : Les prétraitements (source : Y Libes., 2010).

#### I. 4. 3. 2. Le traitement primaire :

La décantation primaire permet d'éliminer 70% environ des matières minérales et organique en suspension qui se déposent au fond du bassin où elles constituent les boues dites primaires. Les performances de la décantation peuvent être améliorées par l'adjonction de produits chimiques (sulfate d'alumine, chlorure ferrique, agents de coagulation...). Cette technique qu'on appelle « floculation » permet de capter 90% des matières en suspension (INRS éd5026, 2004).

Le traitement primaire est une étape facultative et dans de nombreuses STEP, les eaux usées prétraitées sont directement acheminées vers la phase de traitement secondaire.

#### I. 4. 3. 3. Le traitement secondaire :

Si les prétraitements font appel à des procédés physiques, le traitement secondaire est une épuration biologique qu'il s'agit d'un système d'épuration aérobie, c'est-à-dire nécessitant un apport d'O<sub>2</sub>. La culture bactérienne est maintenue dans un bassin aéré et brassé. Les matières organiques contenues dans l'eau se transforment en carbone sous forme de CO<sub>2</sub> sous l'action des

bactéries. Les résidus ainsi formés, contenant ce stock de bactéries, sont appelés «boues» (Miquel M. G., 2003).

Parmi la large gamme de procédés existants, nous décrirons les principales technologies suivantes:

- Les boues activées
- Le lit bactérien.
- La bio filtration.
- Les disques biologiques.
- Procédé physico-chimiques.

#### **I. 4. 3. 4. Le traitement tertiaire :**

Il s'agit d'un ou plusieurs traitements complémentaires qui améliorent un paramètre spécifique de la qualité de l'eau rejetée en vue de protéger le milieu récepteur dans une zone localement plus vulnérable. Parmi les traitements existants, nous pouvons citer :

##### **\*La désinfection :**

Elle est nécessaire lorsque les eaux usées traitées sont rejetées dans un milieu aquatique à usage balnéaire (plages, zones d'activités nautiques ou touristiques...) ou pour diminuer le risque de contamination humaine (prise d'eau potable, conchyliculture...). Pour éliminer les germes pathogènes, les techniques classiques sont utilisées : chloration, ozonation ou irradiation par rayonnement ultraviolet (UV). Cette technique nécessite par ailleurs des eaux claires. Si la place le permet, le lagunage peut également être utilisé pour réduire la quantité de microorganismes pathogènes (Renou S., 2006).

##### **\*Les traitements de finition :**

Pour certains usages, il est conseillé d'atteindre des concentrations très basses en MES, en DBO, en DCO, en azote ou en phosphore. Plusieurs procédés peuvent alors être utilisés comme traitement d'affinage. L'avantage de mettre un traitement tertiaire est de pouvoir cibler le paramètre polluant à traiter et de dimensionner l'ouvrage en conséquence. C'est le cas de la filtration sur sable qui permet de réduire les MES. Des traitements secondaires, comme la bio filtration ou le lagunage, sont également employés. Enfin, pour les petites STEP, lits d'infiltration/percolation jouent le rôle de filtres et de traitement biologique poussé (Renou S, 2006).

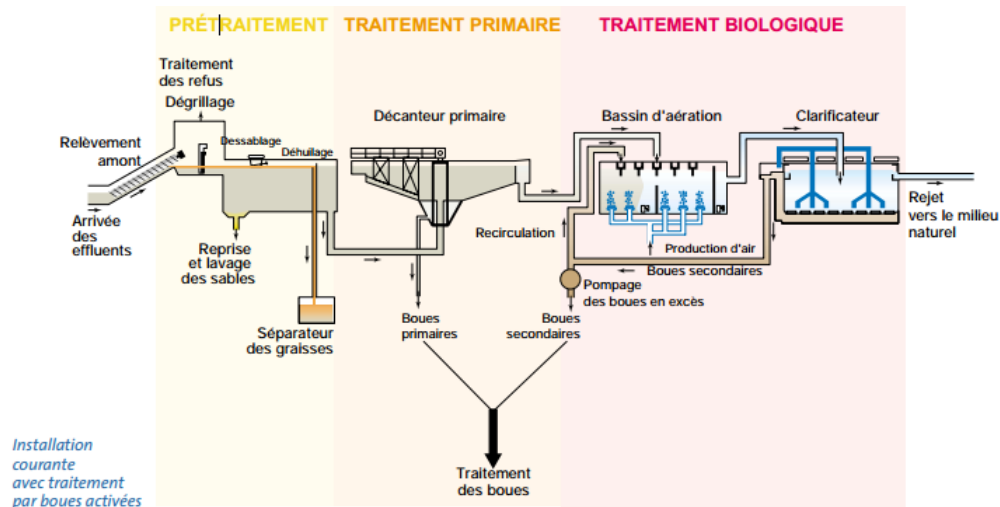
##### **\*Le traitement sur charbon actif :**

Il peut être intéressant pour l'élimination de certaines molécules résistantes aux traitements biologique, bien souvent lorsque la STEP accueille des eaux industrielles. Il permet par exemple d'enlever la couleur de l'effluent (Renou S., 2006).

##### **❖ Le traitement des boues :**

Les étapes de conditionnement de la boue ont pour objectifs :

- D'en réduire le volume.
- De stabiliser la boue (suppression des odeurs).
- D'hygiéniser la boue (réduction des germes pathogènes).
- De conditionner la boue pour une valorisation matière ou énergétique. (Renou S., 2006)



**Figure 05 : Les étapes de traitements en STEP (INRS., 2004).**

**I. 4. 4. L'utilisation des eaux et des boues traitées :**

L'utilisation des eaux traitées peut bénéficier également aux municipalités (espace verts "arrosage ou jardinage", lavage des rues, lutte contre les incendies...), aux industries (refroidissement) et au renouvellement des nappes (protection contre l'intrusion des biseaux salés en bord de mer) et permet de lutter contre la pollution des ressources en eau (oueds, barrages, nappes phréatiques...) (ONA 2016). Les boues avant d'être utiliser, on doit faire appel à plusieurs étapes de traitement pour la valoriser et la rendre utilisable. Leurs utilisations sont multiples :

- Epandage : apports des boues sur le sol.
- Compostage : engrais, amendement.
- Sondre : matière volatile et matière minérale résiduelle après incinération.
- Méthanisation : valorisation thermique, électrique au moins 40% de méthane, énergétique mixte ou cogénération, production du biocarburant un minimum de 96% de méthane et l'injection du méthane épuré dans le réseau de gaz naturel (pas encore autorisée).
- La fabrication des granulats légers.

**I. 5. Conclusion :**

Enfin, on peut conclure que les eaux usées sont collectées dans le réseau d'assainissement à l'arrivée de la station d'épuration pour passer par plusieurs étapes de traitements avant d'être rejetées dans le milieu naturel ou bien réutiliser alors que les boues sont traitées pour être utilisées dans différents secteurs, tout ça dans le cadre de la durabilité et la préservation des ressources en eau.

## **Chapitre II**

### ***PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.***

**II. 1. Introduction :**

Dans ce chapitre en va essayer tout d'abord de mieux positionner notre zone d'étude (la wilaya de Annaba) et spécifiquement sa station d'épuration dans un contexte géographique et administrative, établir une étude du cadre physique, d'avoir une idée sur les formations géologiques ainsi que les caractéristiques socio-économiques.

**II. 2. Présentation de la zone d'étude :****II. 2. 1. Toponymie :**





Annaba est l'une des plus anciennes cités de l'Algérie, fondée en 1295 avant J. C., connue sous les noms successifs d'Ubon, Hippo Regius, Hippone, Bouna, Bled El Aneb, Bône, et enfin, Annaba.

Autrefois, on l'appelait Bilad Al Unnâb, c'est-à-dire la ville des jujubes, à cause de la grande richesse de ce fruit dans cet endroit (Mrikhi Y., 2010).

**II. 2. 2. Situation géographique et administrative :**

Annaba est une ville côtière de l'Est Algérien. Elle est située à 600 km d'Alger et la 3<sup>ème</sup> ville principale du pays, après la capitale Alger et Oran. Elle s'étend sur 1439 km<sup>2</sup> (SRAT) avec 80 km sur le littoral méditerranéen. Ses coordonnées : longitude **7° 40' E** et la latitude **36° 30' N**.

Elle est limité par :

-  Au Nord par la mer Méditerranée.
-  A l'Est la wilaya d'El Tarf.
-  Au Sud la wilaya de Guelma et Souk Ahras.
-  A l'Ouest par la wilaya de Skikda.

Sa population est de 609 499 habitants avec un taux d'accroissement de 0.9% (selon RGPH 2008). La wilaya de Annaba découpée administrativement en 06 Daïra et 12 communes. Elles sont représentées dans le tableau suivant :



**Tableau 02 : Découpage administratif de la wilaya de Annaba.**

N°	Daïra	Commune	Superficie km <sup>2</sup>
01	Annaba	Annaba	49
		Seraïdi	139
02	El Bouni	ElBouni	95
03	El Hadjar	El Hadjar	63
		Sidi Amar	43
04	Berrahal	Berrahal	181
		Treat	126
		Oued El Aneb	191
05	Ain El Berda	Ain El Berda	138
		El Eulma	162
		Cheurfa	98
06	Chetaïbi	Chetaïbi	135

**Source : Monographie 2013.**



**Figure 06 : Situation géographique et administrative de la wilaya de Annaba.**

(Monographie 2013).

### II. 2. 3. Cadre physique :

#### II. 2. 3.1. Relief :

##### II. 2. 3.1.1. Montagnes :

Ils représentent une superficie de 736 km<sup>2</sup> avec un pourcentage de 52,8% de la superficie totale de la wilaya. Ils entourent chacune des communes de Shataybi, Al-Tari'at et Wadi Al-Aneb. Cette zone se compose d'un groupe de blocs : bloc Al-Idug (600-1100 m), bloc Ras Al-Hadid et Shuaiba (550 m), chaîne numidienne (600 m), les collines et les pieds des montagnes (400-600 m) (Foufou A., 2018).



### II. 2. 3.1.2. Plaine :

Elle s'étend de la dépression du bassin de la Fetzara jusqu'à la zone d'Al-Sabakh à l'est de la wilayat d'El-Tarf et occupe une superficie de 255 km<sup>2</sup>, soit 18% de la superficie totale ; la Grande Plaine (Fatzara) et la Petite Plaine (Kharazah) (Djorfi S., 2012).

### II. 2. 3.1.3. Plateaux:

Ils occupent une superficie de 56 km<sup>2</sup>, représentant 4% de la superficie totale. Les plus importants d'entre eux sont le plateau de Seybousse et le plateau de Bounamoussa (Foufou A., 2018).

### II. 2. 3.1.3. Pentes : d'après Mrikhi Y., 2010, il existe 04 catégories de pentes :

**\*La 1<sup>er</sup> catégorie (0 - 03%) :** représente 21,35% de la superficie totale et comprend toute la superficie de la plaine, y compris le lac Fezzara et les villes : Annaba, Al-Bouni, el-Hadjar et Sidi Salem.

**\*La 2<sup>ème</sup> catégorie (03-12%) :** représente 26,67% de la superficie totale et comprend plusieurs communes : Al Eulma, Chorfa, Al-Tari`at et Oued El Aneb.

**\*La 3<sup>ème</sup> catégorie (12-25%) :** représente 19,41% de la superficie totale répartis en petites proportions dans le Nord, le centre et l'extrême Sud.

**\*La 4<sup>ème</sup> catégorie (plus de 25%) :** représente 32,55% de la superficie totale, ce sont des pentes fortes et raides et se localisent dans l'extrême Nord, en particulier les montagnes Edough et Ain Al-Berda au Sud.

## II. 2. 4. Géologie :

### II. 2. 4. 1. Géologie régionale :

#### A- Complexe cristallophyllien :

En Algérie, le massif de l'Edough est le plus oriental des massifs cristallophylliens du littoral (figure 7) (Gleizes & al., 1988). C'est un massif cristallin externe de la chaîne Alpine périméditerranéenne, considéré souvent comme étant la continuité des massifs internes kabyle de la chaîne des maghrebides.

Il se présente en un brachyanticlinal à prédominance de gneiss entourés de micaschistes à intercalations de marbres, d'amphibolites et de schistes satinées (Villa J. M., 1980), il s'étend de 50 km de long sur 20 km de large et d'orientation axiale N60 (figure 7).

**B- Subdivision du complexe :**

D'après les travaux de G. Gleizes et al (1988) le massif de l'Edough pourrait être subdivisé en trois unités :

- L'unité supérieure
- L'unité intermédiaire
- L'unité de base

**➤ L'unité supérieure :**

Elle affleure essentiellement au Cap de Garde, elle est composée de micaschistes à grenats, de sericitoschistes, de chloritoschistes et de quartzites. Elle contient des niveaux caractéristiques de tourmaline qui forment parfois des amas ou des lentilles souvent très continue. La découverte d'Acritarches dans les intercalations de quartzites et de lydiennes précise l'âge paléozoïque de cette série (Ilavsky & Snopkova.,1987). Les schistes contiennent une grande quantité de grenats et de baguettes d'andalousite et de staurotide. Vers sa base s'intercale une dalle de gneiss ocellés dont la puissance varie de 10 à 100 m issue de la déformation d'un leucogranite : il s'agit en effet de roches claires pratiquement dépourvus de biotites, toujours riche en tourmaline à grains grossiers et à texture porphyroïde, il existe aussi des faciès à grain fin d'aspect léptynitique. Les horizons de tourmaline dans les micaschistes sont plus nombreux à l'approche de la lame de gneiss. Le contact entre cette unité et l'unité intermédiaire est anormal, matérialisé par une faille majeur (le cas du Cap de Garde).

**➤ L'unité intermédiaire :**

Elle est caractérisée par une alternance de micaschistes à grenats et parfois même à disthène et de calcaires métamorphiques.

Les micaschistes ne forment que des lames d'épaisseur réduite (quelques mètres à une centaine de mètres) sauf dans le secteur périphérique de Cap de Garde où ils réapparaissent en position verticale avec une épaisseur cumulée de plus de 1000 m.

Ces micaschistes riches en feldspaths sont jalonnés par un ou plusieurs horizons de marbres constitués presque uniquement de calcite bien cristallisée et d'autres minéraux accessoires comme la muscovite, phlogopite, pyrite, diopside, trémolite, grenat.

Outre les marbres on rencontre aussi des amphibolites et des pyroxénites souvent réduit à des amas plus au moins continus à lenticulaires.

Au Cap de garde le contact entre les marbres et les micaschistes est souligné par des skarns.

Le contact entre cette série et la série gneissique de base est parallèle à la foliation régionale (Hamor D., 1992).

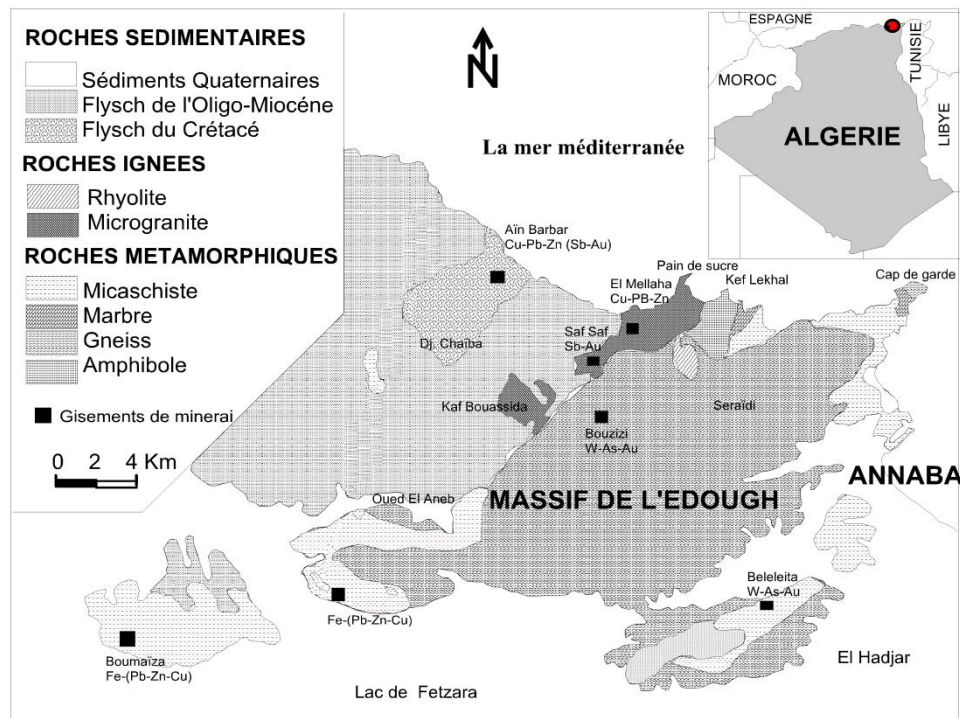


Figure 07 : Carte géologique du massif de l'Edough (Laouar & al., 2002).

➤ **L'unité de base :**

On y distingue des gneiss clairs, des gneiss sombres et des leptynites. L'ensemble constitue le cœur de l'anticlinal et sont observés à la périphérie grâce aux accidents tectoniques.

Cette unité gneissique est riche en matériel quartzo-feldspathiques, en micas, sillimanite et parfois tourmaline.

Les gneiss clairs sont pauvres en biotite et sont caractérisés par de gros yeux de feldspath de 3 à 5 cm.

Quand aux gneiss sombres, on les trouve à la périphérie du massif tel que le Cap de Garde, au Nord du massif de Beléléita et au Sud Ouest de Berrahal. Ce sont des gneiss finement lités, très riches en biotite, renfermant des grenats et de la tourmaline.

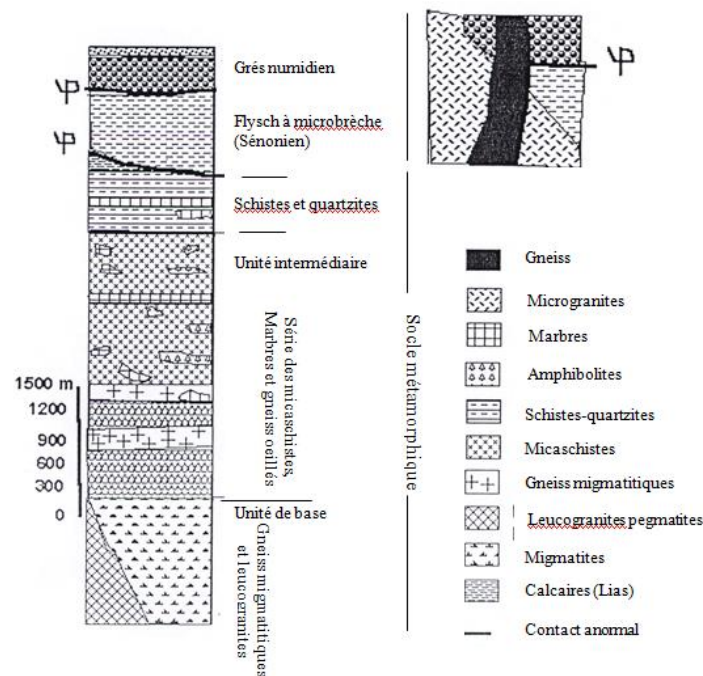
Les leptynites sont des niveaux holo-leucocratiques riches en quartz, feldspath, muscovite et renfermant parfois des grenats et de la tourmaline qui forment souvent des linéations parallèles à la foliation.

### C- Les roches ignées :

Selon (Hilly J., 1962) les roches ignées du massif de l'Edough font partie d'une même série calco-alcaline et peuvent être divisées en quatre groupes :

- Groupe microgranodioritique
- Groupe rhyolitique
- Groupe dioritique
- Groupe andésitique
- **Groupe microgranodioritique**

C'est le groupe le plus important dans le massif de l'Edough. Il se présente selon le cas, en dykes, en petits pointements, en bosses ou laccolites plus ou moins étendues. La profondeur de mise en place diminue de l'Est à l'Ouest. Il affleure à Oued El Afris (ou pain de sucre) et dans la région de Saf-Saf au Nord de l'Edough. Il recoupe les gneiss et les micaschistes. Le quartz est rarement visible à l'œil nu (Djerrab & Gherbi, 1991).



**Figure 08 : Colonne lithologique du massif de l'Edough (D'après Hammor, 1992).**

#### ➤ Groupe rhyolitique :

On le rencontre au Nord Ouest de l'Edough, il se présente soit en filon soit en massif. Les rhyolites massives présentent des phénocristaux millimétriques de quartz, feldspath, biotite et tourmaline.

Il est à noter la présence d'enclaves de gneiss, de micaschistes, de grès numidien, flysch Sénonien et microgranite au sein de rhyolites. Par contre les filons rhyolitiques sont

des roches blanchâtres constituées d'une matrice microlitique, de biotite et quartz. Quand aux groupes dioritique et andésitique, ils ne se situent pas exactement dans le massif de l'Edough, mais plutôt du côté du Cap de Fer et de Chetaïbi.

