

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



**Université Blida 1**

**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**

**Département de biologie et physiologie cellulaire**

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en biologie

**Domaine : S.N.V**

**Filière : Sciences biologiques**

**Option : Microbiologie-bactériologie**

**Thème :**

**Identification et étude de l'antibiorésistance des bactéries isolées de différents échantillons d'eau**

**Présenté par :**

- **Mme SAFRI Soumia**
- **Melle SALEM Widded**

**Soutenu publiquement :**

**Le 29 Juin 2016**

Devant le jury composé de

Mme MEKLAT A.	<b>Présidente</b>	MCA	Université Blida 1
Mme BOKRETA S.	<b>Examinatrice</b>	MAB	Université Blida 1
Mme HAMAIDI F.	<b>Promotrice</b>	MCA	Université Blida 1
Mr KAIS H.	<b>Co-promoteur</b>	Ingénieur	Université Blida 1

*Année Universitaire : 2015/ 2016*



# Remerciements

*Nous remercions ALLAH le tout puissant pour nous avoir donné le courage, la santé et les moyens pour réaliser ce modeste travail.*

*Nos vifs remerciements vont en premier lieu à notre promotrice Mme HAMAIDI. F, qui a bien voulu accepter l'encadrement de notre travail, elle nous a aidées avec ses orientations éclairantes accompagnées d'une grande gentillesse.*

*Nous remercions notre co promoteur Mr KAIS. H, pour son aide et sa disponibilité à chaque fois que nous avons besoin de lui.*

*Nous voudrions remercier Mme MEKLAT. A qui nous a honorés d'avoir accepté de présider le jury. Nous remercions également Mme BOKRETA. S d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nous n'oublions pas de remercier vivement les membres de l'équipe du laboratoire d'hygiène de BLIDA : Mr Hamida, Mme Ben Ahmed, Mlle Khadidja, Mlle Nawel et en particulier Mr Teffahi Djamel qui nous a beaucoup approvisionné en milieux et réactifs nécessaires, et de ne nous avoir jamais privé de son savoir.*

*Nous remercions l'ensemble des enseignants pour tous ce qu'ils nous ont appris.*

*Nous remercions tous nos camarades de la section pour tous les souvenirs que nous avons gardés de cette étape de notre vie.*

*Et enfin un grand merci à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.*

## *Dédicaces*

*Je tiens à dédier ce modeste travail à :*

*Ma mère, symbole d'amour et de don*

*Mon père à qui je dois ma réussite*

*Mon cher époux*

*Mes frères Ibrahim, Ayoub et ma petite sœur Asmaa*

*Ma grande famille sans exception*

*Mes beaux-parents*

*Mes beaux-frères et belles sœurs*

*Toutes mes amies : Hadjira, Nesrine, Rania, Khaoula*

*Ma chère binôme Widded*

*Mes camarades de la promotion 2015/2016*

***Soumia***



# Dédicaces

*Je tiens à dédier ce modeste travail à :*

*Mon cher père qui m'a inculqué les justes valeurs, appris le sérieux et la rigueur.*

*Mon irremplaçable maman qui m'a apporté depuis toujours son amour, sa tendresse et son soutien.*

*Mon frère Abdennour et ma sœur Nawel ainsi que son époux*

*Toute ma grande famille (oncles, tantes, cousins et cousines)*

*Mes amis (es) : Meriem, Farida, Hanna, Samah, Ahlem, F/Z, Lydia, Abderrahmane.*

*Ma binôme Soumia*

*Mes camarades de la promotion 2015/2016*

*Widded*



# Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des Abréviations

Page

**INTRODUCTION.....1**

## **PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE**

**I.POLLUTION DE L’EAU.....3**

I.1. Définition de la pollution de l’eau.....3

I.2. Origine de la pollution.....3

I.3. Effet de la pollution.....4

I.4. Maladies à transmission hydrique d’origine bactérienne .....4

**II.CARACTERISTIQUES MICROBIOLOGIQUES DES EAUX .....5**

II.1. Germes indicateurs de contamination fécale.....5

II.2. Germes pathogènes.....6

**III. RESISTANCE AUX ANTIBIOTIQUES ET CONTAMINATION DES EAUX PAR  
LES BACTERIES MULTIRESISTANTES .....8**

III.1. Résistance aux antibiotiques.....8

III.1.2. Définition des antibiotiques.....8

III.1.3. Mode d’action des antibiotiques.....8

III.1.4. Mécanismes de résistance .....10

III.1.5. Mécanismes biochimiques de résistance bactérienne aux agents antimicrobiens.....11

III.2. Contamination des eaux par les bactéries multirésistantes.....	12
---	----

## **PARTIE EXPERIMENTALE**

<b>I. Matériel et méthodes.....</b>	<b>14</b>
I.1. Présentation des sites de prélèvements.....	14
I.2. Fréquence et mode de prélèvement.....	18
I.3. Transport et conservation des échantillons.....	18
I.4. Matériel.....	18
I.5. Analyses bactériologiques.....	19
I.5.1. Préparation des dilutions .....	19
I.5.2. Recherche et dénombrement des bactéries indicatrices de contamination fécale .....	19
I.5.3. Recherche et dénombrement des Anaérobies Sulfito-Réducteurs.....	25
I.5.4. Recherche des Salmonelles.....	27
I.5.5. Recherche des <i>Staphylococcus aureus</i> .....	27
I.5.6. Recherche des Vibrions cholériques.....	29
I.5.7. Recherche des <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	30
I.6. Identification biochimique des bactéries .....	31
I.7. Antibiogramme.....	32
I.8. Souche de références.....	34
I.9. Indice MAR .....	34
I.10. Analyse statistique .....	35
<b>II. Résultats et discussion.....</b>	<b>36</b>
II.1. Résultats des analyses bactériologiques.....	36
II.2. Identification des souches isolées des eaux des différents sites de prélèvement.....	42
II.3. Répartition des entérobactéries détectées selon les sites de prélèvements.....	49
II.4. Distribution de l'ensemble des entérobactéries.....	50

II.5. AntibioGramme.....	52
II.5.1. Résistance des entérobactéries aux antibiotiques testés.....	52
II.5.2. Résistance des germes pathogènes aux antibiotiques testés.....	69
II.6. Résultats de l'indice MAR.....	71
<b>Conclusion.....</b>	<b>75</b>
Références bibliographiques	
Annexes	

# Résumé

La présente étude a été effectuée pour évaluer d'une part la qualité bactériologique et d'autre part l'antibiorésistance des bactéries isolées de différents échantillons d'eaux prélevés dans deux stations de l'oued Beni Aza et des effluents ainsi que les eaux épurées de la station d'épuration de Chenoua.

L'analyse effectuée s'est portée d'abord sur la quantification des bactéries indicatrices de contamination fécale à savoir les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux, et les germes non spécifiques de contamination fécale qui sont les Anaérobies – Sulfito-Réducteurs ensuite sur les bactéries pathogènes comme les *Pseudomonas*, *Staphylococcus aureus*, salmonelles et les vibrions.

La recherche des bactéries pathogènes montre une fréquence de (100 %, 40 %) pour les *Pseudomonas aeruginosa*, (0 %, 40 %) pour *Staphylococcus aureus*, (0 %, 20 %) pour *Salmonella* dans la station n°1 et n°2 de l'oued Beni Aza respectivement, et une absence totale de *Vibrio cholerae*.

Dans la STEP, nous avons noté uniquement la présence de *Salmonella* (100%) dans les eaux usées brutes, ainsi que l'absence de tous les germes pathogènes dans les eaux épurées.

Un total de 35 bactéries entériques a été dénombré, 15 sont isolées des eaux de l'oued, et 20 de la STEP. Les eaux du oued ont montré une prédominance d'*Enterobacter sakazakii* et de *Klebsiella spp* avec 3 souches (20 %), tandis que *Klebsiella pneumoniae* et *Serratia odorifera* étaient beaucoup plus isolées dans les stations d'épuration avec 3 souches (15 %).

Les résultats de l'antibiogramme montrent que les entérobactéries présentent des profils variables. En général, les bactéries testées montrent une très forte sensibilité vis-à-vis de la Tobramycine (100 %) et une résistance majoritaire pour les  $\beta$ -lactamines utilisés.

De plus, l'étude de l'antibiorésistance de *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa* a révélé une résistance vis-à-vis de l'Amoxicilline + Acide clavulanique, de la Vancomycine et de l'Acide fusidique.

Les résultats du calcul de l'indice MAR ont montré que les isolats bactériens ont une valeur supérieur à 0,2 ce qui indique une possibilité que toutes les souches ont été exposés à plusieurs antibiotiques. Appliqué aux sites, les valeurs de cet indice varient entre 0,45 et 0,63, indiquant ainsi que les eaux des sites étudiés sont contaminés par des fèces humaines.

**Mots clés :** Eaux, oued Beni Aza, STEP Chenoua, bactéries pathogènes, *Enterobacteriaceae*, résistance, antibiogramme, MAR (Multiple Antibiotic resistance).



# *Abstract*

The aims of the present study were to evaluate the bacteriological quality and the antibiotic resistance of the isolated bacteria of various samples of waters taken of the Beni Aza wadi and from the wastewater-treatment plant of Chenoua.

This analysis concerned the quantification of the fecal indicator bacteria which are: total coliforms, fecal coliforms and fecal streptococci, and the not specific germs of faecal contamination which are the Anaerobic - Sulfito- Reducers. Also, we analyzed pathogens bacteria like *Pseudomonas*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* and *Vibrio*.

The results showed that the pathogenic bacteria presented a frequency of (100%, 40 %) for *Pseudomonas aeruginosa*, (0%, 40 %) for *Staphylococcus aureus*, (0%, 20%) for *Salmonella* in the station 1 and 2 of the Beni Aza wadi respectively, and the absence of *Vibrio cholerae*.

In the wastewater-treatment plant, we noted a presence of *Salmonella* (100%) in influent wastewater, and the absence of all the pathogenic in treated waters.

A total of 35 enteric bacteria was counted, 15 are isolated in the waters of the wadi, and 20 in the wastewater treatment plant. The wadi showed that *Enterobacter sakazakii* and *Klebsiella spp* were presented with 3 strains (20%). *Klebsiella pneumoniae* and *Serratia odorifera* were much more isolated in wastewater treatment 3 (15%).