#### **D- Les roches sédimentaires :**

On distingue deux types de flyschs recouvrant partiellement le massif :

##### ➤ **Les flyschs ou grés numidiens (Oligo-Miocène) :**

Montre une alternance de grosses barres métriques à décamétriques de grés grossier à dragées de quartz et de minces couches pelitiques dans les bancs de grés très minces à la base, formant de grosses barres au sommet de la série (Laouar & al., 2002).

Les flyschs numidiens reposent sur les flyschs sénonien et sont séparés d'eux par une zone bréchique intensément silicifiés et chloritisé.

##### ➤ **Les flyschs sénoniens (Maestrichtien) :**

Ils affleurent sous le numidien en fenêtre près d'El Mellaha et Saf-Saf au Nord-Ouest du massif. Ils sont transgressifs sur le socle métamorphique. Ils présentent l'aspect du schistes argileux de teinte noir bleutée devenant verdâtre suite à l'altération et intercalé avec 20 à 50 cm de calcaire sableux et une microbrèche calcaire de couleur gris bleuté (Laouar & al., 2002).

On note aussi des indices de traces de matériels volcano-clastique (fragments de lave vitreuse ou microlitique).

#### **E- Tectonique :**

Au moyen de photographie aériennes et de levés géophysiques (EREM) à travers le massif de l'Edough, Aissa ; 1985 a classé les accidents tectoniques en :

##### ➤ **Accidents tectoniques importants :**

Une première famille dont l'orientation varie de NW-SE à WNW-ESE avec la direction la plus fréquente de N120° à N150° et que l'orientation N140° à N150° d'un bon nombre de dykes permet de conclure que cette famille correspondrait à un système de failles décrochantes dextres (mont Eddikra, Kef Guelâa).

Une deuxième qui semble être conjuguée à la première, dirigée NNE-SSW (direction fréquente N28° en moyenne), cette famille correspondrait à un système de failles décrochantes sénestres. Il y a aussi les mêmes accidents au NW du massif dans les petits massifs microgranitiques.

Des rares accidents tectoniques profonds d'orientation Est-Ouest (au Sud de la Voile Noire et au Sud de Koudiet Tenfous) et d'autres au Sud de Karezas (A Sattor., 1968) de pendage 55° à 70° vers le sud, affectées par une silicification et d'une tourmalinisation.

➤ **Petites fractures :**

Dans les roches métamorphiques, ce sont des petites failles normales et inverses d'étendue relativement faible (horizontale et verticale) et de pendage variant entre 45° et 90°. Prés des filons métallifères elles sont remplies par du quartz et de rares sulfures.

**F- La minéralisation :**

La métallogénie du massif de l'Edough se distingue particulièrement par les gîtes polymétalliques d'Aïn Barbar et des gisements ferrifères et arseno-wolframifères du versant Sud. Les autres minéralisations essentiellement filoniennes recourent le socle et sa couverture, sont d'une importance moindre. Elles se sont probablement développées lors de la circulation des fluides hydrothermaux le long du réseau de fractures liées probablement à la mise en place des roches microgranodioritique et rhyolitiques.

**II. 2. 5. Cadre socio – économique :**

**II. 2. 5. 1. Transports :**

Annaba dispose d'une gare ferroviaire située à proximité de la gare maritime et de la gare routière. Elle dispose d'un aéroport situé à 9 km au Sud de la ville. Des vols opérés par la compagnie Air Algérie reliant Annaba à Alger et à Oran, et aux villes françaises de Paris, Lyon et Marseille.

**II. 2. 5. 2. Agriculture :**

La zone d'étude fait partie de la zone agricole méditerranéenne. Les cultures qui y sont pratiquées sont principalement des cultures d'hiver, des cultures d'été pendant la période sèche ou l'on pratique l'irrigation, et d'autres produits qu'on peut cultiver toute l'année.



## A- L'irrigation :

**Tableau 03 : Présentation du périmètre agricole irrigué dans la wilaya.**

La wilaya	SAT (ha)	SAU (ha)	SAU en Irrigué (ha)
Annaba en 2008	585448	48177	6050

Source : MADR 2014.

## B- Le cheptel :

**Tableau 04 : Nombre de cheptel dans la wilaya.**

La wilaya	Ovin	Bovin	Caprin	Equins	Mulet
Annaba en 2008	41089	15683	2723	51	103

Source : MADR 2001.

## II. 2. 5. 3. Industrie :

La wilaya de Annaba dispose d'un pôle industriel formé principalement des complexes de SIDER d'El Hajar, FERTIAL (ex ASMIDAL) et FERROVIAL (anciens ateliers de transformation métallique), ainsi que 260 autres unités PME/PMI qui activent dans le domaine de la sous-traitance et dans l'agro-industriel.

**Tableau 05 : Zones industrielles de la wilaya d'Annaba.**

Nom de la zone	Superficie Totale (ha)	Superficie Cessible (ha)	Superficie Disponible (ha)	Nbr de lots créés	Création
ZI Pont Bouchet	117	102	0	63	1975 par URBAN
ZI Berrahal	122	118	0	86	1990 par AFIWA
ZI Meboudja	63	57	0	57	1975 par URBAN
ZI M.I.N.	51	40	0	61	1990 par URBAN

Source : Monographie 2013.

Tableau 06 : Zones d'activités de la wilaya d'Annaba.

Nom de la zone	Superficie Totale (ha)	Superficie Cessible (ha)	Superficie Cédée (ha)	Nbr de lots créés
Sidi Salem	11,5	9,8	9,8	81
El Hadjar	1,9	1,5	1,5	27
Ain Berda	13,5	11,1	8,9	171
El Eulma	5	5	5	1
Oued El Aneb	9,7	9,1	6,7	44
Boukhmira	8,5	6,7	6,7	123
El Gantra	4,2	3,5	3,5	21

Source : Monographie 2013.

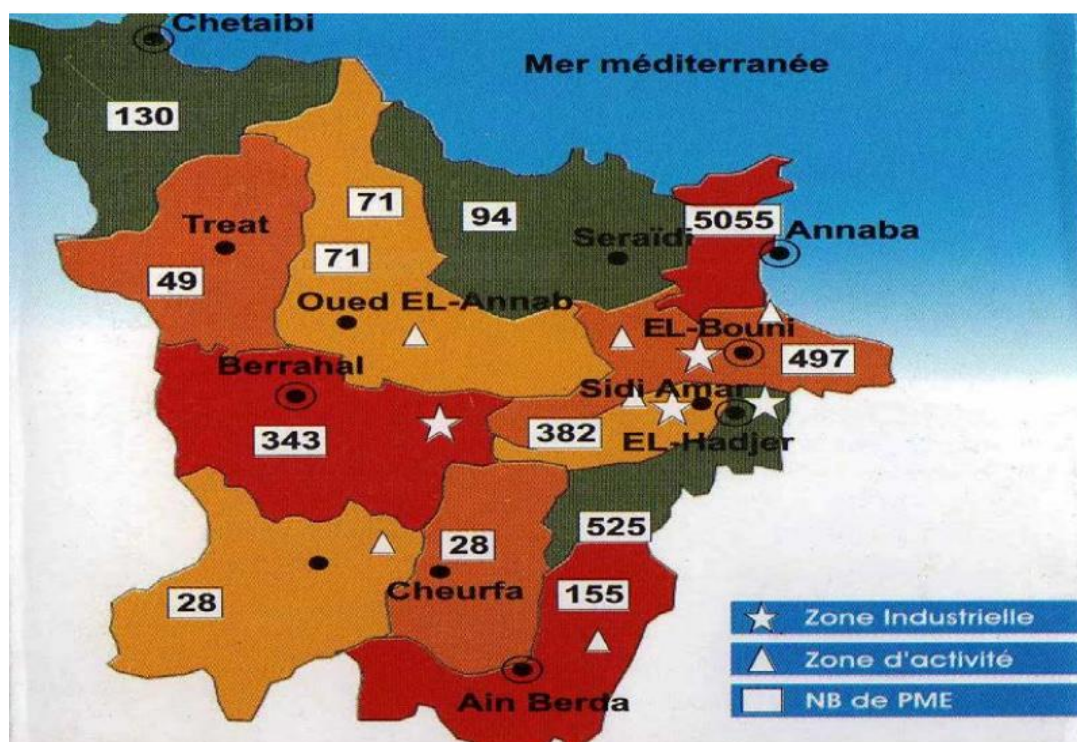


Figure 09: Localisation des zones industrielles et zones d'activités dans la wilaya de Annaba (Monographie 2013).

### II. 3. Présentation de la STEP de Annaba :

#### II. 3. 1. Situation de la station d'épuration :

Le site d'implantation de la station d'épuration de l'Allélik est à la commune d'El-Bouni, elle est défini par l'étude d'assainissement de l'oued Seybouse. La commune en question est située à l'Est de la wilaya de Annaba, elle compte 06 agglomérations



secondaires, Sidi Salem, Haï Es Sarouel, Chabbia, Cité 01 Mai 1956, Oued Ennil et Aïn Djebbarra (Bouzbid F.E.Z. & Mechri K., 2015), limité :

- Au Nord : par Seraïdi, Annaba ;
- Au Sud : par Sidi Amar, El Hadjar ;
- A l'est : par (wilaya d'El Tarf) ;
- Et à l'ouest : par Barrahel, Oued El Aneb.



**Figure 10 : Situation géographique de la STEP de Annaba.**

### II. 3. 2. Alimentation en eau potable et réseau d'assainissement :

L'alimentation en eau potable est assurée par un réseau de 1.205 Km de longueur. Les ressources mobilisées sont de l'ordre de 92,6 millions de m<sup>3</sup>/an et proviennent des eaux superficielles et souterraines.

En ce qui concerne l'assainissement, elle est assurée par un réseau de 1.033 Km de longueur de type unitaire (c'est-à-dire ; englobe tous en même temps ; les égouts, les rejets industriels, individuels...etc.) (Bouzbid F.E.Z. & Mechri K., 2015). Les eaux usées de la STEP proviennent de :

- la ville de Annaba Ø1200.
- El Bouni Ø700.
- Sidi Salem Ø600.

**II. 3. 3. Station d'épuration de l'Allelik :**

La station d'épuration de l'Allélik, située à 05 kilomètres au Sud de la ville de Annaba, elle est fonctionnelle depuis Juillet 2010 à raison de traiter environ : 5 924 m<sup>3</sup>/h soit : 1,64 m<sup>3</sup>/s au temps sec et 8 884 m<sup>3</sup>/h soit : 2,46 m<sup>3</sup>/s au temps pluie.

La station est implantée sur un terrain agricole de 7.8 Hectares avec un volume de 83 620 m<sup>3</sup> une capacité 580 700 équivalent/habitant (674 000 éq/h à l'horizon 2035). Elle utilise le procédé de culture libre « boue activée » comme procédé d'épuration (Bouzbid F.E.Z. & Mechri K., 2015) .

**II. 3. 4. Raisons du choix :**

Le site présente les avantages suivants :

- Facilité d'accès,
- Présence de la ligne électrique à basse tension à proximité,
- Il est non inondable.

**II. 3. 5. Contexte paysager :**

L'environnement paysager du projet est principalement constitué par des terres agricoles en bordure de l'oued Seybouse.

**II. 4. Conclusion :**

Nous concluons que Annaba est une ville littorale qui a été conquis par plusieurs civilisations. Géologiquement, la région de Annaba est caractérisée par l'existence des trois types de roches à savoir les roches sédimentaires d'âge allant du secondaire au quaternaire, les roches métamorphiques (massif cristallophyllien de l'Edough) ainsi que les roches ignées (région de Chétaibi). Tectoniquement, la région de Annaba se caractérise par une série de grandes failles.

Les qualités industrielles et agricoles ainsi que le manque de ressources en eau (superficielle et souterraines) suffisantes de la wilaya de Annaba a inciter les autorités à construire la STEP de l'Allelik afin de réutiliser et de préserver les ressources en eau de la pollution et de ses effets.

# Chapitre III

## ***HYDROCLIMATOLOGIE.***

### III. 1. Introduction :

L'étude du climat est d'une grande importance pour l'espace en générale et pour les ressources en eau en particulier.

Les éléments climatiques sont des éléments naturels qui contrôlent le système de ruissellement de surface et souterrain et qui permettent de calculer les indicateurs climatiques et d'établir le bilan hydrique. Donc ils doivent être soigneusement étudié et compris.

Dans notre étude, on s'est basé sur les données climatiques (précipitations et températures) de la station météorologique des Salines (Annaba) sur une période de 10 ans (2010-2020).

### III. 2. Eléments du climat :

Le climat est l'ensemble des conditions atmosphériques qui règnent dans une région donnée.

Pour déterminer les éléments du climat de la région de Annaba, on a utilisé les données de la station météorologique des salines dont les caractéristiques sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau 07 : Caractéristiques de la station des salines (Annaba).**

Station	Altitude (m)	Coordonnées UTM			Période d'observation
		X	Y	Z	
Salines	03	955.200	403.200	03	2010–2020

**Source : ONM Annaba 2021.**

#### III. 2. 1. Les précipitations :

Les précipitations sont les quantités des eaux météoriques liquides (pluie), solides (neige) ou gazeuse (brouillard, rosée) qui tombent sur la surface de la terre (Foufou .A, 2018). Les précipitations constituent l'apport en eau et sont mesurées en millimètres (mm).

##### III. 2. 1. 1. Les précipitations moyennes mensuelles :

Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles de station des salines -Annaba- sont représentées dans le tableau suivant :

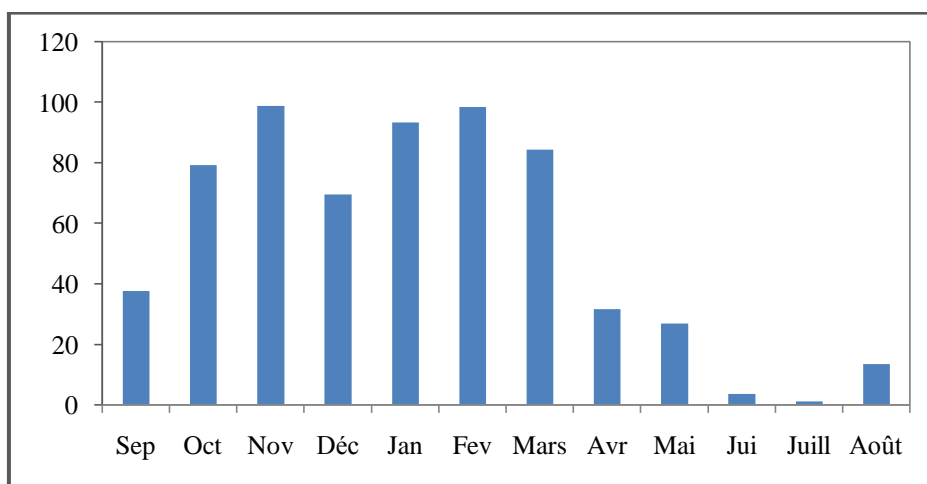
**Tableau 08 : Variations des précipitations moyennes mensuelles (2010-2020).**

Mois / Station	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Salines	37.64	79.32	98.84	69.61	93.43	98.49	84.42	31.60	26.86	3.48	1	13.34

**Source : Station des Salines (Annaba) 2021.**

Selon le tableau 08 les précipitations de la wilaya d'Annaba sont caractérisés par une irrégularité très marquée et nous pouvons constater que :

- Le mois le plus pluvieux est celui de **Novembre** avec une valeur de **98.84 mm**.
- Le mois le plus sec est celui de **Juillet** avec une valeur de **1 mm**.



**Figure 11 : Histogramme de la variation des précipitations moyennes mensuelles (2010-2020).**

**III. 2. 1. 2. Répartition saisonnière des précipitations :**

L'année est composée de quatre saisons qui sont :

- L'automne (Septembre, Octobre et Novembre).
- L'hiver (Décembre, Janvier et Février).
- Le Printemps (Mars, Avril et Mai).
- L'été (Juin, Juillet et Août).

**Tableau 09 : Variations saisonnières des précipitations (2010-2020).**

Saisons / Station	Automne		Hiver		Printemps		Été		Totale	
	mm	%	Mm	%	Mm	%	Mm	%	Mm	%
Salines	215.8	34	261.53	41	142.88	22	17.82	3	638.03	100

Selon le tableau 09 nous observons que les précipitations se diffèrent d'une saison à l'autre :

- L'Hiver est la saison connaissant la plus forte pluviosité avec 261.53 mm soit 41% de la totalité des pluies.
- En automne les précipitations sont de 215.8 mm soit 34% de la totalité des pluies.
- Au printemps les précipitations sont de 142.88 mm soit 22% de la totalité des pluies.
- L'Eté est la saison sèche avec la plus faible pluviosité par rapport aux autres saisons avec 17.82 mm soit 3%.

Ce qui implique que le climat d'Annaba est un climat **HAPE**.

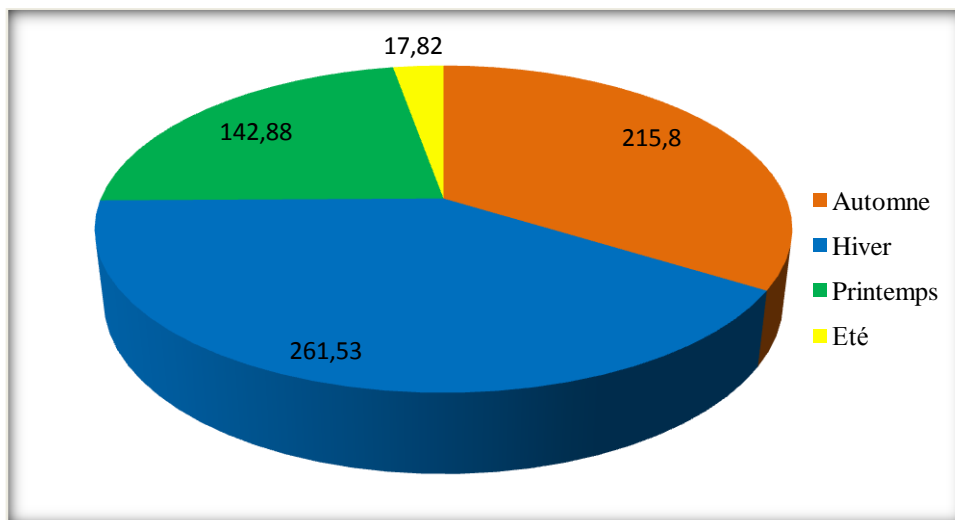


Figure 12 : Répartition saisonnière des précipitations (2010-2020).

### III. 2. 1. 3. Les précipitations moyennes annuelles :

Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 638.03 mm, les variations interannuelles sont reportées dans le tableau 10.

La variabilité interannuelle des précipitations est exprimée par le coefficient pluviométrique (CP). Ce paramètre est très important dans la détermination des années excédentaires et déficitaires (in Haied N., 2015). Il est obtenu par le rapport de la pluviométrie d'une année à la pluviométrie moyenne d'une série à une station, il est calculé par la formule suivante :

$$CP = \frac{P}{\bar{P}}$$

Le coefficient pluviométrique est en relation proportionnelle avec la pluviométrie.

Nous avons deux cas :

- CP > 1: année excédentaire.
- CP < 1: année déficitaire.

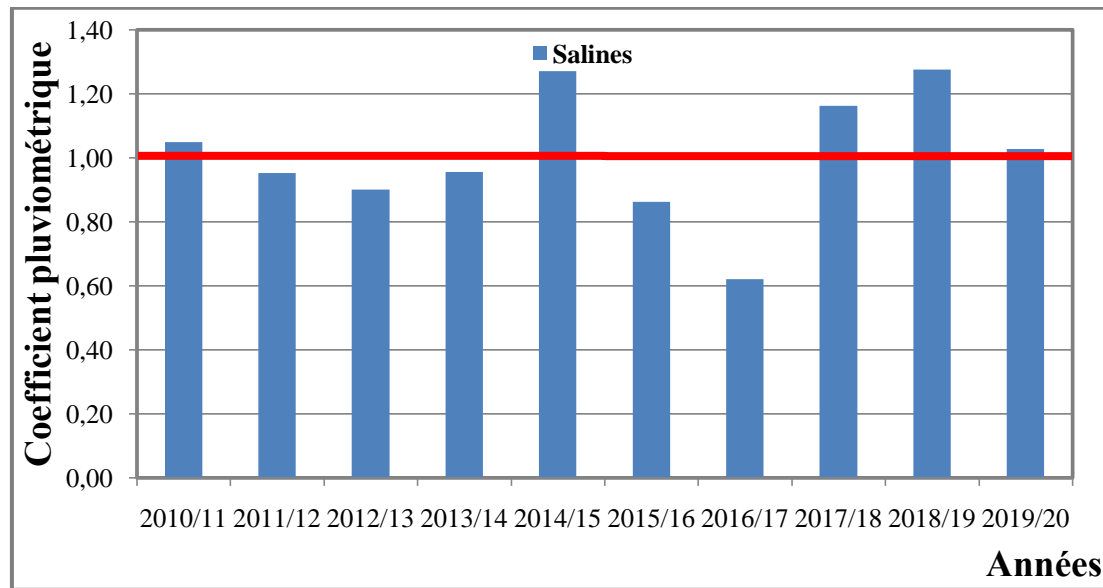
Remarque : la pluviométrie annuelle moyenne ( $\bar{P}$ ) est de 638.03 mm.

**Tableau 10: Précipitations moyennes annuelles et les coefficients pluviométriques (2010-2020).**

Année	Hauteur annuelle des précipitations P (mm)	Coefficient Pluviométrique	Les années déficitaires et excédentaires
2010/2011	670.4	1.05	Excédentaire
2011/2012	608	0.95	Déficitaire
2012/2013	575.26	0.90	Déficitaire
2013/2014	610.1	0.96	Déficitaire
2014/2015	811.1	1.27	Excédentaire
2015/2016	551.24	0.86	Déficitaire
2016/2017	397.03	0.62	Déficitaire
2017/2018	741.9	1.16	Excédentaire
2018/2019	814.82	1.28	Excédentaire
2019/2020	655.79	1.03	Excédentaire

Source : Station des Salines (Annaba) 2021.

D'après les résultats obtenus et mentionnés dans le tableau 10, nous pouvons conclure que les années excédentaires sont égaux aux années déficitaires.



**Figure 13 : Les variations du coefficient pluviométrique (2010/20).**

### III. 2. 2. La température :

La température est le moteur principal du cycle de l'eau, elle joue un rôle primordial dans l'évapotranspiration (la perte en eau). Elle est mesurée par le degré Celsius.

### III. 2. 2. 1. La température moyenne mensuelle:

Les valeurs de la température moyenne mensuelle à la station des salines -Annaba- sont illustrées dans le tableau suivant :

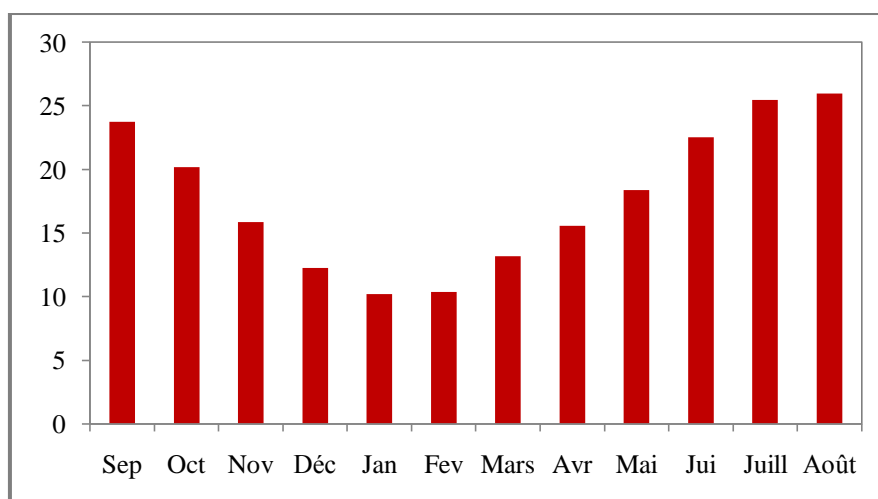
**Tableau 11 : Variations de température moyennes mensuelles (2010-2020).**

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Station Salines	23.73	20.20	15.87	12.26	10.18	10.37	13.18	15.57	18.36	22.52	25.45	25.98

**Source : Station des salines (Annaba) 2021.**

D'après le tableau 11 on remarque que :

- Le mois le plus chaud est celui d'**Août** avec de température de **25.98°C**.
- Le mois le plus froid est celui de **Janvier** avec de température de **10.18°C**.



**Figure 14 : Histogramme variations de température moyennes mensuelles (2010-2020).**

### III. 2. 2. 2. La température moyenne annuelle :

L'évolution des valeurs annuelles de la température durant la période (2010-2020) est représentée dans le tableau 12 :

A partir de ces données on constate que :

- L'année la plus chaude est l'année **2016-2017** avec une moyenne de **18.61°C**.
- L'année la plus froide est l'année **2012-2013** avec une moyenne de **17.06°C**.



**Tableau 12 : Variations de température moyennes annuelle (2010-2020).**

Année	T (°C) Annaba
2010/11	17.61
2011/12	17.94
2012/13	17.06
2013/14	17.92
2014/15	17.59
2015/16	17.88
2016/17	18.61
2017/18	17.63
2018/19	17.90
2019/20	18.18
Moyenne	17.81

### III. 3. Caractéristiques du climat :

#### III. 3. 1. Diagramme Ombrothermique :

Selon BAGNOULS et GAUSSEN (1953), un mois est considéré comme sec, si le total des précipitations (P) exprimées en millimètre est égal ou inférieur au double de la température moyenne (T) du mois, exprimée en degré centigrade ( $P \leq 2T$ ).

D'après la figure 0, on peut déduire deux périodes bien distinctes :

- Une période sèche et chaude qui s'étale du mois d'Avril (15.57°C) jusqu'au mois de Septembre (23.73°C).
- Une période humide qui s'étend de Septembre jusqu'à Avril.

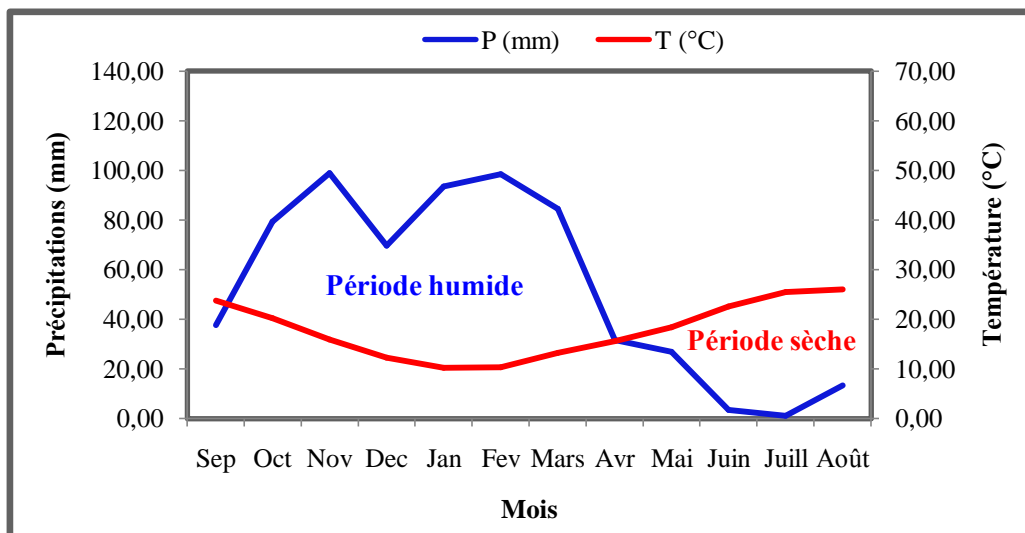


Figure 15 : Diagramme Ombrothermique de la station des Salines (2010-2020).

#### III. 3. 2. Climagramme de Louis Emberger :

Pour déterminer le type de climat, L. Emberger a proposé la détermination d'un quotient pluviométrique Q.

Ce dernier dépend des précipitations moyennes annuelles et des moyennes des températures minimales et maximales, respectivement des mois les plus froids et les plus chauds.

$$Q = \frac{p}{\frac{(M+m)(M-m)}{2}} \cdot 1000$$

Où :

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

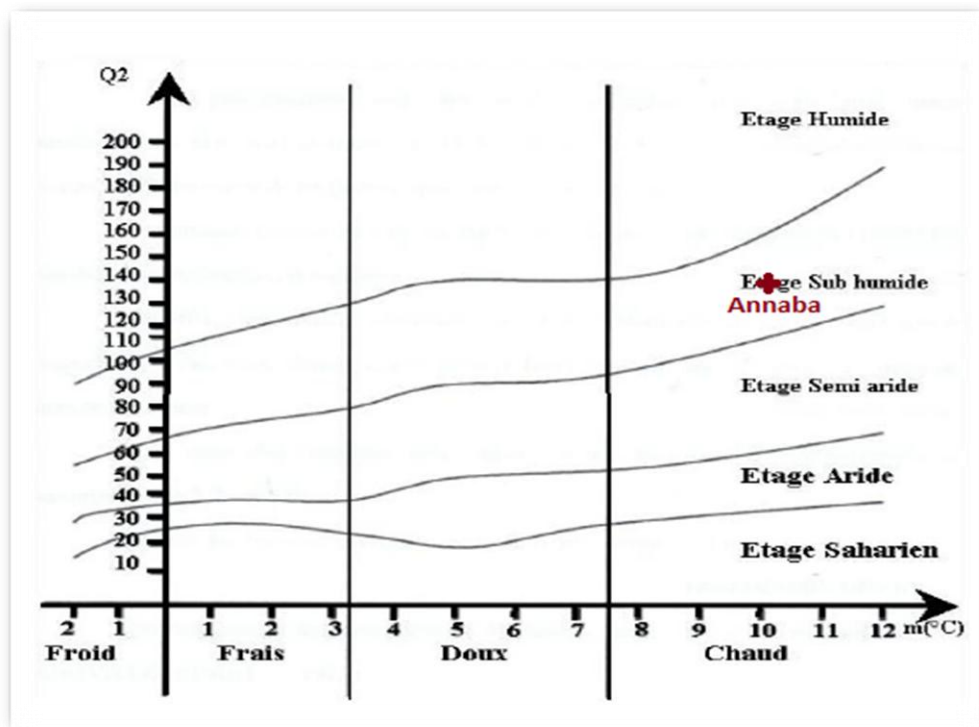
M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (degrés/Kelvin).

m : moyenne des minima du mois le plus froid (degrés/Kelvin) (in Bakria M., 2017).

L'application numérique donne les résultats suivants :

**Tableau 13 : Paramètres du climagramme d'Emberger.**

Station	Année	P (mm)	M (°K)	m (°K)	Q	Type de climat
Salines	2010/2020	638.03	299.13	283.33	138.65	Subhumide



**Figure 16 : Climagramme d'Emberger de la station des salines.**

Il à noter qu'on a calculé Q pour suivre l'évolution du climat. Le report de station météorologique utilisée permet de dire que le climat de la wilaya d'Annaba est un climat subhumide à hiver doux et été chaud.

### III. 3. 3. Calcul de l'indice d'aridité de Martonne :

Emmanuel de Martonne (1926) a élaboré un système de classification des climats à l'aide d'une Méthode statistique, afin de caractériser le pouvoir évaporant de l'air à partir de la température et la précipitation.

#### III. 3. 3. 1. Calcul de l'indice d'aridité annuel :

Cet indice est calculé d'après la formule suivante :

$$IDM = \frac{P}{(T + 10)}$$

Avec :

IDM : Indice d'aridité annuel.

P : précipitation moyenne annuelle en mm.

T : température moyenne annuelle en °C.

Le type de climat selon la valeur de l'indice de Martonne :

- $IDM < 5$  : climat hyperaride.
- $5 < IDM < 7,5$  : climat désertique.
- $7,5 < IDM < 10$  : climat steppique.
- $10 < IDM < 20$  : climat semi-aride.
- $20 < IDM < 30$  : climat tempéré.
- $30 < IDM < 55$  : Humide.

Pour la station des Salines -Annaba- :

$$P = 638,03 \text{ mm}$$

$$T = 17,81^\circ\text{C}$$

$$IDM = \frac{638.03}{(17.81+10)} = \mathbf{22.94}$$

D'après le calcul de l'indice d'aridité de Martonne :

$IDM = \mathbf{22.94}$  où  $20 < IDM < 30$ , ce qui implique que le climat de la région de Annaba est un climat **tempéré**.

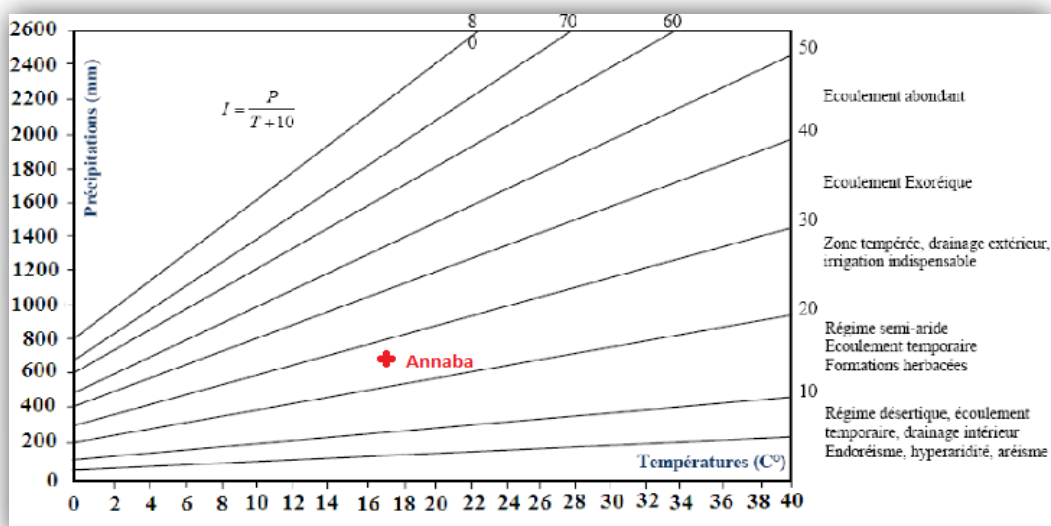


Figure 17 : Indice d’aridité annuel de Martonne.

III. 3. 3. 2. Calcul de l’indice d’aridité mensuel :

Un autre indice d’aridité mensuel faisant les liens avec la répartition saisonnière est défini par la relation suivante :

$$IDM = \frac{12p}{(T+10)}$$

Où : IDM : Indice d’aridité mensuel.

P : Précipitation moyenne mensuelle en mm.

T : Température moyenne mensuelle en °C (in Bakria M., 2017).

L’application numérique donne les résultats suivants :

**Tableau 14 : Indices d’aridité mensuels (IDM).**

Mois	P (mm) Annaba	T °C Annaba	IDM Annaba	Étage bioclimatique d’Annaba
Septembre	37.64	23.73	13.39	Climat semi-aride
Octobre	79.32	20.20	31.52	Climat humide
Novembre	98.84	15.87	45.85	Climat humide
Décembre	69.61	12.26	37.53	Climat humide
Janvier	93.43	10.18	55.56	Climat humide
Février	98.49	10.37	58.02	Climat humide
Mars	84.42	13.18	43.70	Climat humide
Avril	31.60	15.57	14.83	Climat semi-aride
Mai	26.86	18.36	11.37	Climat semi-aride
Juin	3.48	22.52	1.28	Climat hyperaride
Juillet	1	25.45	0.34	Climat hyperaride.
Août	13.34	25.98	4.45	Climat hyperaride
Moyenne	53.17	17.81	22.94	<b>climat tempéré</b>

Les résultats de l’indice d’aridité montrent que la zone d’étude est caractérisée par un climat du type tempéré.

### III. 4. Estimation des paramètres du bilan hydrique :

Le bilan hydrique est établi pour un lieu et une période donnés par comparaison entre les apports et les pertes en eau dans ce lieu et pour cette période. Les apports d'eau sont effectués par les précipitations. Les pertes sont essentiellement dues à la combinaison de l'évaporation et la transpiration, que l'on désigne sous le terme d'évapotranspiration. Le bilan hydrique englobe l'étude de ces paramètres :

- L'évapotranspiration ;
- Les écoulements de surface ou ruissellement ;
- L'infiltration.

#### III. 4. 1. L'évapotranspiration :

Elle constitue l'élément le plus important du bilan hydrologique. Elle représente la quantité d'eau qui s'évapore et retourne vers l'atmosphère sous forme de vapeur.

Elle résulte de la combinaison de deux phénomènes l'un physique (évaporation) et l'autre biologique qui est lié au couvert végétal (transpiration) (Haied N., 2015).

##### III. 4. 1. 1. Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR) :

L'ETR est la quantité d'eau généralement exprimée en mm évaporée ou transpirée par : le sol, les végétaux et les surfaces libres d'un bassin versant (mer, lac, cours d'eau...) et se manifeste de fait en conditions naturelles dans un site donné, compte tenu de la demande climatique de l'air et de la disponibilité en eau du sol (Haied N., 2015). Pour le calcul de L'ETR trois formules sont utilisées :

- ✚ Formule de Turc.
- ✚ Formule de Coutagne.
- ✚ Formule de Thornthwaite.

#### A- Formule de Turc :

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{(0,9 + \frac{P^2}{L^2})}} \quad L = 300 + 25t + 0.05t^2$$

Avec : **ETR** : Évapotranspiration réelle annuelle en mm.

**P** : Précipitation annuelle en mm.

**T** : Température moyenne annuelle en °C.

**L** : Pouvoir évaporant.

Les résultats sont portés dans le tableau suivant :

**Tableau 15 : ETR annuelle selon la méthode de Turc.**

Paramètres / Station	P (mm)	T (°C)	L	ETR (mm/an)
Salines	638.03	17.81	761.10	398.76

**B- Formule de Coutagne :**

$$ETR = P - \lambda P^2$$

Cette formule n'est valable que si la quantité des précipitations répond à la condition

Suivante :

$$\lambda = \frac{1}{8\lambda} < p < \frac{1}{2\lambda} \text{ pour } \lambda = \frac{1}{0.8+0.17}$$

Avec :

**ETR** : L'évapotranspiration réelle en m.

**P** : Précipitation moyenne annuelle en mm.

**T** : Température moyenne annuelle en °C.

Donc :

**Tableau 16 : ETR selon la méthode de Coutagne:**

Paramètres / Station	P (m)	T (°C)	$\lambda$	$\frac{1}{8\lambda}$	$\frac{1}{2\lambda}$	ETR (mm/an)
Salines	0.638	17.81	0.38	0.32	1.31	483.32

La formule de Coutagne est applicable dans notre cas parce que :

$$1/8\lambda = 0.32 < p = 0.638 < 1/2\lambda = 1.31$$

**III. 4. 2. Le ruissellement :**

L'évaluation du ruissellement est nécessaire pour évaluer l'apport en eau de surface et d'apprécier l'érosion mécanique et chimique qui affecte la surface du sol.

**- Formule de Tixerant-Berckaloff**

$$R = \frac{P^3}{3(ETP)^2}$$

Avec :

**P** : Précipitation moyenne en m.

**R** : Ruissellement en m.

ETP : Evaporation potentiel en m

**Tableau 17 : Ruissellement selon la formule de Tixerant-Berckaloff.**

Paramètres	P (m)	ETP(m)	R(m)
Station			
Salines	0.6380	0.8896	0.1093

Le bilan hydrique est défini selon l'équation suivante.

$$P = ETR + R + Ie$$

Avec :

**P** : Précipitations moyennes annuelles en mm/an.

**ETR** : Evapotranspiration réelle en mm /an.

**Ie** : Infiltration efficace en mm/an.

### III. 4. 3. Infiltration efficace :

L'infiltration efficace est déduite de l'équation du bilan hydrique :

$$Ie = P - ETR - R$$

- Si  $Ie > 0$  : Les entrées sont supérieures aux sorties.
- Si  $Ie < 0$  : Les entrées sont inférieures aux sorties.

**Tableau 18 : Les valeurs de l'infiltration efficace.**

Paramètres	P (mm)	ETR		R		Ie	
		(mm/an)	(%)	(mm/an)	(%)	(mm/an)	(%)
Station							
Salines	638.03	437.1	69	109.3	17	91.63	14

### III. 4. 4. Interprétation du bilan hydrique :

D'après le bilan hydrique de la station des Salines, selon la méthode de Thornthwaite, la **RFU (Réserve Facilement Utilisable)** commence à se reconstituer à partir du mois d'**Octobre** pour atteindre son maximum (**100 mm**) de **Décembre à Mars**. Le surplus d'eau alimente le ruissellement et l'infiltration. La **RFU** diminue à partir du mois d'**Avril** jusqu'à ce qu'elle soit nulle au moins de **Juin**, caractérisant le déficit agricole (**DA**) qui se poursuit jusqu'au mois de **Septembre**.