The results of antibiogram showed that enterobacterial presented variable profiles. Generally, the tested bacteria showed a very strong sensitivity for the Tobramycin (100%) and a majority resistance for the  $\beta$ -lactams.

Furthermore, the study of the *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* resistance for antibiotics revealed a resistance towards the Amoxicilline + Clavulanique acid, the Vancomycin and Fusidic acid.

All the isolates had a very high multiple antibiotic-resistance index (MAR), suggesting that the origin of the isolates to be of high antibiotic usage. The values calculated for sites varied between 0.45 and 0.63, indicating that sites are contaminated by human feces.

**Key words:** Waters, Beni Aza wadi, wastewater-treatment plant of Chenoua, pathogenic bacteria, *Enterobacteriaceae*, resistance, antibiogram, MAR (Multiple Antibiotic resistance).

# ملخص

أجريت هذه الدراسة لتقييم الجودة البكتريولوجية ودراسة مقاومة الجراثيم للمضادات الحيوية من طرف البكتيريا المعزولة من عينات المياه المأخوذة من واد بني عزة ومحطة معالجة مياه الصرف لشنوة.

التحليل تمحورت حول تحديد كمية البكتيريا الدالة على التلوث الغائطي مثل coliformes totaux, coliformes Anaérobie وكذلك عن الاحياء الدقيقة الغير الخاصة بالتلوث الغائطي و هي fécaux : streptocoques fécaux sulfito : réducteurs.

تظهر دراسة البكتيريا المسببة للأمراض تكرر بنسبة (0٪، 40٪) بالنسبة ل *Staphylococcus aureus* ، (100٪، 40٪) بالنسبة ل *Pseudomonas aeruginosa* ، (0٪، 20٪) بالنسبة ل *Salmonella* في المحطة رقم 1 ورقم 2 لواد بني عزة على التوالي والغياب التام ل *Vibrio cholerae*.

لاحظنا وجود (100٪) لنوع *Salmonella* في مياه الصرف الغير المعالجة، وغياب تام لكل البكتيريا المسببة للأمراض في المياه المعالجة .

تم عزل 35 بكتيريا ، 15 منها عزلت من واد بني عزة ، و 20 من محطة معالجة المياه لشنوة، حيث أظهر الواد غلبة *Enterobactere sakazakii* و *Klebsiella spp* 3 سلالات (20٪) ، *Kelbsiella pneumoniae* ، *Serratia odorifera* 3 سلالات (15٪) هي البكتيريا الاكثر عزلة من محطة معالجة مياه الصرف لشنوة.

نتائج فحص المضادات الحيوية بينت ان البكتيريا تبدي انماطا متنوعة.

بصفة عامة البكتيريا المختبرة اظهرت حساسية عالية للتوبراميسين، ومقاومة طاغية للبيتا لكتامين المستعملة .

بالإضافة الى ذلك، تظهر دراسة مقاومة المضادات الحيوية بالنسبة ل *Staphylococcus aureus* و *Pseudomonas aeruginosa* مقاومة للا موكسيسيلين + حمض الكلافولانيك ، فانكوميسين و حمض الفوسيديك .

نتائج المقاومة المتعددة للمضادات الحيوية اسفرت عن ظهور قيمة اكبر من 2، 0 ، مما يؤكد امكانية ان كل السلالات عرضت الى عدة مضادات حيوية . مع ذلك قد ادى الكشف عن المقاومة المتعددة للمضادات الحيوية للبكتيريا المعزولة من مياه واد بني عزة و محطة معالجة مياه الصرف لشنوة الى الاستعمال المفرط للمضادات الحيوية و النشاطات المختلفة للانسان.

**الكلمات المفتاحية :** ماء، واد بني عزة، محطة معالجة الصرف لشنوة، البكتيريا المسببة للأمراض ، العصيات المعوية، مقاومة، المقاومة المتعددة للمضادات الحيوية .

## *Liste des abréviations*

**AM** : Ampicilline

**AMC** : Amoxicilline + acide clavulanique

**ATCC** : American Type Culture Collection

**ASR** : Anaérobies Sulfito-Réducteurs

**BCPL** : Bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol

**BHIB**: Brain-Heart Infusion Broth

**BLSE**: Béta Lactamses à Spectre Elargi

**C** : Chloramphénicol

**CF** : Coliformes Fécaux

**CT** : Coliformes Totaux

**CTX** : Céfotaxime

**CZ** : Céfazoline

**EB** : Eau Brute

**EE** : Eau Epurée

**EPA** : Eau Peptonée Alcaline

**FA** : Acide Fusidique

**GNAB** : Gélose Nutritive Alcaline et Biliée

**IMP** : Imipenème

**L** : Lincomycine

**MAR** : Multiple Antibiotic Resistance

**MT** : Métronidazole

**NPP** : Nombre le Plus Probable

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

**SFB** : Bouillon sélénite-cystéine

**SF** : Streptocoques Fécaux

**STEP** : Station d'épuration des eaux usées

**TOB** : Tobramycine

**UFC** : Unité Formant Colonie

## *Liste des tableaux*

N° de tableau	Titre	Page
<b>I</b>	Infektions transmissibles par l'eau ou étroitement liées à l'eau.	<b>Annexe II</b>
<b>II</b>	Principaux mécanismes d'actions des antibiotiques.	<b>9</b>
<b>III</b>	Description des stations de prélèvement au niveau de l'oued	<b>15</b>
<b>IV</b>	Résultats des coliformes totaux	<b>36</b>
<b>V</b>	Résultats des coliformes fécaux	<b>37</b>
<b>VI</b>	Résultats des streptocoques fécaux	<b>38</b>
<b>VII</b>	Nombre des bactéries pathogènes isolées à partir de la station n° 1 de l'oued	<b>41</b>
<b>VIII</b>	Nombre des bactéries pathogènes isolées à partir de la station n° 2 de l'oued	<b>41</b>
<b>IX</b>	Nombre des bactéries pathogènes isolées à partir des eaux usées brutes de la STEP	<b>41</b>
<b>X</b>	Examen macroscopique des colonies suspectes	<b>42</b>
<b>XI</b>	Illustration de l'identification par galerie Api 20E des espèces d'entérobactéries	<b>43</b>
<b>XII</b>	Illustration de l'identification par galerie biochimique classique des espèces d'entérobactéries	<b>47</b>
<b>XIII</b>	Espèces identifiées	<b>48</b>
<b>XIV</b>	Tableau récapitulatif	<b>51</b>
<b>XV</b>	Pourcentage de <i>Proteus mirabilis</i> résistant aux antibiotiques testés couvrant chaque site	<b>53</b>
<b>XVI</b>	Pourcentage de <i>Serratia odorifera</i> résistant aux antibiotiques testés couvrant chaque site	<b>55</b>
<b>XVII</b>	Pourcentage de <i>Pantoea ssp2</i> résistant aux antibiotiques testés couvrant chaque site	<b>56</b>
<b>XVIII</b>	Pourcentage de <i>Klebsiella ornithinolytica</i> résistant aux antibiotiques testés couvrant chaque site	<b>57</b>
<b>XIX</b>	Pourcentage de <i>Citrobacter freundii</i> résistant aux antibiotiques testés couvrant chaque site	<b>59</b>
<b>XX</b>	Pourcentage de <i>Salmonella spp</i> résistant aux antibiotiques testés couvrant chaque site	<b>61</b>
<b>XXI</b>	Pourcentage d' <i>Enterobacter sakazakii</i> résistant aux antibiotiques testés couvrant chaque site	<b>62</b>
<b>XXII</b>	Pourcentage d' <i>Escherichia coli</i> résistant aux antibiotiques testés couvrant chaque site	<b>65</b>
<b>XXIII</b>	Pourcentage de <i>Kebsiella spp</i> résistant aux antibiotiques testés couvrant chaque site	<b>66</b>
<b>XXIV</b>	Comparaison des taux de résistance obtenus dans cette étude dans la STEP, avec la littérature.	<b>67</b>
<b>XXV</b>	Comparaison des taux de résistance obtenus dans cette étude dans l'oued, avec la littérature.	<b>68</b>

<b>XXVI</b>	Nombre de résistance de l'ensemble des bactéries à un ou plusieurs antibiotiques	<b>68</b>
<b>XXVII</b>	Diamètre de zone d'inhibition de <i>S.aureus</i> vis-à-vis de la pénicilline G	<b>70</b>
<b>XXVIII</b>	Table de NPP (table de Mac Grady)	<b>Annexe II</b>
<b>XXIX</b>	Table de lecture de la galerie Api 20 E	<b>Annexe II</b>
<b>XXX</b>	Noms, abréviations et charge d'antibiotiques utilisés	<b>Annexe II</b>
<b>XXXI</b>	Normes microbiologiques des rejets des eaux usées	<b>Annexe II</b>
<b>XXXII</b>	Valeurs critiques des diamètres des zones d'inhibition et des CMI pour les <i>Entérobactéries</i> .	<b>Annexe II</b>
<b>XXXIII</b>	Valeurs critiques des diamètres des zones d'inhibition et des CMI pour <i>Staphylococcus spp.</i>	<b>Annexe II</b>
<b>XXXIV</b>	Valeurs critiques des diamètres des zones d'inhibition et des CMI pour <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .	<b>Annexe II</b>
<b>XXXV</b>	Résultats des analyses bactériologiques de l'oued Beni Aza	<b>Annexe III</b>
<b>XXXVI</b>	Résultats des analyses bactériologiques de la STEP de Chenoua	<b>Annexe III</b>
<b>XXXVII</b>	Résultats de mesure des zones d'inhibition pour les Entérobactéries détectées, exprimés en millimètre.	<b>Annexe III</b>
<b>XXXVIII</b>	Résultats de mesure des zones d'inhibition pour les Pseudomonas détectées, exprimés en millimètre	<b>Annexe III</b>
<b>XXXIX</b>	Résultats de mesure des zones d'inhibition pour <i>Staphylococcus aureus</i> détectées, exprimés en millimètre	<b>Annexe III</b>