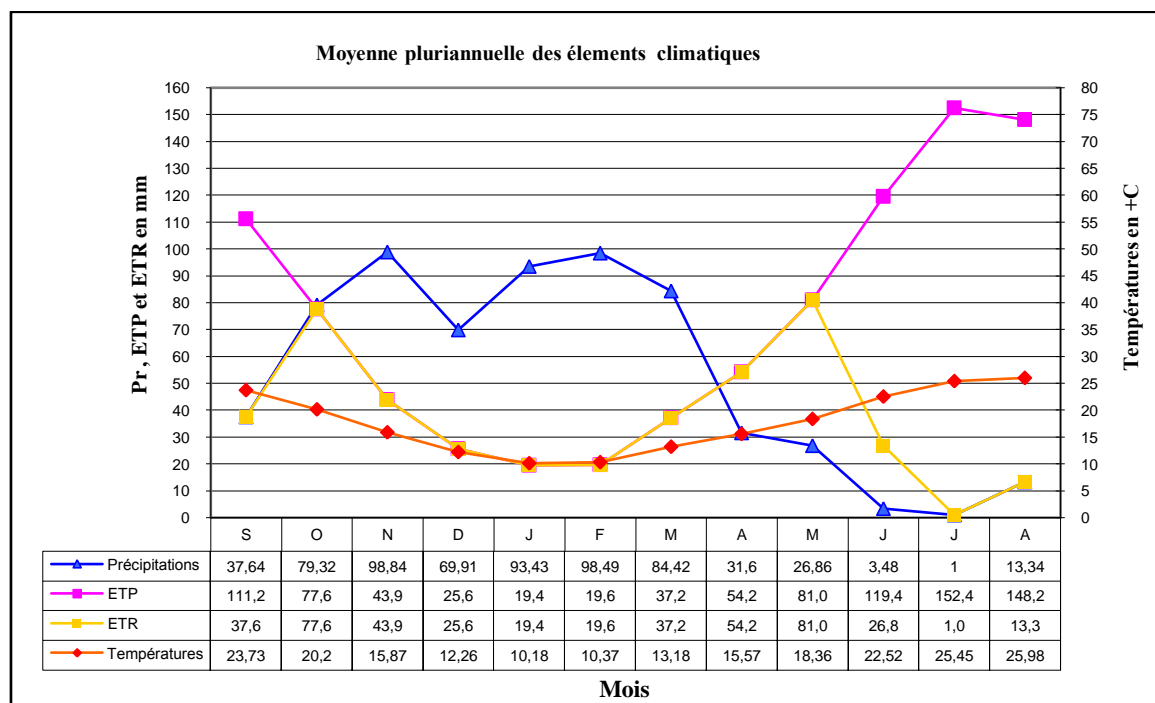
L'**ETP** atteint son maximum au mois **Juillet (152.4 mm)**, et son minimum au mois de **Janvier (19.4 mm)**. L'Excédent commence à partir du mois de **Décembre** et s'étale au mois de **Mars**, avec un maximum au mois de **Février (78.9 mm)**, l'épuisement du stock



commence au mois de **Juin** et se termine au mois de **Septembre** avec un déficit agricole maximum au mois de **Juillet (151,4 mm)** où l'irrigation devient nécessaire.

**Tableau 19 : Bilan hydrique à la station des Salines selon la méthode de Thornthwaite (2010-2020).**

	Tp	IT	CL	ETPC	Pr	BH	CH	VR	RU	ETPR	Def	Exc
S	23.7	10.6	1.03	111.2	37.64	-73.5	-0.7	0.0	0.0	37.6	73.5	0.0
O	20.2	8.3	0.97	77.6	79.32	1.8	0.0	1.8	1.8	77.6	0.0	0.0
N	15.9	5.7	0.86	43.9	98.84	55.0	1.3	55.0	56.7	43.9	0.0	0.0
D	12.3	3.9	0.81	25.6	69.91	44.4	1.7	43.3	100.0	25.6	0.0	1.1
J	10.2	2.9	0.87	19.4	93.43	74.0	3.8	0.0	100.0	19.4	0.0	74.0
F	10.4	3.0	0.85	19.6	98.49	78.9	4.0	0.0	100.0	19.6	0.0	78.9
M	13.2	4.3	1.03	37.2	84.42	47.2	1.3	0.0	100.0	37.2	0.0	47.2
A	15.6	5.6	1.10	54.2	31.6	-22.6	-0.4	-22.6	77.4	54.2	0.0	0.0
M	18.4	7.2	1.21	81.0	26.86	-54.1	-0.7	-54.1	23.3	81.0	0.0	0.0
J	22.5	9.8	1.22	119.4	3.48	-116.0	-1.0	-23.3	0.0	26.8	92.6	0.0
J	25.5	11.7	1.24	152.4	1	-151.4	-1.0	0.0	0.0	1.0	151.4	0.0
A	26	12.1	1.16	148.2	13.34	-134.9	-0.9	0.0	0.0	13.3	134.9	0.0
Annuel	17.8	85.2		889.6	638.3	-251.2				437.1	452.4	201.2



**Figure 18: Moyennes pluriannuelles des éléments climatiques à la station des Salines (2010-2020).**

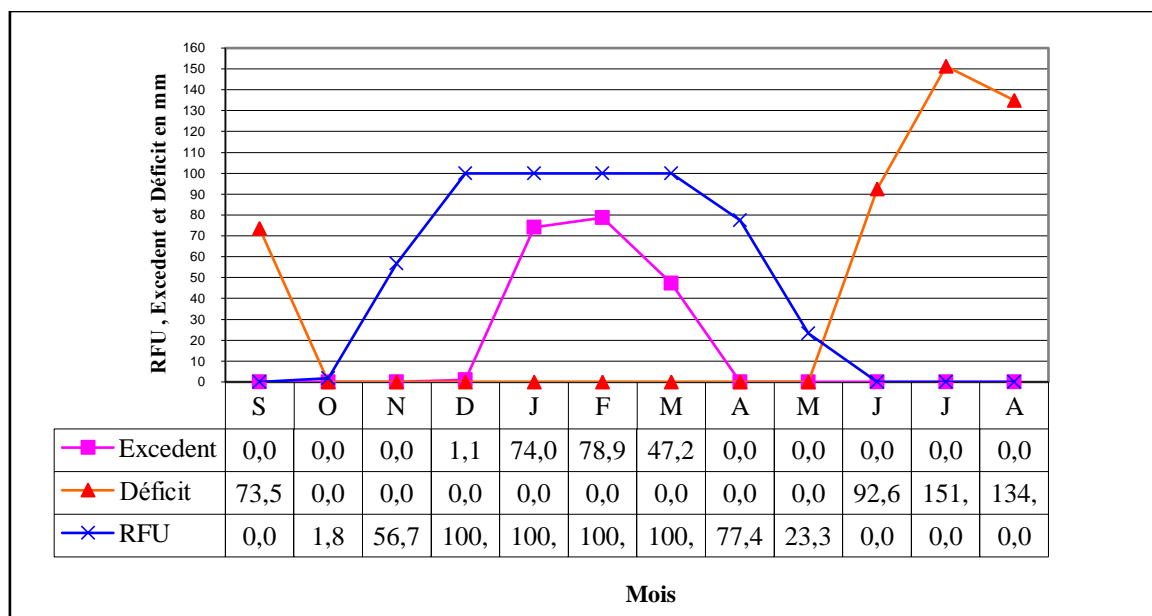


Figure 19 : Diagramme de la variation de la RFU, du Déficit Agricole et de l'Excédent à la Station des Salines (2010-2020).

### III. 5. Hydrologie :

L'étude de l'écoulement des eaux de surface nous permet de connaître leurs régimes de circulation, premier véhicule d'éléments polluants. L'écoulement superficiel demeure un facteur très marquant de l'étude d'une éventuelle pollution, car la disponibilité potentielle de l'eau est étroitement liée à son réseau hydrographique et au comportement hydrologique d'un cours d'eau ou au régime pluvial.

#### III. 5.1. Hydrographie :

L'oued Seybouse est le plus important, il résulte de la jonction des oueds, Bouhamdène et Charef dans la région de Medjaz Ammar (W. Guelma) (Figure 20). A l'est de la moyenne Seybouse se trouve oued Mellah à Bouchegouf. Au niveau de la basse Seybouse, le sous bassin est traversé essentiellement par:

- l'oued Seybouse, présente l'axe de drainage d'un bassin versant de 6471 Km<sup>2</sup> ;
- l'oued Fragha, Djefeli et oued Oglat el Feli, affluents de l'oued Seybouse ;
- l'oued Ressoul à Ain Berda ;
- l'oued Meboudja, le dernier affluent de l'oued Seybouse, assure la vidange du lac Fetzara. par un canal d'assèchement de 14 Km.

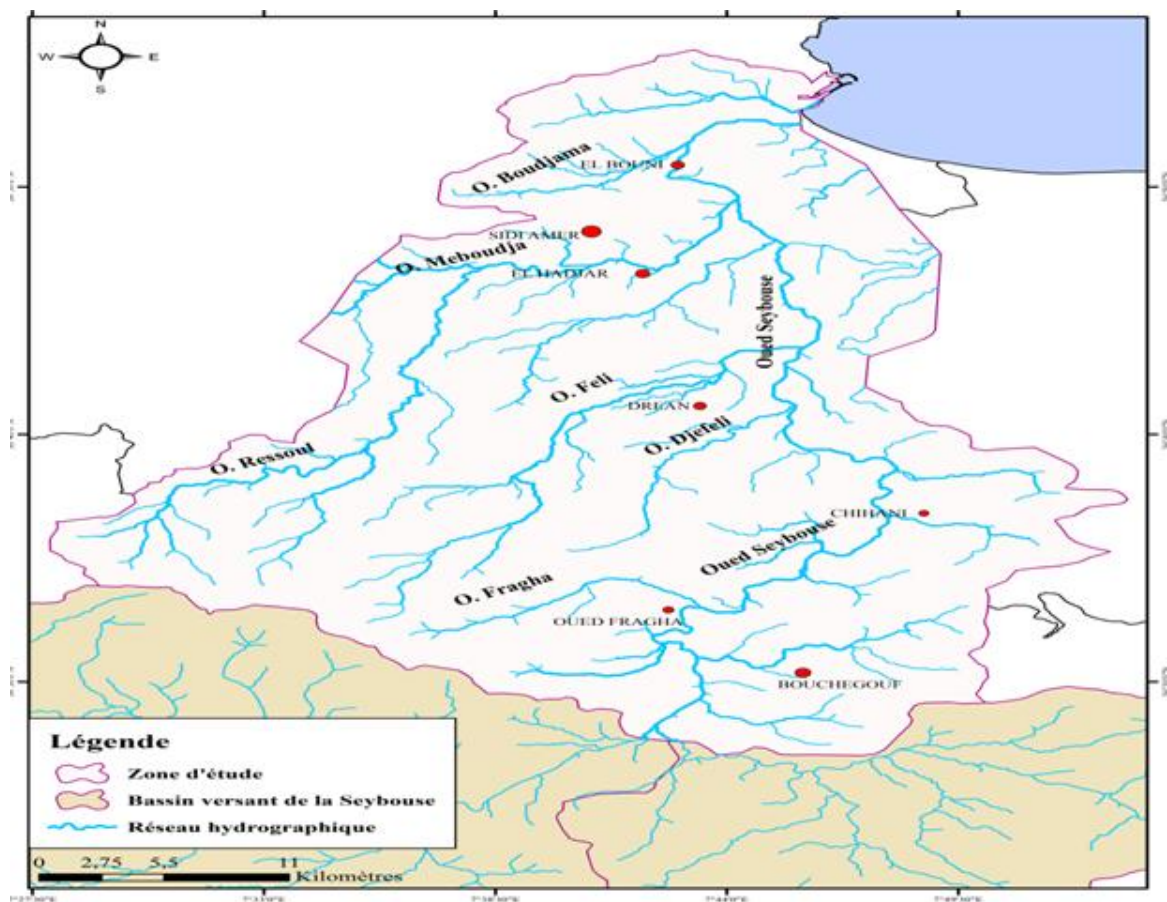
Il est caractérisé du Sud au Nord par une densité de drainage forte au Sud et faible au Nord où la pente devienne quasi nulle, l'oued prend une forme méandreuse et les

vitesse d'écoulement seréduisent. De l'Est à l'Ouest, la densité de drainage est moins faible à l'Est qu'à l'Oued (présence des séries montagneuses plus importante à l'Ouest) (Bechiri N., 2011).

**Tableau 20 : Caractéristiques Morpho métriques du sous bassin de la basse Seybouse.**

Paramètres	Valeur	
	Station Ressoul (Ain Berda)	Station Seybouse à Merbek
Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> )	257	1568
Indice de compacité ( K <sub>c</sub> )	1.25	1.57
Densité de drainage (Km/Km <sup>2</sup> )	3.3	2.4
Indice de pente moyen ( m/Km)	156	132
Altitude Min du bassin versant (m)	58	10
Altitude Max du bassin versant (m)	939	1543

**Source:** ANRH Constantine, 2010 in Benlahrech A. I., 2019.



**Figure 20 : Carte de réseau hydrographique du sous bassin versant de la basse Seybouse.**

### III .5.2.Hydrogéologie :

#### A- 1. Identification des nappes :

Le sous bassin versant de la basse Seybouse contient plusieurs nappes d'eau souterraines (Khadri S., 2009).

➤ **La nappe des formations superficielles :**

Cette nappe est contenue dans des formations sablo-argileuses incluant des lentilles de sables. Les argiles grises compactes constituent le substratum. Les lentilles de sables sont plus fréquentes à proximité de l'oued Seybouse, et à la périphérie on note des affleurements des grès numidiens. Cette nappe est globalement libre sauf en quelques points où elle est captive sous des niveaux d'argiles. L'épaisseur de cette nappe varie de 5 à 18 m (Benlahrech A. I., 2019).

➤ **La nappe des graviers :**

Elle se situe en dessous de l'aquifère superficiel, couvre l'ensemble de la zone d'étude. Elle est contenue dans des graviers, sable et cailloutis Plio-quadernaires est perméable et semi-perméable, et se développe sur toute leur étendue latérale. L'épaisseur de l'horizon aquifère varie de 2 à 70m. Le coefficient d'emmagasinement est parfois très faible de l'ordre de  $10^{-4}$ . Captive dans sa presque totalité, elle devient libre en bordure Sud-Ouest, quand les graviers affleurent en surface. Cette présente de bonnes qualités hydrauliques (Benlahrech A. I., 2019).

➤ **La nappe des sables du massif dunaire de Bouteldja :**

Située à l'Est de la zone d'étude, c'est la nappe libre du massif dunaire et est contenue dans les sables éoliens reposant sur le remplissage Mio-pliocène de la fosse de Ben-M'hidi (Benlahrech A. I., 2019).

➤ **La nappe des alluvions de la haute terrasse :**

Elle s'étend le long des massifs numidiens à l'Ouest et au Sud de la plaine de Annaba. Ces alluvions graveleuses et caillouteuses à matrice argileuse ont des possibilités aquifères très limitées (Benlahrech A. I., 2019).

➤ **La nappe des cipolins :**

Elle se situe dans les massifs de bordure du Belilieta et de Boukhadra (proche du massif de l'Edough). Elle est contenue dans des lentilles de cipolins, fissurés, existant au sein des gneiss et micaschistes du monoclinale métamorphique du Boukhadra. Ces calcaires sont en contact avec les alluvions de la plaine. Leur superficie est inférieure à 100ha (Benlahrech A. I., 2019).

➤ **La nappe des travertins :**

Elle est mal délimitée. Elle a été localisée dans le secteur compris entre Fardaous, la butte de Daroussa, Chbaita et la forme Hallal Aissa (Benlahrech A. I., 2019).

➤ **La nappe libre du cordon dunaire :**

Elle est contenue dans les dunes le long de la Méditerranée, à l'Ouest de la Mafragh. Elle présente l'intérêt de protéger la nappe phréatique des venues d'eau salées (Benlahrech A. I., 2019).

**Tableau 21 : Description géologique et hydrogéologique de la basse Seybouse.**

Ere	Système	Lithologie	Epaisseur(m)	Hydrogéologie	
				perméabilité	Type de nappe
<b>Quaternaire</b>	Récent	Sable	5 _15	perméable	Nappe de condor dunaire
	Moyen	Sable-argileuse	0-20	Semi-perméable	Nappe phréatique
	Ancien	Argile avec des lentilles sableuses	50 -150	Imperméable à semi perméable	Substratum
<b>Tertiaire</b>	Pliocène	Graviers et galets	10-150	Perméable	Nappe de graviers
	Miocène	Argile	250	Imperméable	Substratum
	Oligocène	Argilo-gréseux	150	Semi-perméable	Numidienne
	Eocèneinf	Calcaire massif	-	Formations fissurées	Nappe karstique
<b>Secondaire</b>	Crétacé	Calcaire dolomitique	-		
	Jurassique	Dolomie	-	-	-
	Trias	Dolomie-calcaire et gypse	-	-	-
<b>Primaire</b>	Supérieur	Micaschistes et gneiss	-	Formations altérées	Nappe du socle métamorphique
	Intermédiaire	Schistes	-		
	Inférieur	Gneiss	-		

**Source: Bechiri N.,2011**

### III. 6. Conclusion :

Nous concluons de ce qui précède que le climat de la wilaya de Annaba est de type **subhumide** caractérisé par deux saisons l'une pluvieuse et humide (**638,03 mm**) et l'autre sèche et chaud (**25.98 °C**), c'est ce que montrent les indicateurs climatiques étudiés.

Les résultats de la formule de Thornthwaite montrent que la majorité des précipitations sont reprises par l'évapotranspiration **ETR (437.1 mm)**, le déficit agricole est important (**452.4 mm**) alors que la recharge interannuelle est relativement faible (**201.2 mm**).

Le sous bassin versant est drainé par les oueds Seybouse, Fragha, Djefeli, Oglat el Feli, Ressoul et Meboudja.

# Chapitre IV

## ***IMPACT DE LA STEP.***

**IV. 1. Introduction :**

Pour connaître l'impact de quoi que ce soit, il faut déterminer ses effets positifs et négatifs, et c'est ce que nous aborderons dans ce chapitre en identifiant d'un côté les potentialités hydrique de la zone d'étude et est ce que la STEP d'Allélik (Annaba) peut amortir et reporter la situation de déficit existante, Possibilité d'accroissement de la surface agricole utile irriguée ainsi que la surface destinée aux futurs parcs industriels et l'amélioration de la qualité des eaux usées et de l'autre côté ses effets négatifs.

**IV. 2. Impacts de la station dépuración :****IV. 2. 1. Impacts négatifs :****A/ - Les ressources en eau :**

La station rejette directement des effluents épurés dans l'oued Seybouse qui représente une source de vie fondamentale dans la région et d'autre l'écosystème marin (Mer Méditerranée) qui peut être perturbé ainsi que la possibilité de contamination de la nappe lors d'accidents de fonctionnement tels que :

- des fuites de canalisation ou une fissuration des cuves.
- l'épandage accidentel de produits de vidange lors de manœuvre de déversement.
- un débordement des bassins.

Les eaux usées ainsi déversées qui s'infiltraient rejoignent la nappe.

**B/ - Le milieu naturel :**

La perturbation de l'écosystème via la disparition et l'éloignement de la faune présente sur le site de l'aménagement. L'incidence sur la flore sera minime, du fait que la zone n'est pas caractérisée par une flore dense.

**C/ - L'odeur :**

Les odeurs peuvent avoir différents origines au niveau d'une station d'épuration, à partir des gaz ou vapeurs émis par certains produits contenus dans les eaux usées ou dans des composés se formant au cours de différentes phases de traitement.

Les polluants les plus courants sont des composés azotés, soufrés, et divers (aldéhydes, cétones, etc.).

D'une façon générale, l'hydrogène sulfuré ( $H_2S$ ), à l'odeur caractéristique d'œuf pourri est le constituant principal des odeurs. Certaines conditions de pH (6 à 9), de température (30 °C) et de potentiel redox (peu élevé) favorisent sa formation (Harouach K & Raach S., 2016).



On a coutume de distinguer quatre raisons principales de développement des odeurs liées à :

- ✓ des caractéristiques du réseau ou de la qualité de l'effluent.
- ✓ une mauvaise conception ou réalisation des ouvrages d'épuration.
- ✓ une mauvaise exploitation de la station.
- ✓ l'opération de traitement des boues.

#### **D/ - Le bruit :**

Les stations d'épuration provoquent des émissions sonores surtout lors du fonctionnement de divers installations (pompes, turbines, écoulement, etc). Il s'agit de bruits provenant des zones de brassage et d'écoulement, auxquels s'ajoutent des bruits mécaniques (Harouach K & Raach S., 2016).

#### **E/ - Le paysage :**

Le projet aura pour conséquence dans un secteur à caractère naturel encore peu bâti l'édification d'ouvrages : décanteur primaire et secondaire, bassin d'aération, lit de séchage, ...etc. La volumétrie de ces équipements présente un caractère géométrique assez marqué avec une hauteur qui reste faible (Harouach K & Raach S., 2016).

#### **IV. 2. 2. Impacts positifs :**

Les principaux impacts positifs du projet sont directement liés aux objectifs pour lesquels il a été initié, notamment :

- ✚ Amélioration de la qualité des eaux usées.
- ✚ Suppression du rejet actuel dans l'oued Seybouse, favorisant la dispersion des polluants.
- ✚ Possibilité du report de la situation de rareté et de déficit par l'apport en eau conventionnelle.
- ✚ Possibilité d'accroissement de la surface agricole utile irriguée ainsi que la surface destinée aux futurs parcs industriels.
- ✚ Valorisation énergétique et agricole des boues.
- ✚ Amélioration du cadre de vie des habitants par la création des postes d'emplois durant la phase des travaux, et la phase d'exploitation.

### IV. 2. 3. Détermination des impacts positifs :

#### IV. 2. 3. 1. Diagnostique quantitatif des ressources en eau :

##### A- Les potentialités hydriques :

###### ➤ Le potentiel hydrique superficiel :

- **Les oueds** : les oueds les plus importantes passant par notre zone d'étude sont : l'oued Seybouse (la deuxième plus longue Oued d'Algérie, avec une superficie estimée à 6471 km<sup>2</sup> et il passe par la wilaya de Souk Ahras, Guelma, Annaba et El Taraf vers la mer Méditerranée) et l'oued Mabouja (sert de sortie au lac Fetzara et draine sur une superficie d'environ 203 km<sup>2</sup>), et oued Mellah (prend sa source aux alentours de l'oued El Kebir Ouest avec une superficie de 47 km<sup>2</sup>), en plus de la présence d'autres oueds moins importantes, l'oued al-Anab, oued el ghassoul... (Lekoui S., 2011).
- **B- Les Lacs** : le seul lac existant dans la wilaya de Annaba est le lac Fatzara qui se situe à l'Ouest de la plaine de Annaba sur une superficie de 18 500 hectares. C'est un bassin versant avec drainage interne, qui permet à l'eau de rester collectée à l'intérieur en raison de la faible pente et de l'imperméabilité du sol, et son eau est relativement salée et donc impropre à l'exploitation agricole (Mrikhi Y., 2010).
- **C- Les retenues collinaires** : la wilaya de Annaba compte 67 retenues collinaires qui sont résumées dans le tableau qui suit :

**Tableau 22 : Retenues collinaires et leurs caractéristiques dans quelques communes de la Wilaya de Annaba.**

Commune	Nombre total de retenues	Capacité minimum (Hm <sup>3</sup> )	Capacité maximum (Hm <sup>3</sup> )	Volume global mobilisé (Hm <sup>3</sup> )
Aïn Berda	18	0.030	0.300	0.1955
Eulma	12	0.036	0.209	0.1212
Cheurfa	10	0.025	0.180	0.0691
El Bouni	01	-	-	0.009
Berrahal	08	0.045	0.400	0.0995
Tréat	10	0.036	0.120	0.0766
Oued El Aneb	08	0.030	0.095	0.0555
Wilaya de Annaba	<b>67</b>	<b>0.202</b>	<b>1.304</b>	<b>0.6264</b>

Source : CHAFFAI H., 2005 in Haoua H. & CHouiha L., 2016.

- **C- Les barrages** : Annaba compte trois (03) barrages de faible capacité destiné à l'AEP et à l'irrigation. Ils sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau 23 : Caractéristiques des barrages la wilaya d'Annaba.**

Barrage	X	Y	Digue H en (m)	Volume Utile (Hm <sup>3</sup> )	Volume Régularisé (Hm <sup>3</sup> )
Bougsaïba	925.500	387.200	22-25	2.4-3.3	0.2-0.3
Guiss	934.800	381.650	24-26	3.6-4.6	3.4-4.1
Oued El Aneb	931.500	409.850	24	10	7

**Source :** CHAFFAI H., 2005 in Haoua H. & Chouiha L. 2016.

➤ **Le potentiel hydrique souterrain:**

La wilaya contient plusieurs niveaux de nappes d'eau situées dans des poches de roches calcaires métamorphiques (région de Ain Barbar) alimentées par les eaux de pluie. En plus de la présence de niveaux plus importants dans la région des plaines, ainsi que le fond des dunes de sable continentales et côtières (Mrikhi Y., 2010).

- **Les Forages :** d'après Chaffai H., 2005, un grand nombre de forages plus ou moins profonds été exécuté dans la wilaya de Annaba avec parfois la présence de piézomètres nécessaires pour l'observation et le suivi des systèmes hydrogéologiques. Ainsi, on dénombre 91 sondages en service pour satisfaire diverses utilisations (AEP, Industrie, Irrigation et élevage). Les données sont reportées dans le tableau 24.

**Tableau 24 : Etat des forages dans la Wilaya de Annaba.**

Nombre de Forages	Destination	Exploités	Non exploités
43	AEP	15	28
54	Industrie	48	6
49	Irrigation	28	21

**Source :** CHAFFAI H., 2005 in Haoua H. & Chouiha L. 2016.

- **Les nappes :** les nappes souterraines sont reportées dans le tableau suivant :

**Tableau 25 : Les réserves Renouvelables de la wilaya de Annaba.**

Zone	Système Aquifère	Superficie Km <sup>3</sup>	H moy (m)	S ou me	Réserve régulatrices Hm <sup>3</sup> /an
Annaba	Alluvions récentes et actuelles	320	10	0.13	40
	Terrasses	Faible potentialités hydrique			
	Gneiss altérés	67	1.2	0.02	1.5
	Cordon dunaire	10	3	0.10	3
	Graviers	300	20	0.002	13
	Cipolin	80	5	0.005	2
<b>Total</b>	<b>Système Aquifère Annaba</b>				<b>60</b>

**Source:** ANRH Annaba in Haoua H. & Chouiha L. 2016.

#### IV. 2. 3. 2. Mobilisation des ressources en eaux :

Les ressources en eau mobilisées à partir des wilayas de Annaba et d'El Tarf (44 Hm<sup>3</sup>/an et 21 Hm<sup>3</sup>/an à partir des barrages de Cheffia et Mexa respectivement et 20.48 Hm<sup>3</sup> à partir de quelques forages de la région de Bouteldja) sont évaluées à près de 138.21 Hm<sup>3</sup> par an et qui dépassent largement les ressources en eau naturelles renouvelables existantes ainsi que les ressources mobilisables ensemble (132.4876 Hm<sup>3</sup>).

**Tableau 26 : Potentiel hydrique global de la wilaya de Annaba.**

Ressources en eau	Potentiel reconnu (Hm <sup>3</sup> )	R <sup>ces</sup> Mobilisables (Hm <sup>3</sup> )	R <sup>ces</sup> Mobilisé (Hm <sup>3</sup> )	R <sup>ces</sup> Mobilisé à partir de la W El Tarf (Hm <sup>3</sup> )
Superficielles	19.2040	17.2836	16.7364	65
Souterraines	60.0000	36.0000	36.0000	20.48
<b>Total</b>	<b>79.2040</b>	<b>53.2836</b>	<b>138.2164</b>	

Source : CHAFFAI H., 2005 in Haoua H. & Chouiha L. 2016.

#### IV. 2. 3. 3. Détermination de la possibilité du report de la situation de rareté et de déficit en eau :

##### A- Calcul des besoins en eau :

##### A-1. L'alimentation en eau potable (AEP) :

##### A-1.1. Estimation de la population actuelle et future et leur besoin :

Pour estimer les besoins en eau actuelle et future en doit faire une estimation démographique sur la base de la formule utilisée par les services statistiques de la population :

$$P_f = P_o (1 + T)^n$$

**P<sub>f</sub>** : S'exprime population à l'horizon voulu.

**P<sub>o</sub>**: Est population à une année de référence (Pop2008 = 609499 hab ; RGPH 2008).

**T** : Taux d'accroissement démographique global moyen (%) (T=0.9% ; RGPH 2008).

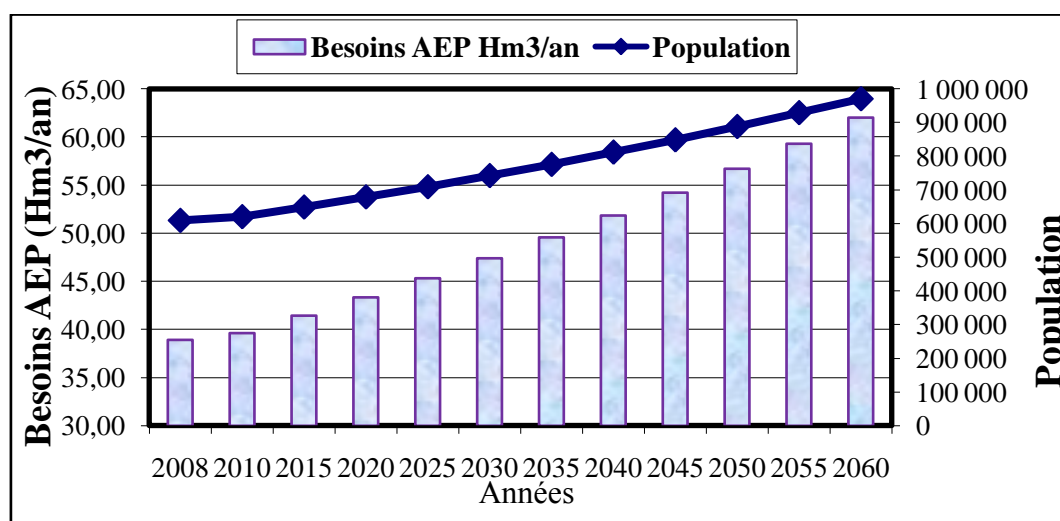
**n** : Nombre d'années qui séparent l'année de référence à l'horizon voulu

\* Une dotation moyenne en Algérie est 175 l/j/ha

Les résultats sont synthétisés dans le tableau 27 :

**Tableau 27 : Estimation de la population et leur besoins en eau dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060).**

	2008	2010	2015	2020	2025	2030
<b>Population</b>	609 499	620 519	648 950	678 683	709 778	742 299
<b>Besoins AEP Hm<sup>3</sup>/an</b>	38.93	39.64	41.45	43.35	45.34	47.41
	2035	2040	2045	2050	2055	2060
<b>Population</b>	776 309	811 877	849 075	887 978	928 662	971 211
<b>Besoins AEP Hm<sup>3</sup>/an</b>	49.59	51.86	54.23	56.72	59.32	62.04



**Figure 21: Graphe de l'estimation de la population et leur besoins en eau dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060).**

D'après le tableau 27 on remarque que :

- La population de la wilaya de Annaba va passée de 609 499 à 684 791habitants entre 2008 et 2021, et selon les projections, cette population peut dépasser les 971 211 habitants à l'horizon 2060.
- Les besoins en eau pour l'AEP vont augmentés de 38.93 millions de m<sup>3</sup> en 2008, pour atteindre en 2021 environ de 43.74 millions de m<sup>3</sup> et ils s'élèveront au total en 2060 environ 62.04 millions de m<sup>3</sup>.

## A-2. L'alimentation en eau de l'agriculture (AEA) :

### A-2. 1. Le périmètre irrigué :

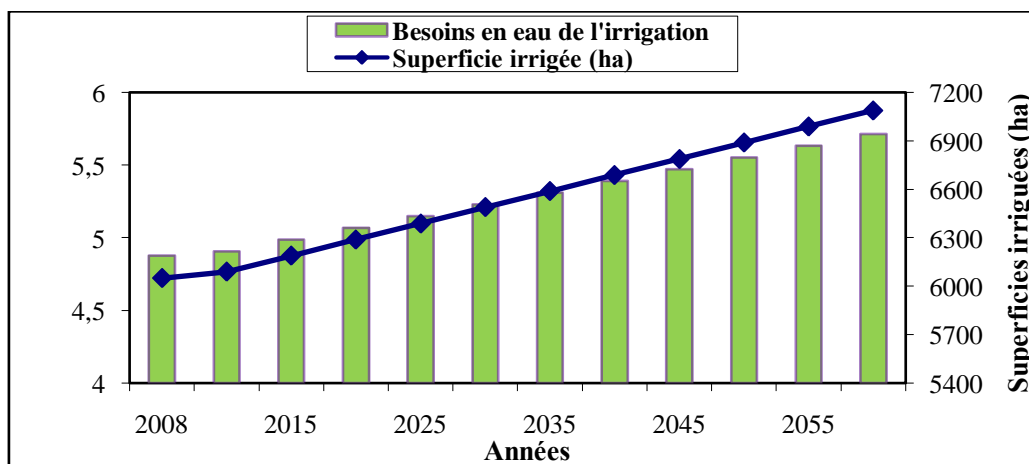
La surface agricole totale de Annaba dépasse 58 548 ha, dont la superficie utilisée est de 48 177 ha, cependant la surface irriguée ne dépasse pas 6050 ha. (Tableau 03).

#### A-2. 1. 1. Les besoins en eau de l'irrigation :

Afin d'estimer les besoins en eau de l'irrigation, nous utilisons une augmentation de 100 ha toutes les cinq années à venir avec une dose moyenne annuelle de l'ordre de 806 m<sup>3</sup>/ha/an (Ouanouki B., 2012).

**Tableau 28 : Estimation de la superficie irriguée et leur besoins en eau dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060).**

	2008	2010	2015	2020	2025	2030
Superficie irriguée (ha)	6 050	6 090	6 190	6 290	6 390	6 490
Besoins en eau de l'irrigation (Hm <sup>3</sup> /an)	4.87	4.90	4.98	5.06	5.15	5.23
	2035	2040	2045	2050	2055	2060
Superficie irriguée (ha)	6 590	6 690	6 790	6 890	6 990	7 090
Besoins en eau de l'irrigation (Hm <sup>3</sup> /an)	5.31	5.39	5.47	5.55	5.63	5.71



**Figure 22 : Graphe de l'estimation de la superficie irriguée et leur besoins en eau dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060).**

L'augmentation des besoins en eau de l'irrigation est liée à l'extension des terres agricoles utiles en irrigués et le tableau 28 explique ça :

- La superficie irriguée de la wilaya de Annaba va passée de 6 050 à 6 310 ha entre 2008 et 2021, et selon les projections, cette superficie peut s'étendre jusqu'au 7 090 ha à l'horizon 2060.
- Les besoins en eau de l'irrigation vont augmentés de 4.87 millions de m<sup>3</sup> en 2008, pour atteindre en 2021 environ de 5.08 millions de m<sup>3</sup> et ils s'élèveront au total en 2060 environ 5.71 millions de m<sup>3</sup>.

### A-2. 2. Le cheptel :

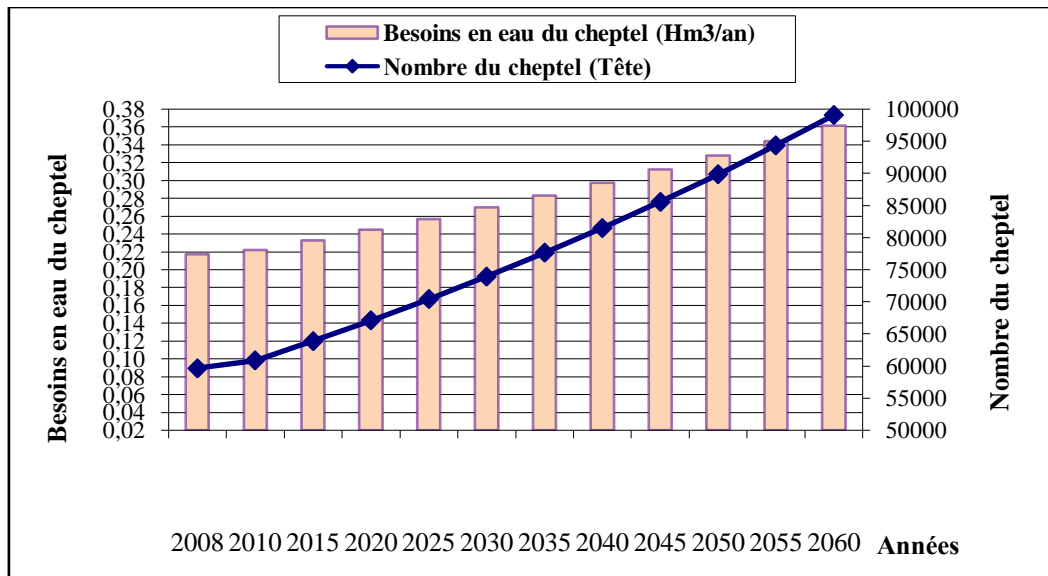
Le nombre total du cheptel de la wilaya de Annaba est de l'ordre de 59 649 têtes (tableau 04).

#### A-2. 2. 1. Les besoins en eau du cheptel :

Le tableau suivant présente les besoins en eau du cheptel avec une dotation moyenne de 10 l/j/tête et taux d'évolution envisagé des espèces élevés est de 5% chaque cinq années.

**Tableau 29: Estimation du nombre du cheptel et leur besoins en eau dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060).**

	2008	2010	2015	2020	2025	2030
<b>Nombre du cheptel (tête)</b>	59 649	60 842	63 884	67 078	70 432	73 954
<b>Besoins en eau du cheptel (Hm<sup>3</sup>/an)</b>	0.22	0.22	0.23	0.24	0.26	0.27
	2035	2040	2045	2050	2055	2060
<b>Nombre du cheptel (tête)</b>	77 651	81 534	85 611	89 891	94 386	99 105
<b>Besoins en eau du cheptel (Hm<sup>3</sup>/an)</b>	0.28	0.30	0.31	0.33	0.34	0.36



**Figure 23 : Graphe de l'estimation du nombre du cheptel et leur besoins en eau dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060).**

D'après le tableau 29 on conclue que :

- Le nombre du cheptel de la wilaya de Annaba va passée de 59 649 à 67 749 têtes entre 2008 et 2021, et selon les projections, ce nombre peut dépasser 99 105 têtes à l'horizon 2060.
- Les besoins en eau du cheptel vont augmentés de 0.22 millions de m<sup>3</sup> en 2008, pour atteindre en 2021 environ de 0.24 millions de m<sup>3</sup> et ils s'élèveront au total en 2060 environ 0.36 millions de m<sup>3</sup>.

La somme entre les besoins en eau de l'irrigation et les besoins en eau du cheptel nous donne les besoins en eau de l'agriculture AEA, ce qui nous donne des besoins de l'ordre de 5.32 Hm<sup>3</sup>/an en 2021, les résultats sont illustrés dans le tableau suivant :

**Tableau 30: Estimation des besoins en eau de l'agriculture dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060).**

	2008	2010	2015	2020	2025	2030
<b>Besoins AEA Hm<sup>3</sup>/an</b>	5.09	5.13	5.22	5.31	5.40	5.50
	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>	<b>2055</b>	<b>2060</b>
<b>Besoins AEA Hm<sup>3</sup>/an</b>	5.59	5.68	5.78	5.88	5.97	6.07



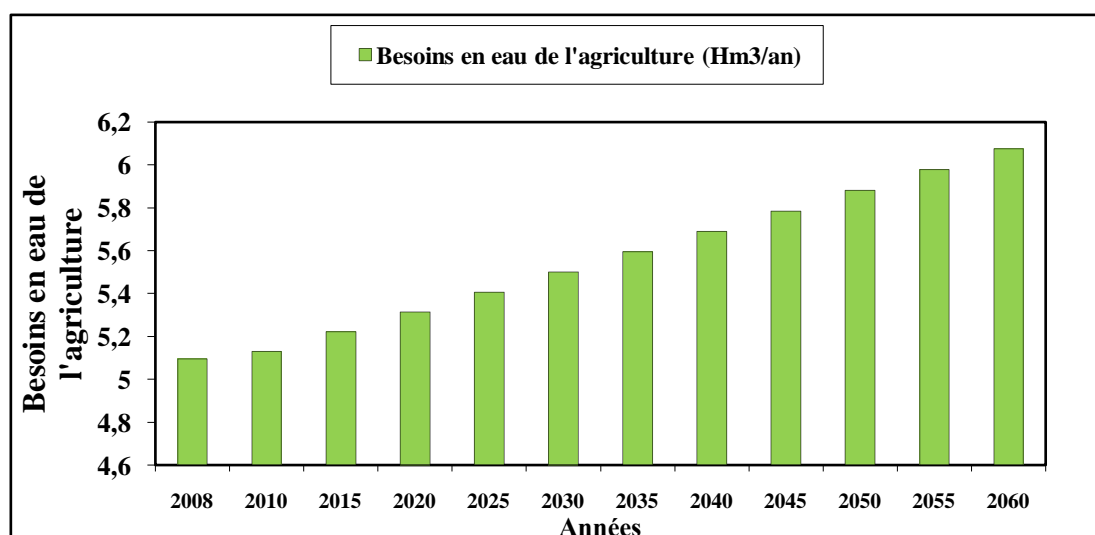


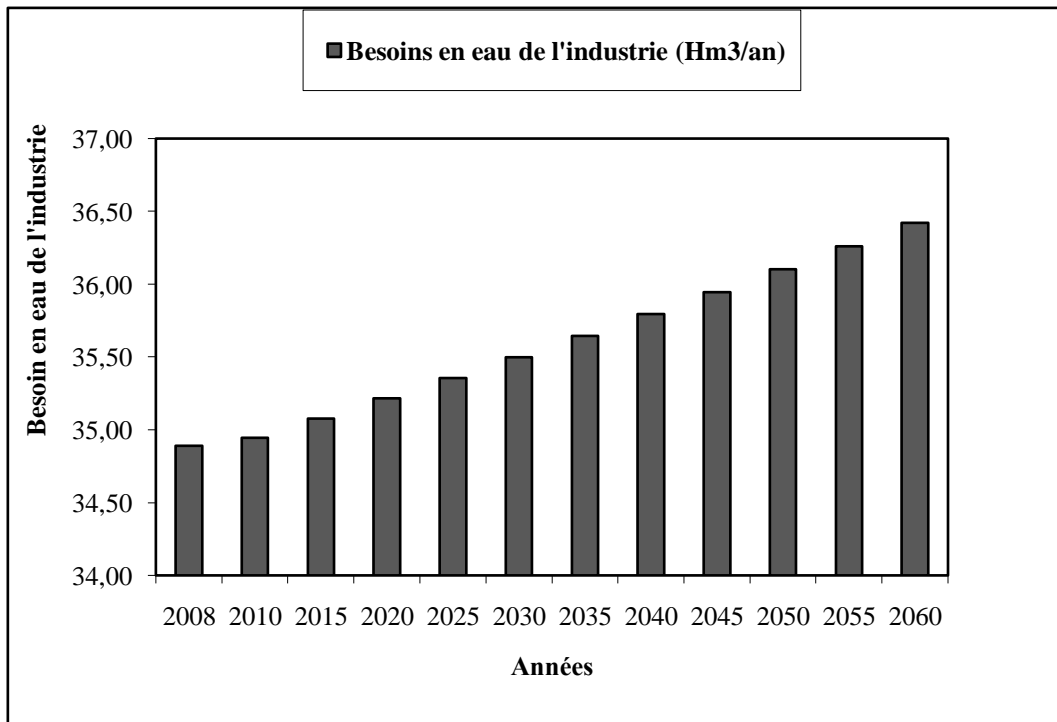
Figure 24 : Graphe de l'estimation des besoins en eau de l'agriculture dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060).