## *Liste des figures*

N° de figure	Titre	Page
01	Action des antibiotiques sur la structure de la bactérie	9
02	Présentation de la zone d'étude	14
03	Localisation géographique des sites de prélèvements de l'Oued Beni Aza	15
04	Oued Beni Aza Site 1	16
05	Oued Beni Aza Site 2	17
06	Station d'épuration de Chenoua	17
07	Point de prélèvement de l'eau brute	16
08	Point de prélèvement de l'eau épurée	18
09	Principe de la dilution	19
10	Résultat positif du milieu BCPL	21
11	Repiquage sur milieu Schubert	22
12	Apparition d'un anneau rouge	23
13	Résultat positif du milieu ROTHE	24
14	Résultat sur milieu EVA-LITSKY	25
15	Lecture des résultats des spores d'Anaérobies-Sulfito-Réducteurs	26
16	Résultat d'une catalase positive	28
17	Coagulase positive	29
18	Galerie classique d'identification biochimique	31
19	Galerie Api 20 E ensemencée	32
20	Lecture de l'antibiogramme	33
21	Variation des A.S.R dans les eaux de l'oued	40
22	Variation des A.S.R dans les effluents bruts et traités de la STEP	40
23	Répartition des Entérobactéries détectées dans les deux sites de prélèvements de l'oued Beni Aza	49
24	Répartition des Entérobactéries détectées dans les deux sites de prélèvements au niveau de la STEP	49
25	Répartition de l'ensemble des espèces d'Entérobactéries des eaux échantillonnées à partir de l'oued Beni Aza	50
26	Répartition de l'ensemble des espèces d'Entérobactéries issues des effluents bruts et traités de la STEP	51
27	Pourcentage de <i>Serratia marcescens</i> résistant aux antibiotiques testés (n=1)	54
28	Pourcentage global de <i>Serratia odorifera</i> résistant aux antibiotiques testés (n=4)	54
29	pourcentage de résistance de <i>Pantoea ssi</i> aux antibiotiques testés (n=1)	55
30	pourcentage de résistance de <i>Pantoea ssp2</i> aux antibiotiques testés (n=2)	56
31	Pourcentage de <i>Klebsiella ornithinolytica</i> résistant aux antibiotiques testés (n=3)	57
32	Pourcentage de <i>Kelbsiella pneumoniae</i> résistant aux antibiotiques testés (n=2)	58

<b>33</b>	Pourcentage d' <i>Enterobacter amnigenus</i> 2 résistant aux antibiotiques testés (n=1).	<b>58</b>
<b>34</b>	Pourcentage de <i>Citrobacter freundii</i> résistant aux antibiotiques testés (n=3)	<b>59</b>
<b>35</b>	Pourcentage de <i>Providencia alcalifaciens rustigianii</i> résistant aux antibiotiques testés (n=1)	<b>60</b>
<b>36</b>	Pourcentage de <i>Salmonella spp</i> résistant aux antibiotiques testés (n=2)	<b>61</b>
<b>37</b>	Pourcentage d' <i>Enterobacter sakazakii</i> résistant aux antibiotiques testés (n=5)	<b>62</b>
<b>38</b>	Pourcentage de <i>Serratia fonticola</i> 1 résistant aux antibiotiques testés (n=1)	<b>63</b>
<b>39</b>	Pourcentage de <i>Citrobacter braakii</i> de résistant aux antibiotiques testés (n=1)	<b>63</b>
<b>40</b>	Pourcentage d' <i>Escherichia coli</i> résistant aux antibiotiques testés (n=2)	<b>64</b>
<b>41</b>	Pourcentage de <i>Kebsiella spp</i> résistant aux antibiotiques testés (n=4)	<b>65</b>
<b>42</b>	Résistance de <i>Staphylococcus aureus</i> aux antibiotiques testés (n=2)	<b>69</b>
<b>43</b>	Résistance de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> aux antibiotiques testés (n=4).	<b>70</b>
<b>44</b>	Indice MAR calculé à partir des différents isolats	<b>71</b>
<b>45</b>	Indice MAR calculé à partir des quatre sites	<b>71</b>
<b>46</b>	Indice MAR calculé à partir des différents pathogènes	<b>72</b>
<b>47</b>	Indice MAR calculé à partir des sites.	<b>72</b>
<b>48</b>	Recherche des Salmonelles	<b>Annexe II</b>
<b>49</b>	Recherche des Vibriions cholériques	<b>Annexe II</b>

# Introduction

L'eau est une ressource limitée, indispensable à la vie humaine et animale. Elle intervient également dans toutes les activités humaines et dans le développement socioéconomique de tout pays (HOUESSOU, 2009).

Elle constitue aussi le patrimoine d'une nation. L'eau est une préoccupation constante de toutes les époques et de tous les lieux. Au cours des dernières décennies, les problèmes relatifs à la protection et à l'utilisation des ressources en eau se sont accentués dans le monde. Ces problèmes affectent aussi bien les pays en voie de développement, aux ressources économiques limités, que les pays développés (GARTET *et al.*, 2001).

Au cours de ces 10 dernières années, la problématique de la résistance aux antibiotiques s'est étendue au-delà des contextes cliniques et vétérinaires. Ainsi, le milieu environnemental est devenu de plus en plus étudié à la fois comme récepteur et source de l'antibiorésistance (STALDER, 2012).

Selon WISE (2002), les antibiotiques sont des molécules très utilisés en médecine humaine et vétérinaire, dont la consommation a été estimée entre 100 000 et 200 000 tonnes/an à l'échelle mondiale. Après ingestion, les antibiotiques sont métabolisés dans des proportions allant de 20 à 80%. Une quantité non négligeable de leur principe actif est excrétée principalement au niveau des urines et collectée au niveau des eaux usées en milieu urbain, ou rejetée directement dans l'environnement dans le cas des élevages.

Bien que l'utilisation pour la médecine humaine ne représente environ que 35% de l'usage total, plusieurs études ont montré que les antibiotiques utilisés, sont régulièrement détectés dans les effluents (LINDBERG *et al.*, 2006 ; MIAO *et al.*, 2004). De nombreux travaux ont montré que les types de traitements appliqués en station d'épuration n'était pas toujours à même de traiter les microcontaminants, en particulier les molécules les plus hydrophiles (BATT *et al.*, 2007 ; LINDBERG *et al.*, 2005). Ces composés ont donc pu être détectés dans les eaux de surface en aval des rejets des stations d'épuration.

La présence de ces composés dans les rejets pourraient être à l'origine de différents problèmes : risque de perturbation des traitements biologiques du fait d'une action sur les bactéries impliquées dans ces traitements (AL-AHMAD *et al.*, 1999) et surtout la sélection ou le maintien de souches bactériennes résistantes aux antibiotiques (KLEINER *et al.*, 2007 ; OBST *et al.*, 2006 ; KUMMERER *et HENNINGER*, 2003).

C'est dans ce contexte que cette étude a été menée et son objectif principal était d'une part l'évaluation bactériologique des eaux de surface de l'oued Beni Aza (wilaya de Blida) et



des eaux usées et traitées au niveau de la STEP de Chenoua (Wilaya de Tipaza) dans le but d'estimer le degré de pollution microbienne par la quantification des germes indicateurs de contamination fécale : les coliformes et les streptocoques fécaux, ainsi que la recherche de germes pathogènes tels que : les Salmonelles, les Staphylocoques, les Vibrions cholériques, les Anaérobies Sulfite-Réducteurs et les *Pseudomonas* et d'autre part ,nous avons testé plusieurs antibiotiques sur les bactéries isolées en se basant sur leur spectre d'action dans le but était d'en évaluer le degré de dissémination des bactéries résistantes aux antibiotiques dans le milieu aquatique.

## I. POLLUTION DE L'EAU

Le problème de la pollution des eaux est devenu l'un des aspects les plus inquiétants de la dégradation du milieu naturel et pourrait constituer à long terme, un réel danger pour l'avenir de l'humanité. En effet, depuis quelques années, une dégradation progressive de la qualité des eaux et des nappes souterraines due à la multiplication de rejets d'eaux usées a été constaté (BELAID, 2010).

### I.1. Définition de la pollution de l'eau

Selon GUIRAUD (1998), c'est la contamination de l'eau par des substances étrangères, comme les micro-organismes, des produits chimiques, des déchets industriels ou autres, dues à des déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects de matière de toute nature et, plus généralement, tout à fait susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant leurs caractéristiques chimiques ou biologiques.

### I.2. Origine de la pollution

D'après GAUJOUS (1995), selon l'origine des substances polluantes, quatre catégories de pollution sont à distinguer :

#### Pollution domestique

Elle provient des habitations. Elle est en général, véhiculée par le réseau d'assainissement. La pollution domestique se caractérise par la présence en germes fécaux, des teneurs élevées en matières organiques, en sels minéraux et des détergents (GAUJOUS, 1995). Elle peut être responsable de l'altération des conditions de transparence et d'oxygénation de l'eau ainsi que du développement de l'eutrophisation dans les rivières (FAURIE et al., 2003).

#### Pollution industrielle

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 : blanchisserie, restaurant, laboratoires d'analyses médicales, etc... (BAUMONT, 2005).

#### Pollution agricole

L'agriculture est une source de pollution des eaux qui n'est pas du tout négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses (BONTOUX, 1993). Cette pollution est véhiculée, soit par les eaux de ruissellement, soit par les eaux d'infiltration et concerne donc les eaux superficielles et les eaux souterraines (MARCEL, 1989).

### Pollution naturelle

Divers phénomènes naturels sont aussi à l'origine de la pollution des eaux (**GROSCLAUD, 1999**).

#### **I.3. Effets de la pollution sur l'eau**

Selon **DEPONTANEL et GUIDICELLI (1993)**, parmi les principaux effets de la pollution de l'eau, on cite :

- ✓ La dégradation de la qualité de l'eau en la rendant impropre aux usages souhaités.
- ✓ Les maladies à transmission hydrique.
- ✓ La destruction des organes bienfaisants et le bouleversement du processus d'auto-épuration et éventuellement la modification de façon défavorable du milieu vivant.

Dans le même contexte, on peut citer le phénomène de l'eutrophisation. C'est une fertilisation excessive des eaux due à un apport massif de composés azotés et phosphorés provenant de l'activité agricole et des rejets domestiques et industriels (**RYBARCZYK et al., 1996**).

#### **I.4. Maladies à transmission hydrique d'origine bactérienne**

Au cours du 19<sup>e</sup> siècle, les maladies d'origine hydrique ont été responsables de vastes épidémies de dysenterie, fièvre typhoïde, choléra, entre autres (**BALBUS et al., 2002 ; ANGELO et al., 1997**).

Aujourd'hui, ces maladies sont à l'origine d'un taux de mortalité très élevé des populations des pays en voie de développement. Ces maladies sont le plus souvent transmises par voie féco-orale, et la contamination de l'homme se réalise soit par consommation d'eau de boisson, soit par consommation d'aliments contaminés par l'eau, soit encore lors d'un bain ou d'un contact avec des eaux à usage récréatif (**GEORGE et SERVAIS, 2002**).

Toutefois les maladies à transmission hydrique recouvrent un large éventail de manifestations pathologiques détaillées dans le Tableau I (Voir annexe II).

### II. CARACTERISTIQUES MICROBIOLOGIQUES DES EAUX

#### II.1. Germes indicateurs de contamination fécales

##### ✓ Coliformes

Selon MADIGAN et MARTINKO (2007), les coliformes sont définis comme des bactéries en forme de bacilles, à Gram négatif, aéro-anaérobie facultatifs, non sporulées, qui fermentent le lactose avec production de gaz en 48 heures à 37°C. La plus part des coliformes appartiennent aux groupes des bactéries entériques qui comprennent: *Escherichia coli*, un habituel du tractus digestif, ainsi que *Klebsiella pneumoniae*, moins fréquent du tube digestif et pathogène.

Parmi les bactéries d'origine fécale, on distingue deux groupes de coliformes :

- **Coliformes totaux (CT)** : les bactéries coliformes existent dans les matières fécales mais se développent également dans les milieux naturels (sols, végétation, eaux naturelles). Les eaux traitées ne doivent pas contenir des coliformes. Cependant, l'absence de ces dernières ne signifie pas nécessairement que l'eau ne présente pas un risque pathogène car les kystes de certains parasites sont plus résistants à la désinfection que les coliformes (POTELON et ZYSMAN, 1998).
- **Coliformes fécaux (CF)** : ou encore appelés « coliformes thermo-tolérants ». Ce sont des bactéries qui possèdent les mêmes propriétés que les coliformes totaux, avec en plus production d'indole à partir du tryptophane à 44°C (DELARRAS, 2010). Ils correspondent le plus souvent à *Escherichia coli*. C'est un bon indicateur de contamination fécale récente liée à la présence humaine (SATIN et SELMI, 2006).

##### ✓ Streptocoques fécaux (SF)

Le genre *Streptococcus* rassemble des espèces bactériennes qui ont en commun un certain nombre de caractères. Ce sont des cocci à Gram positif, sphériques ou ovoïdes, disposés en paires pour former des diplocoques et pouvant se présenter sous forme de chainettes parfois longues, ils ne sporulent pas. (AVRIL et al., 1992).

D'après EMMANUEL (2003) et AVRIL et al., (1992), le terme 'Streptocoques fécaux' désigne les streptocoques ubiquistes généralement présents dans les fèces de l'homme et des animaux et qui sont à l'origine de contamination des eaux et des aliments. Tous possèdent l'antigène du groupe D de Lancefield. Du point de vue taxonomique, ils appartiennent aux genres *Enterococcus* et *Streptococcus*.

### II.2. Germes pathogènes

#### ✓ Anaérobies Sulfito-Réducteurs (ASR)

Ce sont des bacilles à Gram positif, catalase négative, immobiles, anaérobies stricts, capsulés ou sporulés, fermentant le glucose et le lactose et capable de réduire le sulfite de sodium en sulfure (HASLAY et LECLERCQ, 1993 ; BLOCK, 1982).

Hôtes nombreux de l'intestin, ils peuvent également être d'origine tellurique. Dans l'eau, les formes sporulées ; plus résistantes que les formes végétatives permettent de déceler une contamination fécale ancienne. Elles sont mises en évidence par culture à 37°C en 48 heures (BONNEFOY et al., 2002) donnant des colonies entourées d'un précipité noir (BLOCK, 1982).

#### ✓ Salmonelles

Selon DELARRAS et TERBAOL (2003), les salmonelles 'genre *Salmonella*' sont classées dans la famille des *Enterobacteriaceae*. Elles ont les propriétés générales des bactéries de cette famille. Les salmonelles engendrent la fièvre typhoïde qui est due à *Salmonella typhi* tandis que la fièvre paratyphoïde est liée à *Salmonella paratyphi* A et à certaines souches de *Salmonella paratyphi* B.

Les salmonelles peuvent être présentes dans l'eau des égouts agricoles et domestiques, dans les eaux douces, y compris les eaux potables et les nappes phréatiques, ainsi que dans l'eau de mer (RODIER et al., 2009).

#### ✓ Staphylocoques

Ces bactéries appartiennent à la famille des *Micrococaceae* (BERGEY, 1984). Ce sont des cocci à Gram positif arrangés en paires, en tétrades ou en grappes. Ils sont immobiles, aérobies ou anaérobies facultatifs, asporulés (OMS, 1995). Ils sont catalase positive et fermentent les sucres en produisant de l'acide lactique (LECLERC et al., 1995). L'espèce *Staphylococcus aureus* possède toute ces caractéristiques ajoutant à cela qu'elle est coagulase positive.

Il est à noter que les staphylocoques sont ubiquistes, très largement distribués dans l'environnement (LECLERC et al., 1995).

L'espèce *S. aureus* revêt plus d'intérêt quant à la pollution des eaux littorales et des fruits de mers. Deux autres espèces *S. epidermidis* et *S. saprophyticus* sont assez fréquemment rencontrées dans l'eau, mais leur pouvoir pathogène est moins important. La recherche des Staphylocoques présente un intérêt pratique surtout dans les eaux destinées à la baignade (RODIER et al., 2005 ; GAUJOUS, 1995).

### ✓ **Vibrions cholériques**

D'après **AVRIL et al., (1992)**, *Vibrio cholerae* fait partie de la famille des *Vibrionaceae* qui regroupe des bacilles à Gram négatif, mobiles par ciliature polaire, aéro-anaérobies facultatifs, croissant sur milieux ordinaires, réduisant les nitrates en nitrites, fermentant les glucides et donnant une réaction d'oxydase positive.

Le genre *Vibrio* fait partie des bactéries autochtones des milieux marins, beaucoup vivent en saprophytes dans les eaux douces, mais également commun dans les habitats aquatiques salés (eaux de mer, estuaires, intestins des animaux marins), les vases et les boues marines. (**RAOULT, 1998**).

### ✓ **Pseudomonas**

*Pseudomonas aeruginosa* de la famille des *Pseudomonaceae* est un bacille à Gram négatif, aérobie stricte, à métabolisme oxydatif, non sporulé, en forme de bâtonnet de 0,5 à 0,8 µm de diamètre sur 1,5 à 3,0 µm de longueur, mobile grâce à un flagelle polaire généralement unique, capable de se développer sur les milieux usuels à une température de croissance comprise entre 30°C et 37°C (**FOLRET et al., 2009**).

C'est une bactérie saprophyte de l'eau, des matières en décomposition et des végétaux. Ses exigences nutritionnelles lui permettent de survivre et de se multiplier dans un environnement humide (évier, siphons, certaines solutions antiseptiques) (**LAHLOU et al., 2008**).

Elle peut produire des pigments, tels que la pyocyanine (vert-bleue) et la pyorubrine (jaune vert) fluorescentes (**WILLCOX, 2007 ; ENOCH et al., 2004 ; PALUMBO, 1972**).

### III. RESISTANCE AUX ANTIBIOTIQUES ET CONTAMINATION DES EAUX PAR LES BACTERIES MULTIRESISTANTES

#### III.1. Résistance aux antibiotiques

La résistance aux antibiotiques est un phénomène général observé pour toutes les espèces bactériennes rencontrées chez l'homme (DELAERE, 2001). Elle correspond à la capacité d'une bactérie de se multiplier en présence d'une concentration d'antibiotique égale ou supérieure à celle que l'on peut obtenir *in vivo* (HAMMOUM et HAMMOU, 2002).

On assiste de surcroît à des multirésistances, c'est à dire au fait qu'une bactérie est résistante en même temps à plusieurs familles d'antibiotiques (DELAERE, 2001).

#### III.1.2. Définition des antibiotiques

La définition des antibiotiques a connu une évolution dans le temps ainsi :

- Waksman (1943) a défini les antibiotiques comme ' toutes substances chimiques produites par les micro-organismes capables d'inhiber le développement et détruire les bactéries et d'autres micro-organismes' (BERGOGNE-BEREZIN et DELLAMONICA, 1999; (MILHAULD *et al.*, 1982).
- Turpin et Velu (1957) ont quant à eux défini les antibiotiques comme ' tout composant chimique élaboré par un organisme vivant ou produit par synthèse, à coefficient chimio thérapeutique élevé dont l'activité thérapeutique se manifeste à très faible dose d'une manière spécifique par l'inhibition de certains processus vitaux à l'égard des virus, des micro-organismes et de certains êtres pluricellulaires' (MILHAULD *et al.*, 1982).
- Actuellement, les antibiotiques se définissent comme étant des substances antibactériennes produites par des micro-organismes (champignons et bactéries) ou de synthèse chimique capable d'inhiber la multiplication ou détruire les micro-organismes (YALA *et al.*, 2001).

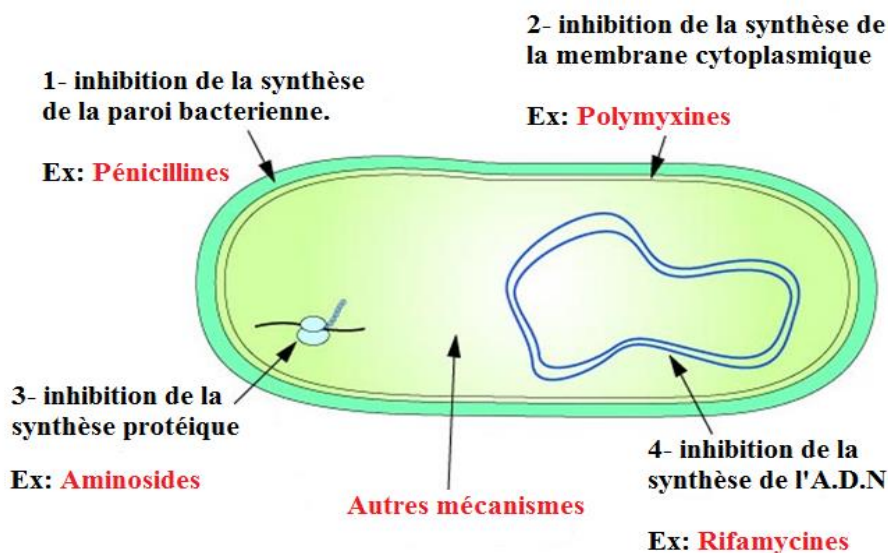
Les antibiotiques peuvent être classés selon l'origine, la nature chimique, le mécanisme d'action et le spectre d'action (YALA *et al.*, 2001).