### A-3. L'alimentation en eau industrielle (AEI) :

La wilaya de Annaba est un pôle industriel en Algérie et caractérisée par une richesse industrielle, pour cela nous avons estimé les besoins en eau avec une dose de l'ordre d'environ  $4,5 \text{ l/j/m}^2$  (Boulimi M., 2004) pour les futurs parc industriels et  $94 \text{ m}^3/\text{t}$  pour la fabrication de l'acier (Michel R., 1984) et avec une augmentation de 2 % des besoins actuels toutes les cinq années (tableau 05 et 06)

**Tableau 31 : Estimation des besoins en eau de l'industrie dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060).**

	2008	2010	2015	2020	2025	2030
<b>Besoins AEI Hm<sup>3</sup>/an</b>	34.89	34.94	35.08	35.22	35.36	35.50
	2035	2040	2045	2050	2055	2060
<b>Besoins AEI Hm<sup>3</sup>/an</b>	35.65	35.79	35.95	36.10	36.26	36.42



**Figure 25 : Graphe de l'estimation des besoins en eau de l'industrie dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060).**

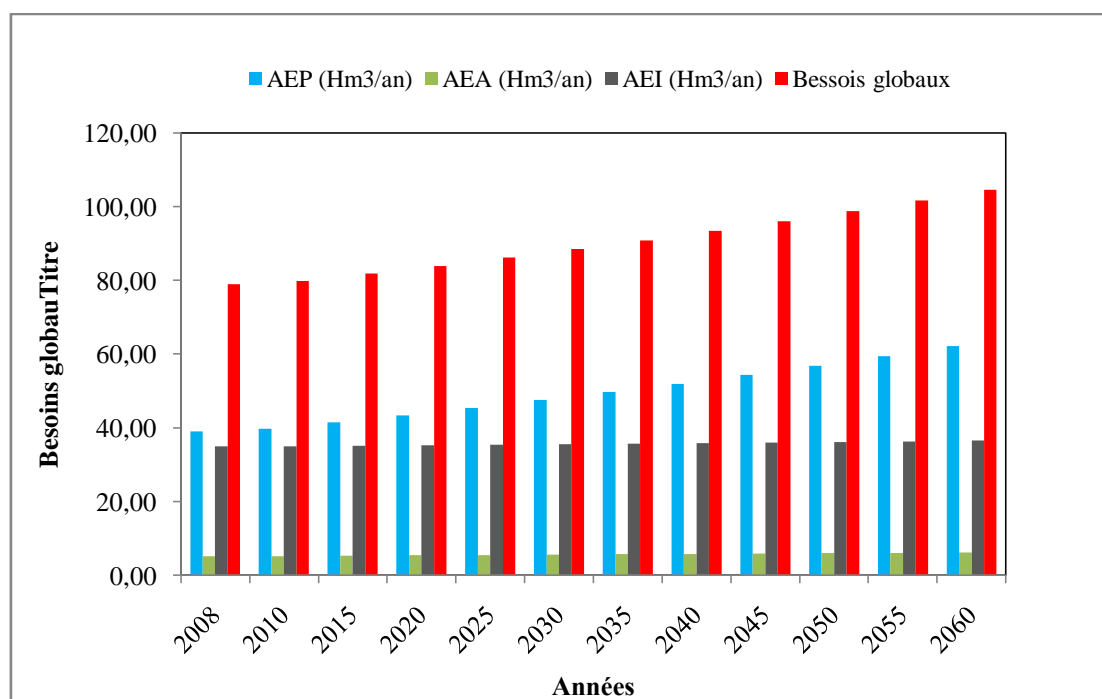
Selon le tableau 31 on peut dire que les besoins en eau de l'industrie vont augmentés de 34.89 millions de  $m^3$  en 2008, pour atteindre en 2021 les 35.25 millions de  $m^3$  et ils s'élèveront au total en 2060 environ 36.42 millions de  $m^3$ .

#### **A- 4. Les besoins en eaux globaux :**

En 2021, les besoins en eau globaux des secteurs étudiés dans la région d'étude s'élèveront à près de 84.31 millions de  $m^3$ /an. Les projections démontrent qu'à court terme (2030) les besoins en eau globaux se situeront à près de 88.41 millions de  $m^3$ /an, et ils s'élèveront à moyen terme (2045) à 95.96 millions de  $m^3$ /an. Ils atteindront à l'horizon 2060 (le long terme) les 104.53 millions de  $m^3$  /an.

**Tableau 32 : Estimation des besoins en eau globaux dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060).**

	2008	2010	2015	2020	2025	2030
<b>Besoins en AEP (Hm<sup>3</sup>/an)</b>	38.93	39.64	41.45	43.35	45.34	47.41
<b>Besoins en AEA (Hm<sup>3</sup>/an)</b>	5.09	5.13	5.22	5.31	5.40	5.50
<b>Besoins en AEI (Hm<sup>3</sup>/an)</b>	34.89	34.94	35.08	35.22	35.36	35.50
<b>Besoins Globaux</b>	78.91	79.70	81.75	83.88	86.10	88.41
	2035	2040	2045	2050	2055	2060
<b>Besoins en eau AEP (Hm<sup>3</sup>/an)</b>	49.59	51.86	54.23	56.72	59.32	62.04
<b>Besoins en AEA (Hm<sup>3</sup>/an)</b>	5.59	5.68	5.78	5.88	5.97	6.07
<b>Besoins en AEI (Hm<sup>3</sup>/an)</b>	35.65	35.79	35.95	36.10	36.26	36.42
<b>Besoins Globaux</b>	90.82	93.34	95.96	98.70	101.55	104.53



**Figure 26 : Graphe de l'estimation des besoins en eau globaux dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060).**

**A- 5. La confrontation "Besoins/ Ressources" en eaux :**

La confrontation entre les besoins et les ressources en eau au sens d'une comparaison des données actuelles ou projetées, elle sert en principe à constater l'adéquation des ressources, ou à révéler les problèmes posés par l'éventualité d'une pénurie d'eau plus ou moins à long terme (Khalfaoui F., 2008).

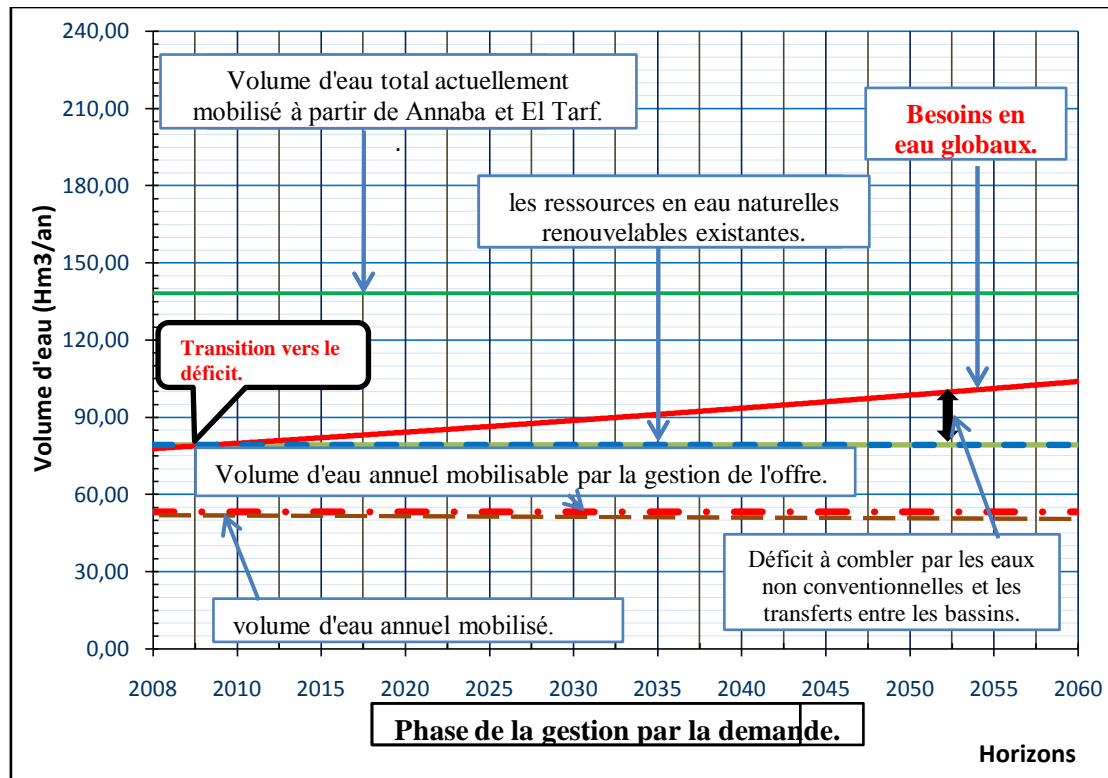
Les besoins en eau globaux dans la wilaya de Annaba égales à 84.31 millions de m<sup>3</sup>/an en 2021, et les ressources en eau naturelles renouvelables existantes sont estimées à 79.2040 millions de m<sup>3</sup>/an.

**Tableau 33 : Estimation des besoins en eau globaux et indices de consommation des différents secteurs usagers dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060).**

	<b>2008</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>
<b>Besoins Globaux</b>	78.91	79.70	81.75	83.88	86.10	88.41
<b>Indice de consommation (%)</b>	99.63	100.63	103.21	105.90	108.71	111.62
	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>	<b>2055</b>	<b>2060</b>
<b>Besoins Globaux</b>	90.82	93.34	95.96	98.70	101.55	104.53
<b>Indice de consommation (%)</b>	114.67	117.85	121.16	124.61	128.21	131.98

- **Scénario de référence (réel) :**

Avec des ressources en eau évaluées à plus de **79.2040** hm<sup>3</sup>/an, le capital en eau naturelle mobilisable dans la wilaya de Annaba est de **53.2836** hm<sup>3</sup>/an et un volume maximal de **138.2164** hm<sup>3</sup>/an mobilisé.



**Figure 27 : Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060) : courbe de l'évolution des besoins en eau globaux et des ressources mobilisées. (D'après Treyer S., 2006. Modifiée).**

A partir de la figure 27 on peut constater que le déficit en eau existe depuis 2009 même avec les eaux mobilisées de la wilaya d'El Tarf vers la wilaya de Annaba ( $85.48\text{hm}^3/\text{an}$ ).

- **Scénario optimiste :**

A la base du scénario de référence (réel) on a pu établir un scénario optimiste. Dans lequel il va s'y ajouter les ressources en eau non-conventionnelles (les eaux épurées de la STEP) avec différentes capacités de production proposées (**50%** de  $29.85\text{hm}^3/\text{an}$ , **80%** de  $47.77\text{hm}^3/\text{an}$  et **100%** de  $59.71\text{hm}^3/\text{an}$ ).

A partir des figures 28, 29 et 30 on peut constater que ce scénario peut reporter la situation de déficit vers les années 2015, 2052 et après l'horizon 2060 respectivement pour les trois capacités de production de la STEP (50%,80%et 100%) et cela sans prendre en considération les eaux mobilisé à partir de la wilaya d'El Tarf.

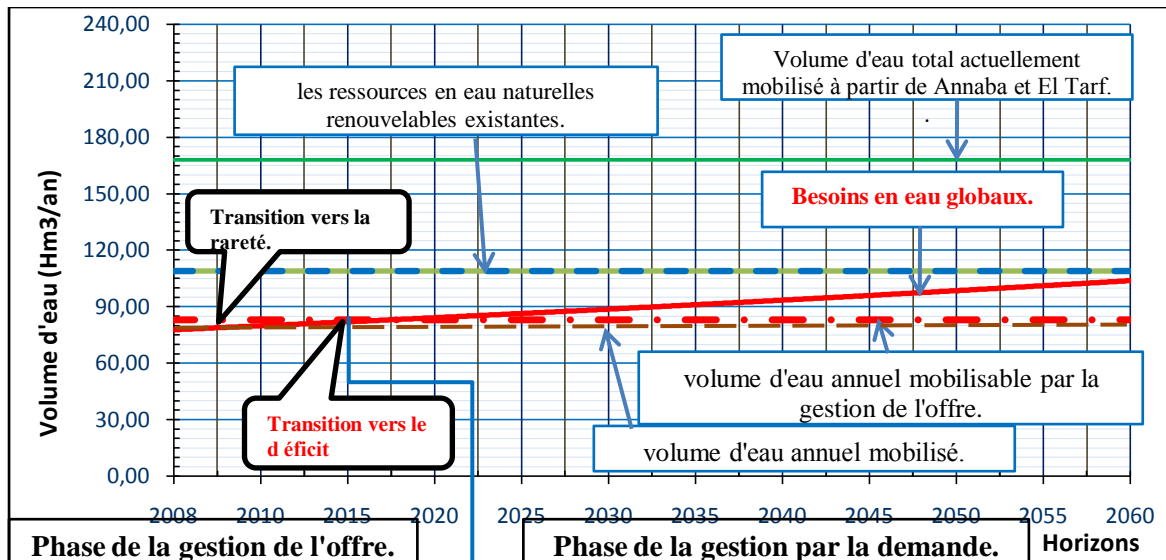


Figure 28 : Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060) pour le scénario optimiste avec l'apport de la STEP à 50% de sa capacité de production : courbe de l'évolution des besoins en eau globaux et des ressources mobilisées. (D'après Treyer S., 2006. Modifiée).

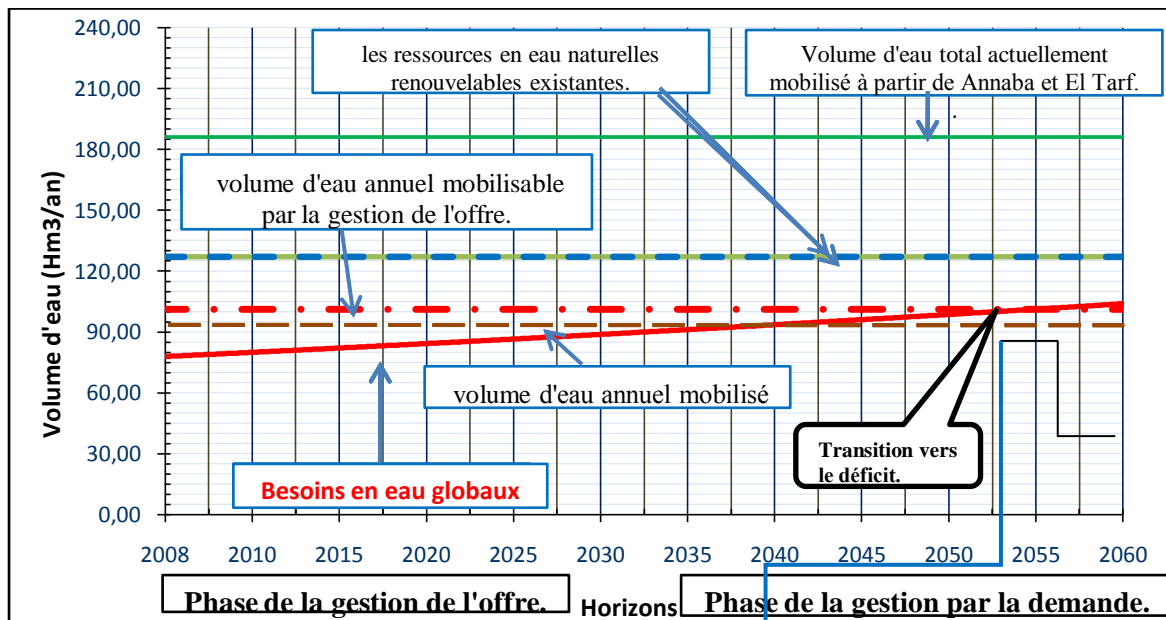
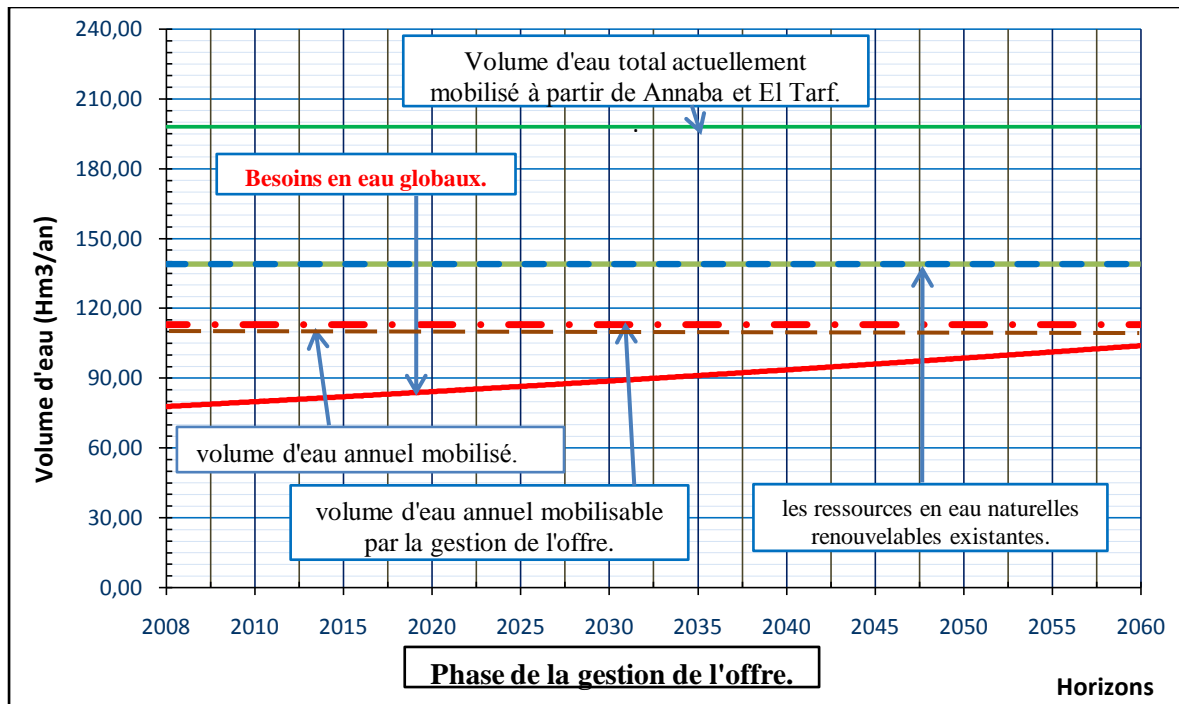


Figure 29 : Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060) pour le scénario optimiste avec l'apport de la STEP à 80% de sa capacité de production: courbe de l'évolution des besoins en eau globaux et des ressources mobilisées. (D'après Treyer S., 2006. Modifiée).