#### III.1.3. Mode d'action des antibiotiques

Les agents antimicrobiens détruisent les bactéries en s'attaquant directement à leurs structures essentielles (paroi cellulaire, ribosomes, membrane plasmique et A.D.N) (Figure 1) et/ou en perturbant leurs métabolismes et par conséquent leurs fonctions (TORTORA *et al.*, 2003).

Les modes d'action majeurs des antibiotiques incluent l'interférence avec la synthèse de la paroi cellulaire ( $\beta$ -lactames), l'inhibition de la synthèse protéique (macrolides), l'interférence avec la synthèse de l'acide nucléique (fluoroquinolones) et l'inhibition d'une

voie métabolique (TENOVER, 2006). Le tableau II résume les principaux modes d'action des antibiotiques.



**Figure 1** : Action des antibiotiques sur la structure de la bactérie (FIGARELLA et al., 2007)

**Tableau II.** Principaux mécanismes d'action des antibiotiques

Antibiotiques	Mode d'action
	<b>Inhibition de la synthèse de la paroi</b>
Pénicilline	Active les enzymes lytiques de la paroi.
Ampicilline	Inhibe les enzymes de transpeptidation impliquées dans le pontage des chaînes polysaccharidiques du peptidoglycane de la paroi bactérienne.
Vancomycine	Se fixe directement sur la terminaison D-Ala-D-Ala et inhibe la transpeptidation.
Bicitracine	Inhibe la synthèse du peptidoglycane en interférant avec l'action des transporteurs lipidiques qui transfèrent les précurseurs de ce polymère à travers la membrane cellulaire.
	<b>Inhibition de la synthèse protéique</b>
Streptomycine	Se fixe à la sous unité 30S du ribosome bactérien pour inhiber la synthèse protéique
Gentamicine	



## PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chloramphénicol	et provoquer des erreurs dans la lecture de l'ARNm.  Se fixe à la sous unité 50S du ribosome et empêche la formation des liaisons peptidiques par l'inhibition de la peptidyl-transférase.
Erythromycine	Se fixe à la sous unité 50S du ribosome et inhibe l'élongation de la chaîne peptidique.
Ciprofloxacine et autres quinolones	<b>Inhibition de la synthèse des acides nucléiques</b> Inhibe l'ADN gyrase bactérienne et donc interfère avec la réplication de l'ADN, la transcription et autres activités impliquant l'ADN.
Polymyxine B	<b>Destruction de la membrane cellulaire</b> Se fixe à la membrane cellulaire et perturbe sa structure et ses propriétés de perméabilité.
Sulfamide	<b>Antagonisme métabolique</b> Inhibe la synthèse de l'acide folique par compétition avec l'acide p-aminobenzoïque.

(PRESCOTT *et al.*, 2003)

### III.1.4. Mécanisme de résistance

On connaît deux grands types de résistance :

- **Résistance naturelle**

Les bactéries n'étant pas suicidaire, les premières qui ont appris à synthétiser des antibiotiques ont développé dans le même temps les moyens de s'en protéger. Il s'agit de la résistance naturelle aux antibiotiques (LOZNIEWSKI et RABAU, 2010).

La résistance naturelle est un caractère présent chez toutes les souches appartenant à la même espèce (SMAOUI, 2010). Elle fait partie du patrimoine génétique normale du germe (YALA *et al.*, 2001). *Klebsiella sp* produit naturellement des bêta-lactamases. Tandis que les bactéries anaérobies sont naturellement résistantes aux aminosides (LAZNIIEWSKI et RABAU, 2010).

- **Résistance acquise**

A côté de la résistance naturelle, existe aussi des résistances acquises. C'est l'acquisition de nouveaux gènes capables de rendre la bactérie insensible à un antibiotique ou à un groupe

d'antibiotiques. Ces nouveaux gènes peuvent être obtenus soit par mutation au niveau du chromosome, soit par transfert d'ADN des plasmides conjugatifs ou de transposons (YALA *et al.*, 2001).

### III.1.5. Mécanismes biochimiques de résistance bactérienne aux agents antimicrobiens

Ils peuvent être regroupés en trois grands types de mécanismes : diminution de la perméabilité et efflux actif, modification de la cible des antibiotiques, production d'enzymes inactivant les antibiotiques (WRIGHT, 2007 ; LEVY et MARSHALL, 2004).

- **Diminution de la perméabilité**

Par mutation affectant la structure des porines ou diminuant leur synthèse par lesquelles l'antibiotique ne peut pas pénétrer dans la bactérie (LOZNIIEWSKI et RABAU, 2010)

- **Expulsion rapide de l'agent hors de la cellule avant qu'il puisse agir :**

Un certain nombre de bactéries possède une capacité intrinsèque de rejeter hors de la cellule la substance qui vient d'y entrer. Cette propriété est très connue chez les bactéries à Gram négatif (c'est le cas de *Pseudomonas aeruginosa*) qui possèdent dans leur membrane des protéines, appelées pompes effluentes, qui expulsent les antibiotiques (JAYARAMAN, 2009 ; LEE, 2006).

- **La destruction ou l'inactivation de l'antibiotique par production d'enzymes :**

Les antibiotiques sont susceptibles d'être dégradés par voie enzymatique. L'exemple le plus connu est l'hydrolyse du noyau bêta-lactame par des bêta-lactamases dont certaines de ces enzymes sont à spectre élargi (BRADFORD, 2001).

Le nombre de bêta-lactamases plasmidiques est très élevé et elles sont classées selon leurs vitesses d'hydrolyse, leurs constantes d'affinité pour les bêta-lactamines, leur faculté à être inhibé par les inhibiteurs tels que l'acide clavulanique (LOZNIIEWSKI et RABAU, 2010).

**\*Les pénicillinases sensu stricto ;** chez l'espèce *Staphylococcus aureus*, elles inactivent la pénicilline G, la pénicilline A. Elles sont par contre sans action sur la pénicilline M ainsi que sur les céphalosporines.

**\*Les pénicillinases à spectre élargi ;** Ces bêta-lactamases entraînent une résistance (ou une diminution d'activité) vis-à-vis des pénicillines G, des pénicillines M, des carboxypénicillines, des céphalosporines de la 1<sup>ère</sup> et de la 2<sup>ème</sup> génération.

**\*Les bêta-lactamases résistantes aux inhibiteurs ;** les bêta-lactamases résistantes aux inhibiteurs dérivent de certaines bêta-lactamases à spectre élargi par mutation ponctuelle. Le profil conféré est identique à celui des bêta-lactamases à spectre élargi mais ces enzymes ne sont pas inhibées par l'acide clavulanique.

D'autres enzymes hydrolysent de nombreux antibiotiques, tels les céphotaximases (CONTON et COQUE, 2006 ; BONNET, 2004).

### III.2. CONTAMINATION DES EAUX PAR LES BACTERIES MULTIRESISTANTES

L'eau étant le réceptacle final de bon nombre de nos déchets, la forte consommation d'antibiotiques dans les pays industrialisés, en médecine humaine et vétérinaire, et les rejets d'assainissement conduisent inévitablement à ce que des traces de ces molécules se retrouvent dans nos effluents liquides (**LEVI, 2006**).

Aujourd'hui, la résistance aux antibiotiques ne peut pas se limiter à un problème médical ou vétérinaire. En effet, la résistance aux antimicrobiens est également décrite comme un phénomène écologique global où les micro-organismes et des gènes de résistance se déplacent facilement entre les quatre principaux écosystèmes: d'humains et animaux dans le sol et l'eau et vice versa (**NWOSU, 2001**).

Parmi ces écosystèmes majeurs, l'environnement aquatique est un vecteur naturel efficace de dissémination des bactéries résistantes aux antibiotiques (**REINTHALER et al., 2003 ; SCHWARTZ et al., 2003**) et est décrit par plusieurs auteurs comme un réservoir environnemental de gènes de résistance aux antibiotiques (**AMINOV et MACKIE, 2007 ; SEVENO et al., 2002**).

Les études publiées sur la recherche de bactéries antibiorésistantes dans les eaux de surface douces ou salées, souterraines, potables, usées, embouteillées, montrent que dans chaque type d'eau est décelé, selon les protocoles employés, des espèces bactériennes recherchées et la gamme d'antibiotiques utilisée, des présences de résistance.

En Inde, en étudiant un fleuve sur une longueur de 250 km, **BAGHEL et al., (2003)** trouvent que 20 à 60 % des coliformes sont résistants à divers antibiotiques. L'eau de mer n'est pas épargnée puisqu'aux Canaries, **JUNCO et al., (2001)** isolent 42 % des *Enterobacter faecalis* résistants à la Tétracycline. A Malaga (Espagne), **MORINIGO et al., (1990)** trouvent 50-60 % des *Salmonella* résistants à au moins à un antibiotique.

Dans les eaux souterraines en Virginie (États-Unis), **MAC KEON et al., (1995)** identifient 60 % des coliformes comme étant multirésistants. En 1978, dans des eaux potables, **LECLERC et al., (1978)** montrent dans le Pas-de-Calais que 100 % des *Aeromonas hydrophila* et 88 % des *Klebsiella pneumoniae* étaient résistantes vis-à-vis de l'Ampicilline.

En Grèce, 87 % des isolats étaient résistants à deux ou plus de deux antibiotiques (**PAPPETROPOULOU et al., 1994**). En Italie, l'étude de **MASSA et al., (1995)** sur des eaux embouteillées montre que 50 % des *Acinetobacter* étaient résistants à l'Acide nalidixique, 40 % des *Pseudomonas* et 50 % des *Flavobacterium* à l'Ampicilline.