**Figure 30 : Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060) pour le scénario optimiste avec l'apport de la STEP à 100% de sa capacité de production: courbe de l'évolution des besoins en eau globaux et des ressources mobilisées. (D'après Treyer S., 2006. Modifiée).**

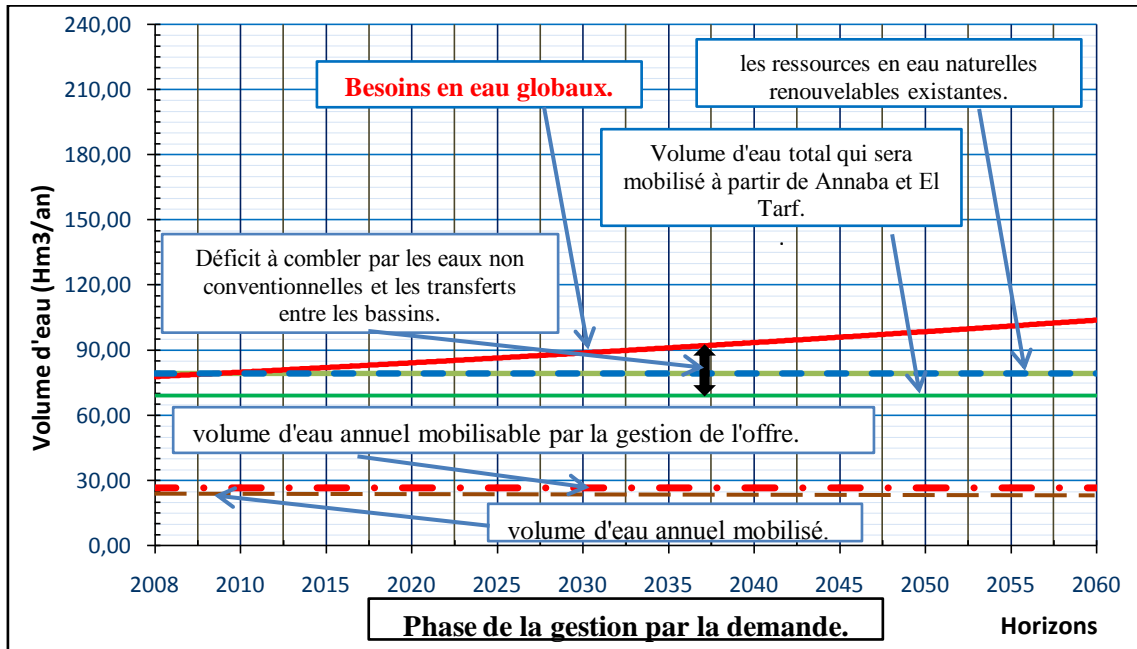
- **Scénario pessimiste :**

Dans ce scénario on va inclure l'effet des changements climatiques et bien précisément la sécheresse que connaît l'Algérie depuis 1975 (Djellouli F & al. 2016). Les Modèles de Circulation Globales GCM de la prédiction de la sécheresse et parmi eux le CMIP (Coupled Models Intercomparison Project) Projet des Modèles couplés d'Intercomparaison dans sa version 2 prédit une diminution d'environ **50%** (la basse Seybouse) **du volume ruisselé et infiltré** (Benlahrech A. I., 2019).

Sur la base de cette diminution des ressources en eau, notre scénario va se baser sur le scénario réel avec une diminution (du volume ruisselé et infiltré) des ressources mobilisables et mobilisée ainsi que renouvelables sans et avec l'apport de la station à différentes capacités de production (**50% = 29.85 hm<sup>3</sup>/an**, **80% = 47.77 hm<sup>3</sup>/an** et **100% = 59.71 hm<sup>3</sup>/an**).

Les Figures 31, 32, 33 et 34 démontrent que le déficit dans le scénario réel est fixé en 2009. Cependant, lorsqu'il s'y ajoute l'apport de la STEP, le déficit va être observé durant les années 2022, 2040 et 2052 respectivement pour les trois capacités de production

de la station d'épuration (50%, 80% et 100%) sous l'effet de la sécheresse et pour les ressources mobilisées à partir des deux wilayas.



**Figure 31 : Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060) pour le scénario pessimiste avec une diminution des ressources mobilisables et mobilisés de 50% : courbe de l'évolution des besoins en eau globaux et des ressources mobilisées.**

(D'après Treyer S., 2006. Modifiée).



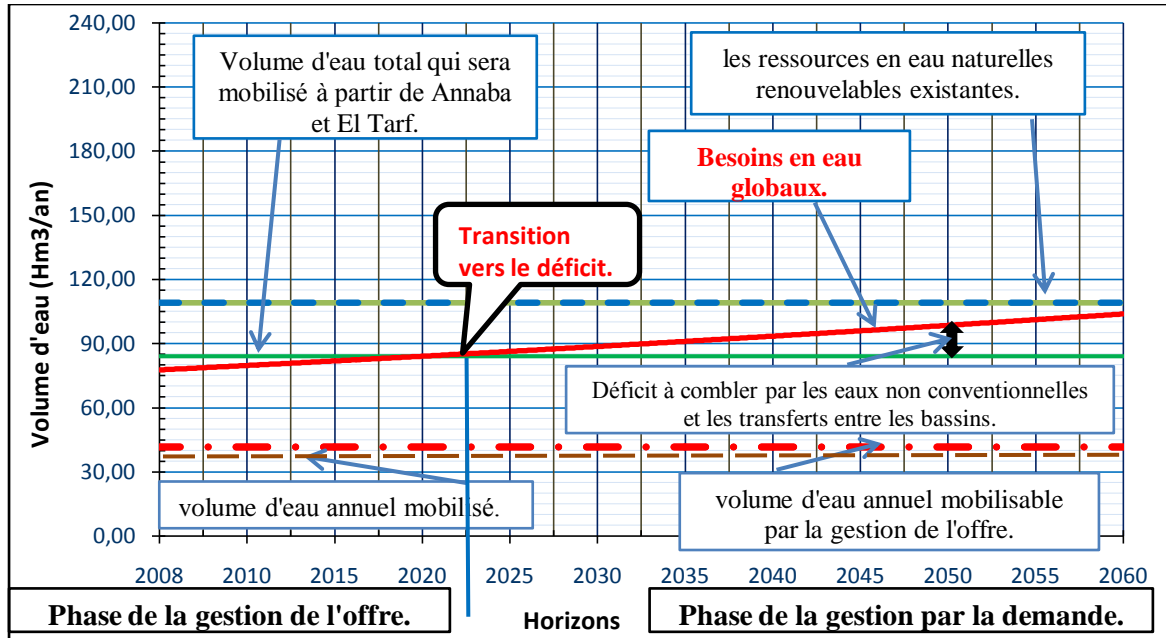


Figure 32 : Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060) pour le scénario pessimiste avec l'apport de la STEP à 50% de sa capacité de production : courbe de l'évolution des besoins en eau globaux et des ressources mobilisées. (D'après Treyer S., 2006. Modifiée).

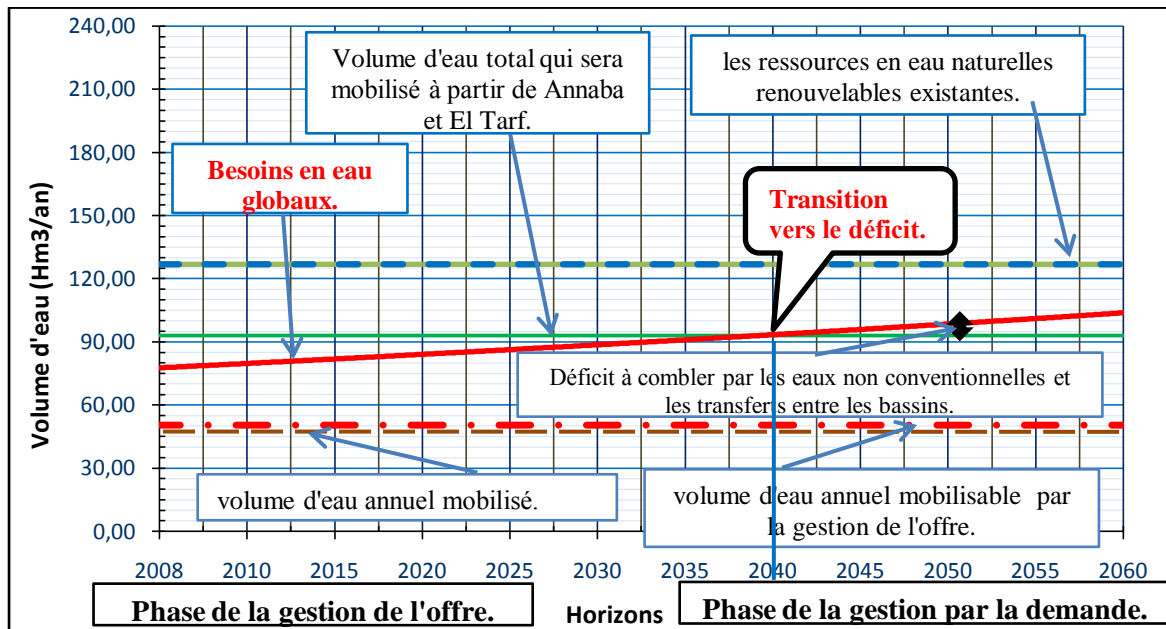


Figure 33 : Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande en eau dans la wilaya de Annaba (2008 – 2060) pour le scénario pessimiste avec l'apport de la STEP à 80% de sa capacité de production : courbe de l'évolution des besoins en eau globaux et des ressources mobilisées. (D'après Treyer S., 2006. Modifiée).



**B- La surface industrielle:**

On peut utiliser la même méthode de calcul précédente, sauf que l'industrie nécessite un approvisionnement en eau en continu, ce qui veut dire qu'on doit calculer la capacité de production de la station en temps sec (06 mois) qui est de l'ordre de **5924 m<sup>3</sup>/h**; soit **142176 m<sup>3</sup>/j** et en temps de pluie (les autres 06 mois de l'année : **8884 m<sup>3</sup>/h** ; soit **213216 m<sup>3</sup>/j**. En plus, les futures parcs industrielles ont besoin de 4,5 l/j/m<sup>2</sup> (Bouslimi M., 2004).

✚ La capacité de production de la STEP en temps sec :

$$142176 \times 182.63 = 25965602.88 \text{ m}^3/\text{an}.$$

✚ La capacité de production de la STEP en temps pluie :

$$213216 \times 182.63 = 38939638.08 \text{ m}^3/\text{an}.$$

✚ La capacité de production totale de la STEP :

$$25965602.88 \text{ m}^3/\text{an} + 38939638.08 \text{ m}^3/\text{an} = 64905240.96 \text{ m}^3/\text{an} = 64905240960 \text{ l/an}$$

$$4.5 \text{ l/m}^2/\text{j} \times 365\text{j} = 1642.5 \text{ l/m}^2/\text{an}$$

$$1\text{m}^2 \longrightarrow 1642.5 \text{ l/an}$$

$$X \longrightarrow 64905240960 \text{ l/an}$$

$$\begin{aligned} \text{La surface industrielle ajoutée par la STEP} &= \frac{64905240960}{1642.5} \\ &= 39516128.4 \text{ m}^2 = 3951.61\text{ha} \end{aligned}$$

**IV. 2. 3. 5. Amélioration de la qualité des eaux usées :**

➤ **Détermination de l'Indice de Pollution Organique (IPO) :**

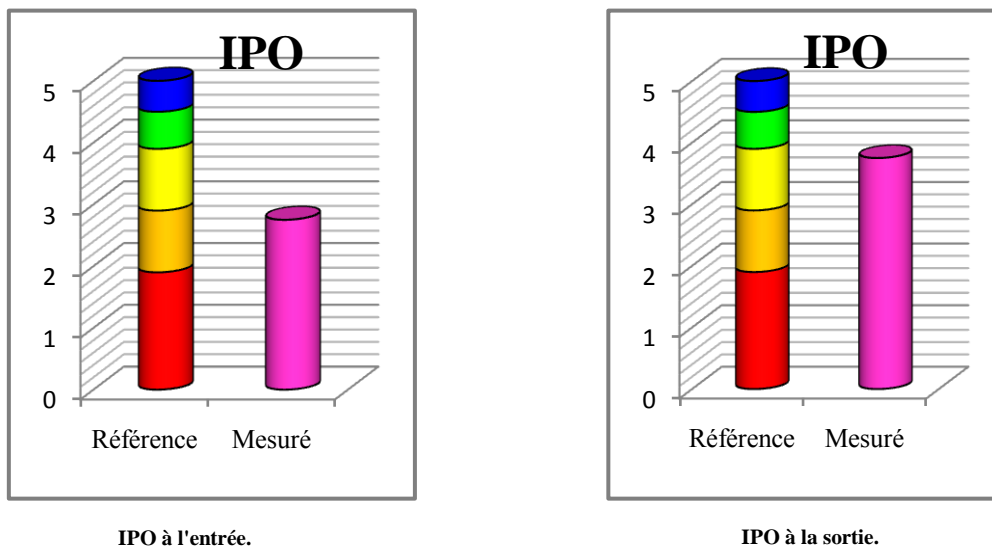
Les indicateurs de pollution regroupent les phosphates et les ions dérivés de l'azote qui provoquent des pollutions organiques. Un indice de pollution organique IPO développé par Leclercq & Maquet, 1987, calculé à partir des concentrations de ces ions, permet de classer l'eau analysée sur une échelle à 5 niveaux de pollution. L'indice le plus élevé correspond à une pollution nulle ou très faible, représentée conventionnellement par une couleur bleue. On inclut habituellement dans le calcul de l'IPO, la demande biologique en O<sub>2</sub> à 5 jours (DBO<sub>5</sub>) (Haied N., 2015).

**Tableau 34 : Paramètres et classes de l'IPO (Leclercq & Maquet, 1987).**

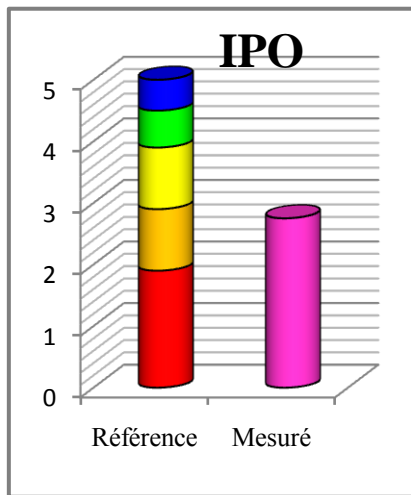
Classe	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg N/l)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (µg N/l)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (µg P/l)	DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	Couleur	IPO	Pollution organique
Classe 5	< 0.1	< 6	< 16	< 2	Blue	5 – 4.6	Nulle
Classe 4	0.1 – 0.9	6 – 10	16 – 75	2 – 5	Green	4.5 – 4.0	Faible
Classe 3	1.0 – 2.4	11 – 50	76 – 250	5.1 – 10	Yellow	3.9 – 3.0	Modérée
Classe 2	2.5 – 6.0	51 – 150	251–900	10.1 – 15	Orange	2.9 – 2.0	Forte
Classe 1	> 6	> 150	> 900	> 15	Red	1.9 – 1.0	Très forte

L'indice de la pollution organique des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la station d'Allélik (Annaba) nous renseigne sur leur qualité et leur impact sur les ressources en eau et l'environnement.

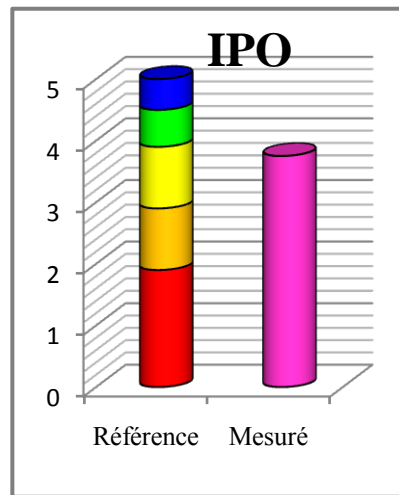
Les résultats du calcul de l'IPO sont représentés dans les figures suivantes sachant que chaque paramètre est représenté individuellement.



**Figure 35 : Indice de la pollution organique des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP de la wilaya de Annaba (Janvier 2014).**

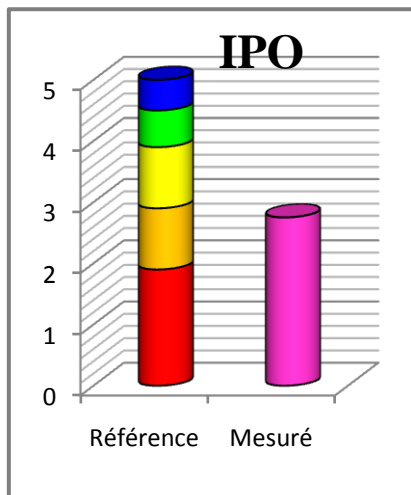


IPO à l'entrée.

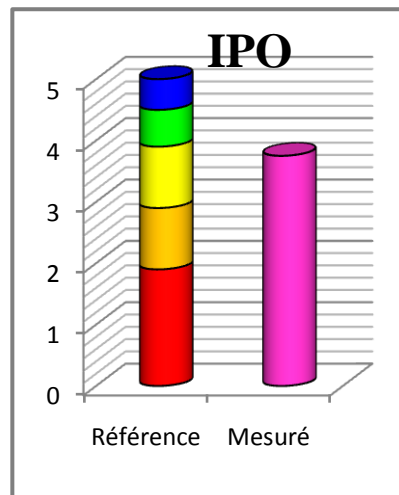


IPO à la sortie.

**Figure 36 : Indice de la pollution organique des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP da la wilaya de Annaba (Février 2014).**

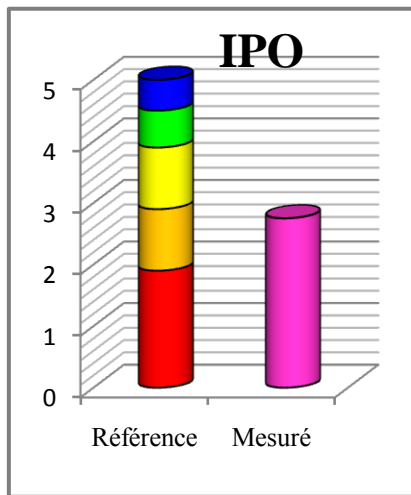


IPO à l'entrée.

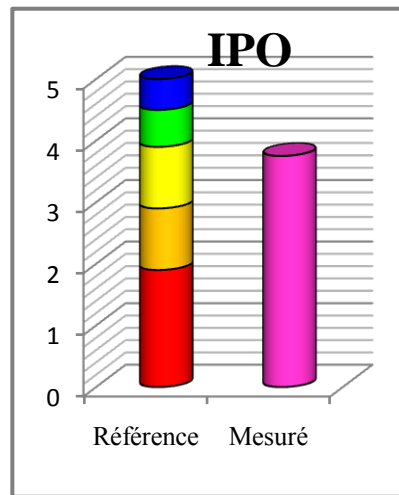


IPO à la sortie.

**Figure 37 : Indice de la pollution organique des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP da la wilaya de Annaba (Mars 2014).**

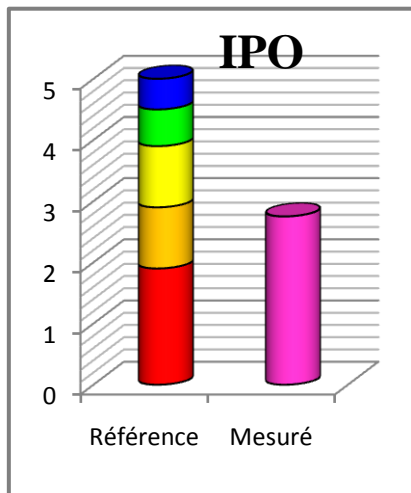


IPO à l'entrée.

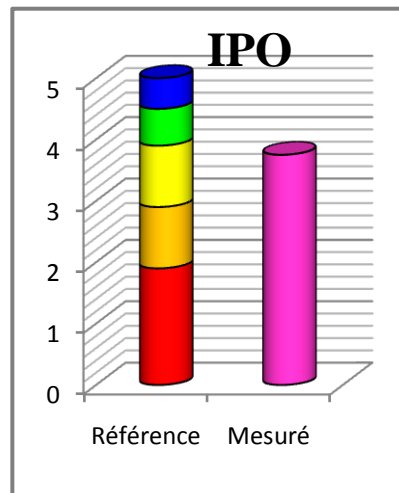


IPO à la sortie.