**YANG et al., (2009)** ont observé que 32% des coliformes dans les isolats issus des eaux usées à Taïwan étaient multirésistants (résistants à au moins 5 antibiotiques sur 8 testés). En ce qui concerne *E. coli*, ils ont montré que 80% des *E. coli* isolées d'eaux usées municipales

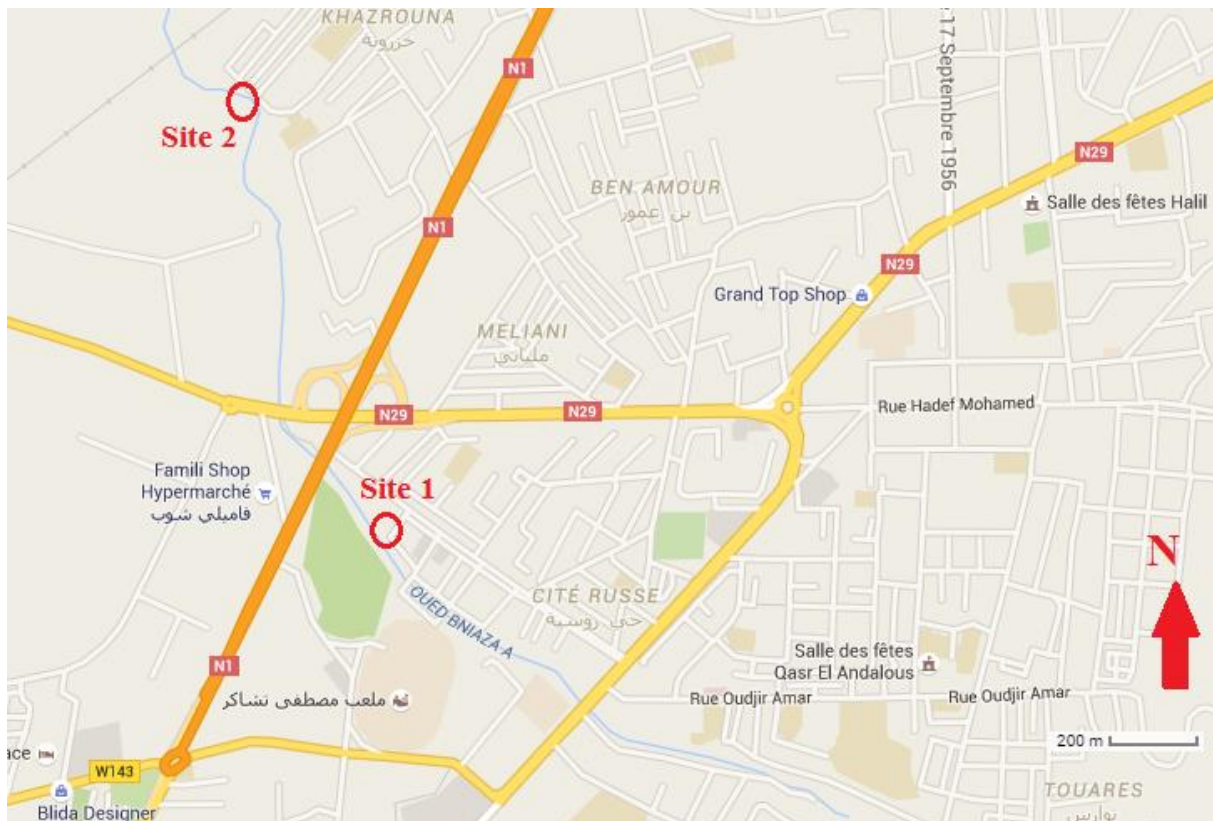
résistent à l'Ampicilline, alors que seulement 2 à 18% le sont au niveau de la station d'épuration. **TUMEO (2007)** a retrouvé des *P. aeruginosa* multirésistants aux antibiotiques dans les eaux usées urbaines.

**SERVAIS (2009)** rapportait une prévalence de multirésistants pour *E. coli* dans les eaux usées municipales de 34%. **BEIER (2008)** rapporte la présence d'entérocoques résistants à la Vancomycine dans les effluents urbains au Texas.



**Tableau III** : Description des stations de prélèvement au niveau de l’oued.

Station 1	Station 2
<b>Latitude</b> : 36°29’30.02’’N	<b>Latitude</b> : 36°30’02.11’’N
<b>Longitude</b> : 2°50’53.74’’E	<b>Longitude</b> : 2°50’33.74’’E
<b>Altitude</b> : 202 m	<b>Altitude</b> : 179 m
<b>Source de pollution</b> : rejets des bidonvilles de Ben Achour	<b>Source de pollution</b> : rejets des bidonvilles de Khazrouna et les industries



**Figure 3** : Localisation géographique des sites de prélèvements de l’Oued Beni Aza (Google map modifié).



**Figure 4 :** Oued Beni Aza Site 1.

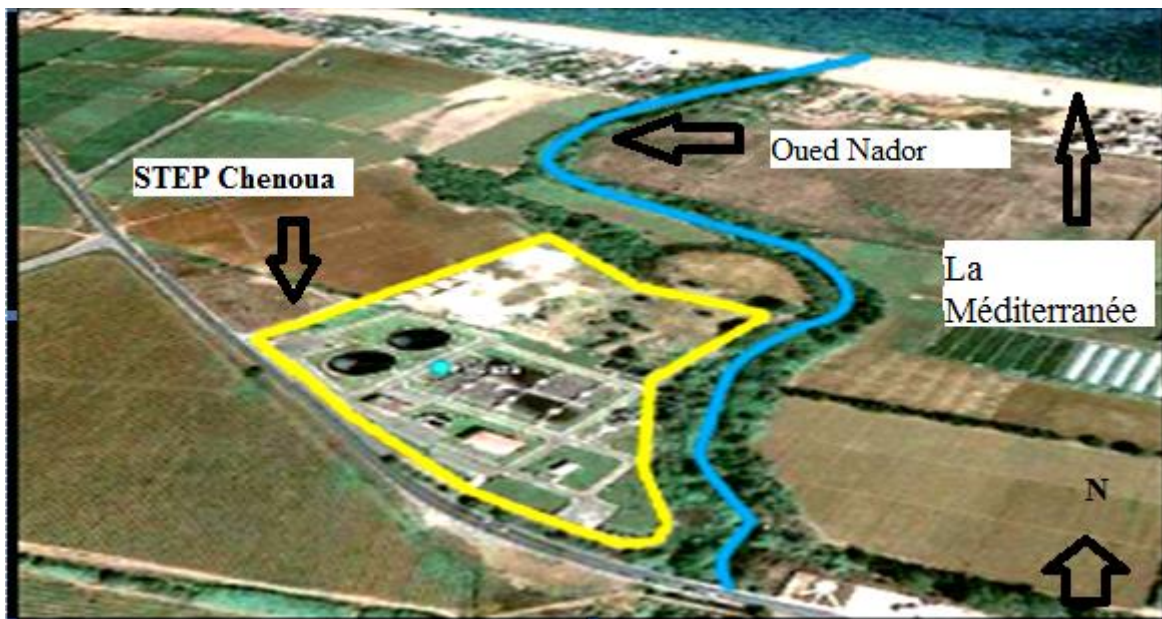


**Figure 5 :** Oued Beni Aza Site 2.

### ✚ Station d'épuration Chenoua

Elle est située à proximité de l'oued Nador sur le chemin de la wilaya CW 169, reliant la ville de Tipaza à Cherchell. Sa superficie est de  $40819\text{m}^2$  (Figure6). Elle a été conçue dans le but d'épurer les eaux usées urbaines et protéger l'oued Nador et la mer Méditerranéenne (ONA, 2011). Mis en service en janvier 2008, la STEP de Chenoua a une capacité de 70.000 Eq.Hab pour débit de  $11200\text{m}^3/\text{J}$ .

Les performances de traitement lui permettent de garantir une conformité du rejet de 100% en 2013 et un rendement d'élimination de la pollution supérieur à 93% ([WWW.SEAAL.DZ](http://WWW.SEAAL.DZ)).



**Figure 6 :** Station d'épuration de Chenoua

Nous avons recueillis des échantillons d'eau à l'entrée de la STEP après le prétraitement (eaux brutes, figure 7) et à la sortie de la STEP (eaux épurées, figure 8).



**Figure 7 :** Point de prélèvement de l'eau brute.





**Figure 8 :** Photo lors d'un prélèvement de l'eau épurée.

### **I.2. Fréquence et mode de prélèvement**

Les échantillons d'eaux proviennent des sites cités précédemment. Au total, nous avons effectué trente-deux prélèvements bimensuels d'une fréquence de huit échantillons pour chaque site. Les prélèvements ont été effectués le matin.

Pour les analyses bactériologiques, nous avons utilisé des flacons en verre de 250 ml (250 ml  $\times$  4) stérilisés préalablement dans l'autoclave à 120°C puis bouchés, pour une protection totale contre toute contamination.

#### Dans les deux stations de l'oued Beni Aza :

Les flacons sont immergés en position verticale en le tenant par le fond, l'ouverture doit être légèrement plus haute que le fond et dirigée dans le sens contraire du courant.

#### Pour les eaux de la STEP de Chenoua :

Pour étudier les caractéristiques bactériologiques des eaux usées brutes et épurées, nous avons effectué des prélèvements manuels instantanés.

### **I.3. Transport et conservation des échantillons**

L'analyse bactériologique doit être effectuée le plus rapidement possible, dans un délai ne dépassant pas 8 heures. Le transport des échantillons est effectué dans une glacière dont la température doit être comprise entre 4 à 6°C.

### **I.4. Matériel**

Le matériel est représenté par la verrerie comme les flacons de prélèvement, les boîtes de Pétri, les tubes à essai, les milieux de culture, les réactifs, les disques d'antibiotiques et les appareillages (Voir annexe I).

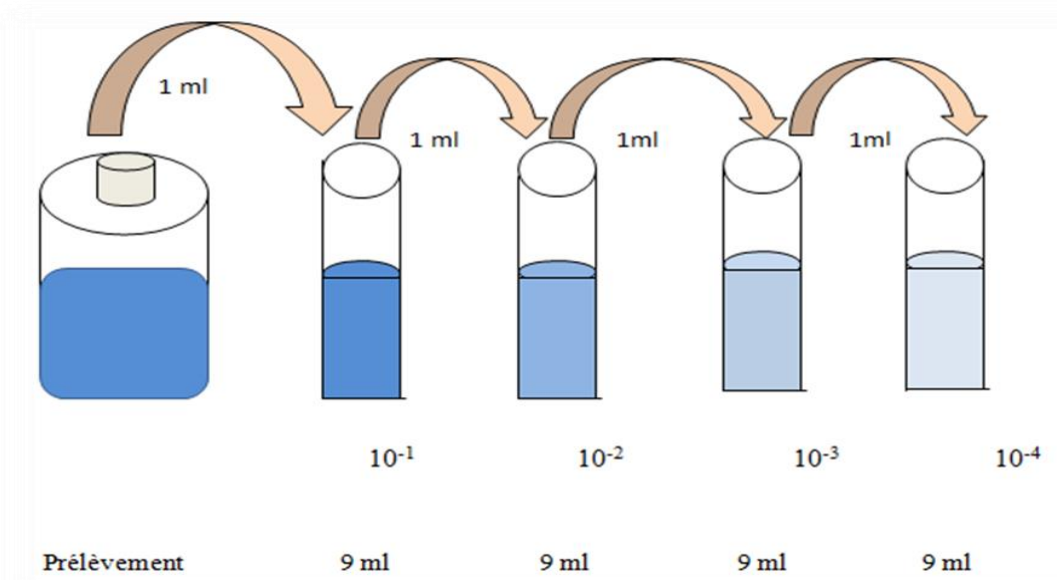
### I.5. Analyse Bactériologique

L'énumération des bactéries indicatrices de contamination fécale (coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux) ainsi que la recherche des germes pathogènes (*Clostridium* Sulfito-réducteurs, salmonelles, vibrions cholériques, Staphylocoques et *Pseudomonas*) ont été réalisées au niveau du laboratoire d'hygiène de BLIDA, selon les techniques décrites par **RODIER et al., (2005)**.

#### I.5.1. Préparation des dilutions

Avant de réaliser les analyses microbiologiques des eaux issues de l'Oued Beni Aza et de la STEP de Chenoua, nous avons effectué une série de dilution (Figure 9) :

- Pour l'eau brute de l'oued Beni Aza, cette dilution varie de  $10^{-1}$  jusqu'à  $10^{-5}$ ,
- Pour les eaux usées brutes de la STEP de Chenoua de  $10^{-1}$  jusqu'à  $10^{-4}$ ,
- et pour l'eau épurée de la STEP de  $10^{-1}$  jusqu'à  $10^{-3}$ .



**Figure 9** : Principe de la dilution.

#### I.5.2. Recherche et dénombrement des bactéries indicatrices de contamination fécale

##### a) Recherche et dénombrement des Coliformes

La technique en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- Test de présomption : réservé à la recherche des coliformes totaux.
- Test de confirmation : encore appelé test de Mac Kenzie réservé à la recherche des coliformes fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

### Test de présomption

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 50ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.

Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu et l'inoculum.

#### Incubation :

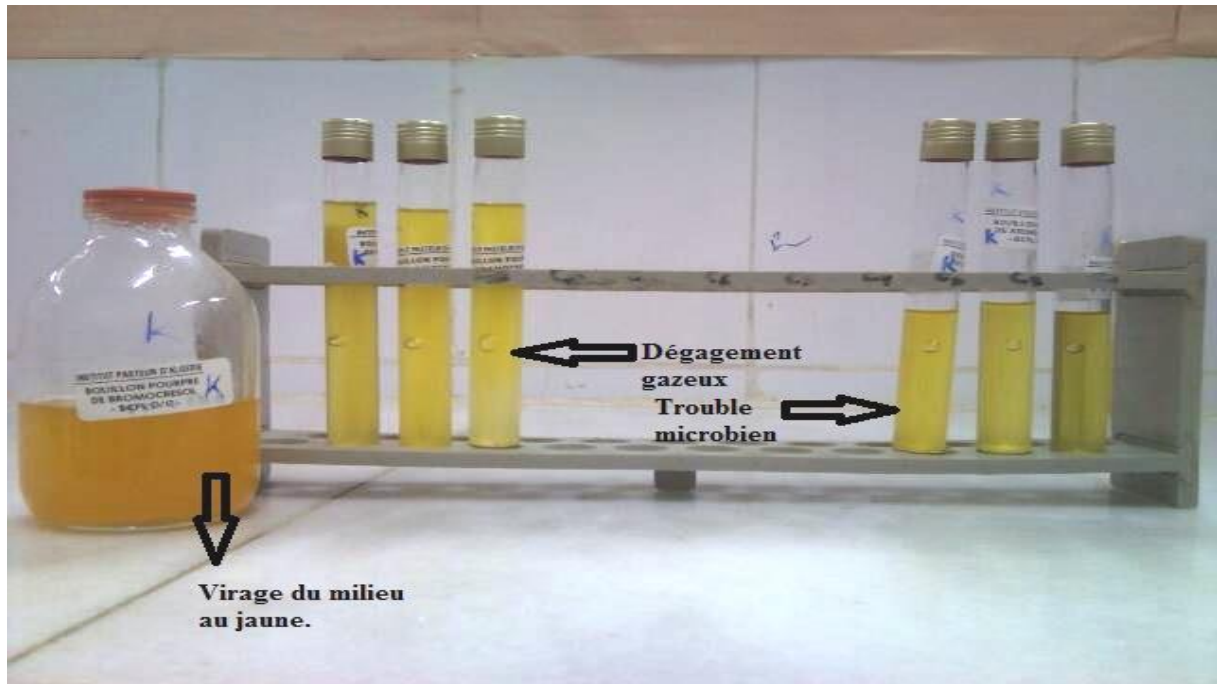
L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

#### Lecture :

Sont considérés comme positifs présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux (supérieur 1/10 de la hauteur de la cloche)
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu) (figure 10).

Ces deux caractères étant témoin de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites. La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table NPP qui figure en annexe.



**Figure 10 :** Résultat positif du milieu BCPL.

### ✚ Test de confirmation ou test de Mac-Kenzie

Le test de confirmation ou test de Mac-Kenzie est basé sur la recherche de coliformes thermo-tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*.

*Escherichia coli* est un coliforme thermotolérant qui entre autre :

- ❖ Produit de l'indole à partir du tryptophane à 44°C
- ❖ Donne un résultat positif à l'essai au rouge de méthyl
- ❖ Ne produit pas de l'acétyl méthyl carbinol
- ❖ N'utilise pas le citrate comme source unique de carbone

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement de coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham, comme l'indique la figure 11.



**Figure 11** : Repiquage sur milieu Schubert.

Chasser le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

Incubation :

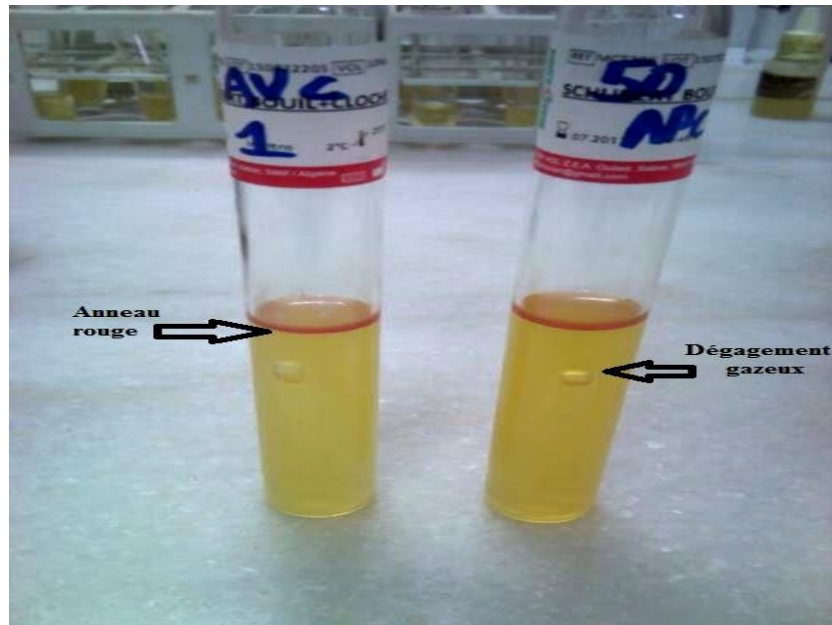
L'incubation se fait cette fois ci dans l'étuve à 44°C pendant 24 heures.

Lecture :

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois

- Un dégagement gazeux, et
- Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs. (figure 12)

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table NPP en tenant compte du fait qu'*Escherichia coli* est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44°C.



**Figure 12 :** Apparition d'un anneau rouge.

### b) Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux

Tout comme la méthode de recherche de coliformes en milieu liquide, celle de la recherche et le dénombrement des Streptocoques fécaux fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- ✚ Test de présomption
- ✚ Test de confirmation : réservé à la confirmation réelle des Streptocoques fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

#### ✚ Test de présomption

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- ❖ 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu ROTHE D/C,
- ❖ 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C,
- ❖ 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

Incubation :

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures

Lecture :

Sont considérés comme positifs les tubes présentant un trouble microbien. (Figure 13)

Seulement ces derniers :

- Ne doivent en aucun cas faire l'objet de dénombrement
- Doivent par contre, absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu EVA-LITSKY dans le but d'être confirmés.



**Figure 13 :** Résultat positif du milieu ROTHE.

### ➤ Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption.

Les tubes de ROTHE trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage dans des tubes contenant le milieu EVA-LITSKY.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