Figure 38 : Indice de la pollution organique des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP da la wilaya de Annaba (Avril 2014).

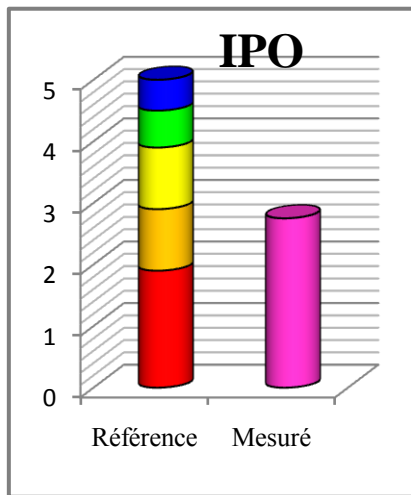


IPO à l'entrée.

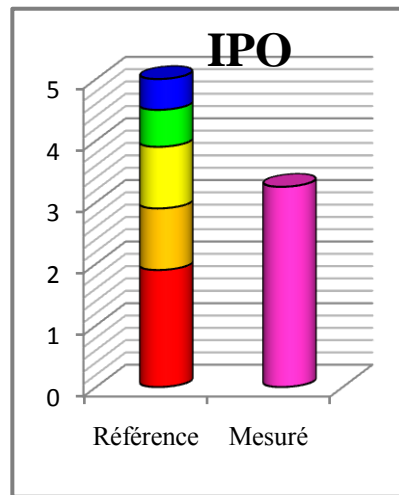


IPO à la sortie.

Figure 39 : Indice de la pollution organique des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP da la wilaya de Annaba (Juin 2014).

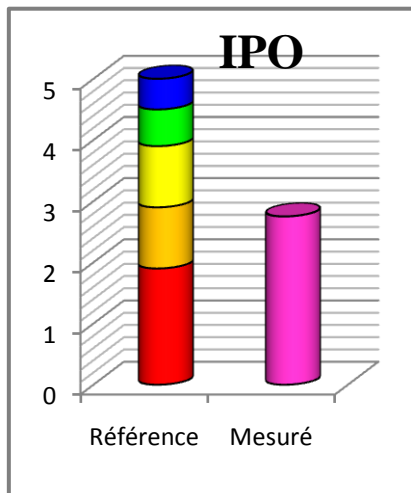


IPO à l'entrée.

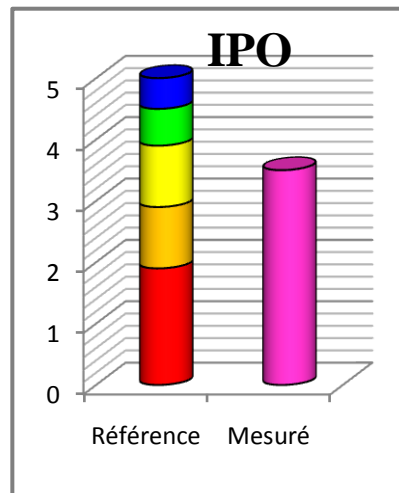


IPO à la sortie.

Figure 40 : Indice de la pollution organique des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP da la wilaya de Annaba (Septembre 2014).



IPO à l'entrée.



IPO à la sortie.

Figure 41 : Indice de la pollution organique des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP da la wilaya de Annaba (Octobre 2014).

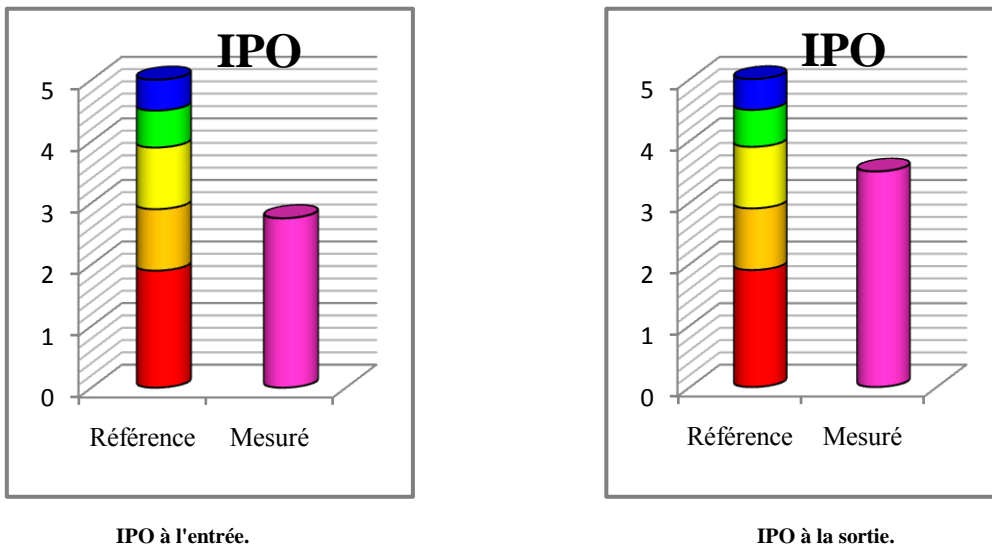


Figure 42 : Indice de la pollution organique des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP da la wilaya de Annaba (Novembre 2014).

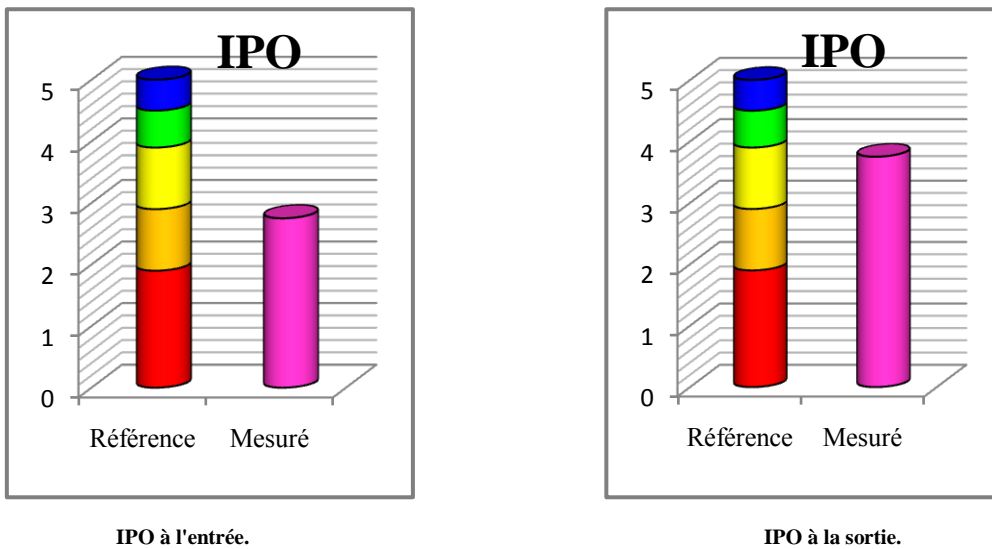


Figure 43 : Indice de la pollution organique des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP da la wilaya de Annaba (Moyenne annuelle 2014).

D'après les figures ci-dessus, l'indice de la pollution organique montre clairement que la pollution organique des eaux de notre station diminue à la sortie de la STEP et devient **modérée** par rapport à celle de l'entrée qui est une pollution **forte**, ce qui implique que notre station a un effet positif sur la qualité des eaux usées à la sortie.



**IV. 3. Conclusion :**

La station d'épuration d'Allélik (Annaba) peut avoir un apport économique très important pour la wilaya si les volumes d'eaux épurées sont réutilisés dans l'agriculture (irrigation) et surtout dans l'industrie, puisqu'elle contient les plus grandes unités industrielles du pays.

Globalement les résultats de l'Indice de Pollution Organique démontre clairement que notre STEP améliore la qualité des eaux à la sortie (usées épurées) par rapport à celle de l'entrée (avant épuration).

# Conclusion générale

***CONCLUSION GENERALE.***

## Conclusion générale

Ce modeste travail s'intéresse à déterminer l'efficacité de la STEP de Annaba et son impact sur la ville. Nous avons tenté d'exposer brièvement les principaux résultats obtenus :

- ✚ Le relief de notre région d'étude est marqué par des montagnes, des plaines et d'une bonde littorale et géologiquement par des formations sédimentaires d'âge allant du secondaire au quaternaire, métamorphiques (massif cristallophyllien de l'Edough) ainsi qu'ignées (région de Chétaibi).
- ✚ Le climat de la région d'étude est de type méditerranéen Subhumide caractérisé par deux saisons l'une pluvieuse et humide et l'autre sèche et chaude.
- ✚ La formule générale du bilan hydrique nous a permis de quantifier la hauteur du ruissellement annuelle **109.3mm** et d'infiltration **91.63mm** en se basant sur l'évapotranspiration réelle du bilan de Thornthwaite **ETR = 437.1mm**. la RFU, commence à se reconstituer à partir du mois d'octobre pour atteindre son maximum de **100mm** à partir de décembre jusque mars, à cette période apparaît un excédent de l'ordre de **201.2mm**. A partir de mois d'avril, le RFU commence à s'épuiser jusqu'au mois de juin où elle devient nulle, ce qui traduit un déficit agricole de **452.4mm** nécessitant une irrigation.
- ✚ Annaba est l'une des wilayas qui reçoivent de grandes quantités de pluie ou de précipitations au niveau national et au niveau de la région Nord-Est mais, cependant, les ressources en eau actuelle de la wilaya dépend de celles mobilisées principalement depuis la wilaya d'El Tarf en raison du manque ou de l'absence des ouvrages de stockage d'eau comme les barrages, les retenues collinaires, les puits, les forages...
- ✚ Utilisant les boues activées comme procédé de traitement, la station d'épuration des eaux usées de Annaba peut avoir des impacts positifs tel que : (i) le report du déficit en eau sans faire appel aux ressources de la wilaya d'El Tarf, (ii) un apport économique très important pour la wilaya si les volumes d'eaux épurées sont réutilisées dans le domaine agricole et industriel (En agriculture la SAUI par la STEP peut être élargie sept fois **42952.67ha** par rapport à celle irriguée par les eaux conventionnelles. En industrie, elle peut ajouter **3951.61ha** à la surface industrielle). (iii) l'amélioration de la qualité des eaux usées après traitement. De l'autre côté cette station peut avoir un certain nombre d'effets négatifs.

- 
- ✚ Enfin on peut suggérer la généralisation de ce type de stations afin de réutiliser leurs eaux surtout dans l'agriculture et l'industrie afin de limiter l'utilisation des eaux conventionnelles et les réserver aux usages domestiques tel qu'il a été décidé par le président de la république suite aux problèmes liés à la sécheresse et la diminution des réserves des barrages à travers le pays.

# Références bibliographiques

***REFERENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES.***

**Bakria M.**, 2017. Essai de gestion intégrée des ressources en eau dans la wilaya de Guelma. Mémoire de Master en Géographie et Aménagement du Territoire, option : Villes et Dynamiques Spatiales, FSNV, Université Ziane Achour-Djelfa, 72p.

**Baumont S., Camard J.P., Lefranc A. & Franconi A.**, 2004. Réutilisation des eaux usées : risque sanitaires et faisabilité en Ile de France. Rapport ORS, 220p.

**Bechiri N.**, 2011. Evolution du chimisme des eaux de surface et souterraines dans le bassin versant de la Seybouse (Nord-Est Algérien). Mémoire de Magister en Géologie, option : Qualité des eaux et impact sur l'homme et l'environnement, FST, Université Badji Mokhtar-Annaba, 97p.

**Benlahrech A.I.**, 2019. Evaluation de la sécheresse et comparaison de son impact sur la gestion des ressources en eau des agglomérations des sous bassins versants de la basse Seybouse et de l'oued Djelfa-Hadjia. Mémoire de Master en Géographie et Aménagement du Territoire option, Villes et Dynamiques Spatiales, FSNV, Université Ziane Achour-Djelfa, 104p.

**Bousslimi M.**, 2004. Alimentation en eau potable. Note de cours. Tunis, p142.

**Bouzbid F.E.Z. & Mechri K.**, 2015. Impact de la STEP de Annaba sur l'environnement. Mémoire de Master en Hydrogéologie, Département de Géologie, FST, Université Badji Mokhtar-Annaba, 58p.

**Dekhil S.W.**, 2012. Traitement des eaux usées urbaines par boues activées au niveau de la ville de Bordj Bou Arreridj en Algérie effectué par la station d'épuration des eaux usées ONA. Mémoire de Master en chimie et microbiologie, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi, 69p.

**Desjardins R.**, 1997. Le traitement des eaux. 2ème édition, Edition, Ecole polytechnique de Montréal, Canada, 303p.

**Djellouli F., Bouanani A., & Babahamed K.**, 2016. Climate change: assessment and monitoring of meteorological and hydrological drought of wadi el hammam basin (NW-Algeria). J. Fundam. Appl. Sci., 8(3), 1037-1053.

**Djerrab A. & Gherbi C.**, 1991. Etude pétrologique et géochimique du magmatisme de l'Edough: conséquences métallogéniques (Pb-Zn-Cu). Mémoire d'ingénieur, Université Badji Mokhtar-Annaba, 119p.

**Djorfi S.**, 2012. Analyse, approche de gestion et de réhabilitation des sites pollués de la région de Annaba, Nord-est Algérien. Mémoire de Magister en science en géologie, option : Ingénierie des ressources hydriques, Université de Badji Mokhtar-Annaba, 123p.

**Foufou A.**, 2018. Diagnostic et modélisation de la pollution des eaux par les métaux lourds au niveau de la décharge de Berka Zerga (Annaba). Thèse de Doctorat en sciences en Géologie, option : Hydrogéologie, IST, Université de Badji Mokhtar-Annaba, 168p.

**Gleizes G., Boulton J., Bossière G. & Collome P.**, 1988. Données lithologiques et pétrostructurales nouvelles sur le massif cristallophyllien de l'Edough (Est Algérien).

**Haied N.**, 2015. Evaluation quantitative d'une réalimentation de la nappe libre du massif dunaire de Bouteldja dans la région de Bordj Ali Bey et son impact sur la qualité des eaux souterraines. Thèse de Doctorat en sciences en Géologie, option : Hydrogéologie, IST, Université de Badji Mokhtar-Annaba, 193 p.

**Hammor D.**, 1992. Du panafricain au miocène : 600 millions d'années d'évolution polycyclique dans le massif de l'Edough (Algérie Nord-orientale) retracés par la pétrologie, la tectonique et la géochronologie (V/Pb, Rb/Sr, Sm/Nd et Ar<sup>39</sup>/Ar<sup>40</sup>). Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, 205p.

**Haoua H. & Chouiha L.H.**, 2016. L'impact de la station de dessalement d'eau de mer de Koudiet Eddraouch sur les wilayas de Annaba et El-Tarf. Mémoire de Master en Aménagement Urbain option, Villes et Dynamiques Spatiales, FSNV, Université Ziane Achour-Djelfa, 76p.

**Harouach K. & Raach S.**, 2016. Impact de la station d'épuration des eaux usées sur la ville de Djelfa. Mémoire de Master en Géographie et Aménagement du Territoire option, Villes et Dynamiques Spatiales, FSNV, Université Ziane Achour-Djelfa, 76p.

**Hilly J.**, 1962. Etude géologique du massif de l'Edough et du Cap de Fer, (Est Constantinois), carte géologique Algérie. Bull, n°19, 399p. Thèse de Doctorat.

**Ilavsky, J. & Snopkova, P.,** 1987. Découverte d'Acritarches paléozoïques dans les terrains métamorphiques de l'Edough (Wilaya d'Annaba, Algérie). Comptes rendus de l'académie des sciences, Paris 305 (serie II), 881-884.

**INRS.,** 2004. Institut National de Recherche et de Sécurité, point des connaissances sur le traitement des eaux usées, ED 5026.

**Kesbi R.,** 2016. Etude des performances épuratoires d'une STEP de l'ouest Algérien. Cas de la nouvelle STEP d'Ain Témouchent. Mémoire de Master en Hydraulique, option: Technologie de traitement des eaux, Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen, 98p.

**Khadri S.,** 2009. Qualité des eaux de la vallée de la Seybouse dans sa partie aval : Impacts des néofacteurs de pollution. Mémoire de Magister en Géologie, option : Géo-Sciences, FST, Université Badji Mokhtar-Annaba, 108p.

**Khalfaoui F.,** 2008. Ressources en eau et gestion intégrée Dans le bassin versant du saf-saf (Nord-Est Algérien). Mémoire de Magister en géologie, option : Hydrogéologie, Université Badji Mokhtar-Annaba, 129 p.

**Laouar R., Boyce A.J., Ahmed Said Y., Ouabadi A., Fallick A.E. & Toubal A.,** 2002. Stable isotope study of ignous, metamorphic and mineralized rocks of the Edough complex, Annaba, Northeast Algeria. Journal of African earth sciences 35 pp. 271-283.

**Leclercq & Maquet.,** 1987. Deux nouveaux indices chimique et diatomique de qualité d'eau courante. Application au Samson et à ses affluents (Bassin de la Meuse Belge). Comparaison avec d'autres indices chimiques, biocénotiques et diatomiques. Inst. roy. Sc. Nat. Belg., Document de travail 38: 113 p.

**Lekoui S.,** 2011. Evaluation du risque lié aux sites pollués en milieu urbain et industriel (Annaba, Nord Est algérien). Mémoire de Magistère, Université Badji Mokhtar-Annaba, 138p.

**Libes Y.,** 2010. Les eaux usées et leur épuration.

**M.A.D.R.,** 2001. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.

**M.A.D.R.,** 2014. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Annuaire Statistique de l'Algérie n° 34, Chapitre XII: Agriculture, Forêts, Pêche, fichier Word.



**Michel R.**, 1984. L'eau et l'industrie en lorraine, les exemples des industries sidérurgiques et des industries du charbon. Tome 24, N2-3, 11p.

**Miquel M.G.**, 2003. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, La qualité de l'eau et de l'assainissement en France. Tome II - annexes n° 215 Sénat, session ordinaire, 23-24.

**Monographie de la wilaya de Annaba**, 2013.

**Nafaa D.H.**, 2019. Stratégie de mobilisation de ressources en eau non conventionnelle Approche méthodologique Etude prospective du cas des eaux usées épurées de la ville d'Annaba. Thèse de Doctorat en science, option : Hydraulique, Université Badji Mokhtar-Annaba, 126p.

**O.N.A.**, 2016. Office National d'Assainissement.

**O.N.M.**, 2021. Office national de la météorologie, Annaba.

**Ouanouki B.**, 2012. Modélisation de la demande en eau dans une région aride. Cas de la Wilaya de Djelfa. Revue Nature & Technologie. N° 06. p 93-105.

**Rahou K.B.**, 2014. Evaluation des performances des aérateurs de surface de la STEP d'El-Kerma, Oran. Mémoire de Master, Département de Génie Chimie, Université d'Oran.

**Rayan S.**, 2007. Etude de conception d'un procédé de séchage combiné de boues de stations d'épuration par énergie solaire et pompe à chaleur. Thèse de Doctorat en science de l'ingénieur, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, 132p.

**Rejsek F.**, 2002. Analyse de l'eau, aspects réglementaire et technique, Edition CRDP d'Aquitaine, France.

**Renou S.**, 2006. Analyse de cycle de vie appliquée aux systèmes de traitement des eaux usées, thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine, 258p.

**Saadi M. & Lahmar F.A.**, 2018. Evaluation de l'efficacité de la station d'épuration de Guelma (N-EST ALGERIE). Mémoire de Master en Sciences et technique, option : Aménagement et Ouvrages Hydrauliques, Université Badji Mokhtar-Annaba, 97p.

**Said M.**, 2019. Traitement des eaux usées dans la ville de Mostaganem, état actuel et perspectives. Mémoires de Master en Sciences agronomiques, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, 63p.

**Touati B.**, 2010. Les barrages et la politique hydraulique en Algérie : état, diagnostique et perspectives d'un aménagement durable. Thèse de Doctorat en Aménagement du territoire, option : Aménagement rural, Université Mentouri-Constantine, 385p.

**UNESCO.**, 2008. Fiche technique, Traitement des eaux usées par lagunage.

**Vaillant J.R.**, 1974. Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux usées urbaines et eaux résiduaires industrielles. Edition Eyrolles, Paris.

**Villa J.M.**, 1980. La chaîne Alpine d'Algérie orientale et des couffins Algéro-Tunisiens. Thèse Doctorat d'état, Université Paris VI, 3 volumes, 650 p. C ; R. Acad. Sci. Paris, t 306, série II, p 1001-1008.

### Références en arabe :

مريخي ي.، 2010، التوازن البيئي والتنمية السياحية المستدامة لولاية عنابة ، مذكرة شهادة ماجستير في علوم التهيئة العمرانية فرع التهيئة الاقليمية ، جامعة منتوري قسنطينة، 181ص.