### Incubation :

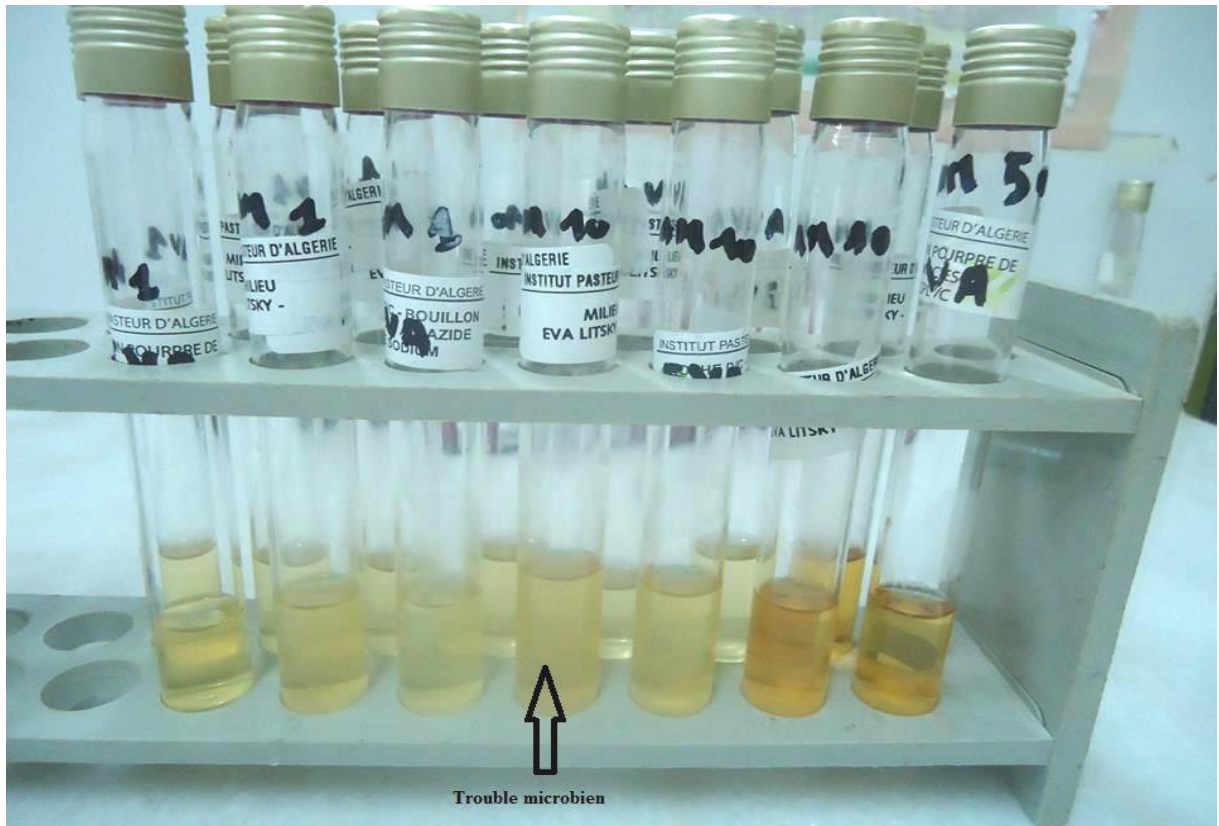
L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C pendant 24 heures.

### Lecture :

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien, et
- Une pastille violette (Blanchâtre) au fond des tubes (figure 14)

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table NPP qui figure en annexe.



**Figure 14 :** Résultat sur milieu EVA LITSKY.

Pour la détermination du NPP nous avons utilisé la formule suivante :

$$N = \frac{\text{NPP}}{V \text{ ensemencé}} \times Fd$$

Avec :

**N** : Nombre des bactéries dénombrées (UFC/100ml)

**Fd** : Facteur de dilution

**V** : Volume

### I.5.3. Recherche et dénombrement des spores des Anaérobies Sulfite -Réducteurs

La recherche de *Clostridium Sulfite-Réducteurs* est réalisée selon la méthode par incorporation en milieu gélosé et est basée sur la recherche des formes sporulées. Pour cela, nous avons suivi les étapes suivantes:



## PARTIE EXPERIMENTALE

- Agiter soigneusement l'eau à analyser.
- Répartir à l'aide d'une pipette graduée stérile 25 ml d'eau dans des tubes stériles à raison de 5 ml par tube.
- Porter les tubes au bain-marie à 80 °C, pendant 10 min.
- Refroidir immédiatement à l'eau du robinet.
- Faire préalablement fondre 250 ml du milieu viande-foie, ajouter après refroidissement 12,5 ml de la solution de sulfite de sodium à 5%, et 2,5 ml de la solution d'alun de fer à 5%, mélanger sans faire des bulles.
- Couler la gélose viande-foie sulfitée, dans chacun des tubes contenant l'eau traitée.
- Remplir et mélanger doucement sans incorporer d'air.
- Laisser solidifier sur la paillasse.
- Incuber à 37°C pendant 48h avec une première lecture à 24h.

Les colonies entourées d'un halo noir sont comptées comme susceptibles de provenir de bactéries anaérobies sporulées sulfito-réductrices. (Figure 15)



**Figure 15 :** Lecture des résultats des spores d'Anaérobies Sulfito-Réducteurs.

### I.5.4. Recherche des Salmonelles

La recherche des Salmonelles se fait en 4 étapes (Voir annexe II : figure 49)

#### 1<sup>ère</sup> étape : Enrichissement primaire

- Introduire 50 ml d'eau à analyser dans 100 ml de bouillon sélénite-cystéine D/C. la solution obtenue est appelée SFBI, elle est incubée à 37°C pendant 18 à 24 heures.

#### 2<sup>ème</sup> étape : Enrichissement secondaire et isolement

- La solution SFBI incubée la veille fera l'objet d'un deuxième enrichissement sur bouillon sélénite-cystéine en tube (SFBII) à raison de 1 ml par tubes et un isolement sur gélose Hecktoen I.
- L'incubation est réalisée à 37°C pendant 18 à 24 heures.

#### 3<sup>ème</sup> étape : Isolement

- Effectuer à partir du bouillon SFB II un isolement sur gélose Heckoten II
- Prendre ensuite 1 ml du SFB II et l'introduire dans un bouillon sélénite cystéine en tube SFB III, puis l'incuber à 37°C pendant 18 à 24 heures.
- Effectuer la lecture de la boîte de gélose Hecktoen.

#### 4<sup>ème</sup> étape : Lecture et identification

- La boîte de gélose Heckoten II incubée la veille fera l'objet d'une lecture.
- Les Salmonelles apparaissent les plus souvent sous formes de colonies grises avec ou sans centre noire. Ces dernières subiront une identification biochimique.

### I.5.5. Recherche des *Staphylococcus aureus*

#### Isolement :

L'isolement direct est pratiqué sur le milieu sélectif « gélose Chapman au mannitol » préalablement préparée en prêtant attention à ne pas piéger des bulles d'air.

#### Identification :

L'identification comporte une série d'étapes, se succédant le plus souvent dans un ordre déterminé ; les souches isolées ont été identifiées par des techniques microbiologiques standards (la coloration de Gram, catalase et test de coagulase). Les résultats obtenus au cours de chaque étape permettent l'orientation des démarches ultérieures.

- ✓ Examens macroscopiques

Sur le milieu de Chapman, les colonies jaunes entourées d'une zone jaune, mannitol+ sont des *S. aureus*, *S. saprophyticus*...

- ✓ Examen microscopique : Examen direct après coloration de Gram

La coloration de Gram est effectuée à partir des colonies cultivées sur milieu Chapman pour confirmer la présence de Cocci en diplocoques et en grappe de raisin.

Les frottis sont observés au microscope optique avec l'objectif à immersion (Objectif  $\times 100$ ).

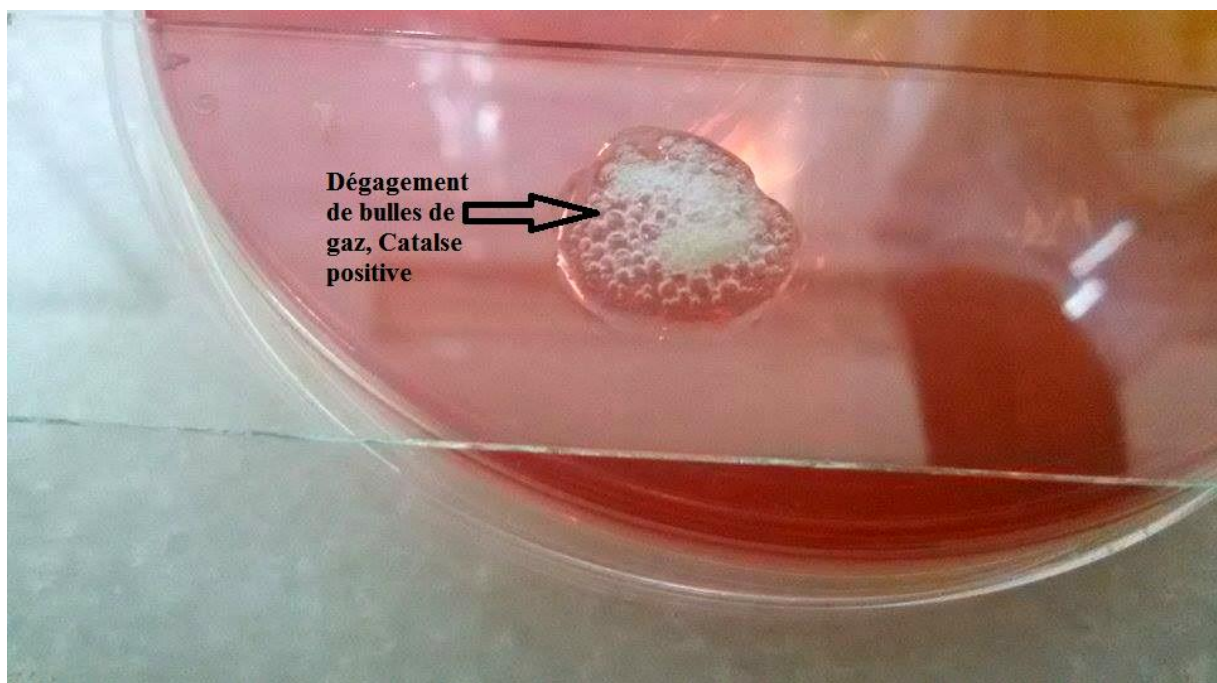
- ✓ Identification biochimique

En plus des caractères morphologiques, l'identification est aussi effectuée sur la base de quelques caractères biochimiques :

- Catalase

La catalase est une oxydoréductase intervenant dans le mécanisme de résistance à la bactéricide (CHAALA, 2013). Ce test permet de différencier les staphylocoques des streptocoques. A partir d'un isolement, une petite quantité de culture bactérienne est prélevée, puis placée sur une lame, on fait réagir la colonie dans une goutte de peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ).

Une réaction positive se traduit par le dégagement de bulles de gaz (oxygène) (figure 16), la réaction se fait selon l'équation :



**Figure 16** : Résultat d'une catalase positive.

### ✓ Coagulase libre

La coagulase libre est présente chez les *S. aureus*, mais aussi peut être produite par *S. intermedius* ou *S. hyicus*.

La détection de cette coagulase s'effectue en ajoutant dans un tube à hémolyse 0,5 ml de plasma humain et 0,5 ml d'une culture de staphylocoques de 24 h en bouillon BHIB.

Le mélange est placé dans l'étuve à 37°C et est incubé pendant 24 heures. Les souches de *S. aureus* provoquant la coagulation du plasma le plus souvent les trois premières heures. Un test positif se traduit par la formation d'un coagulum (figure 17).



**Figure 17 : Coagulase positive.**

### I.5.6. Recherche des *Vibrions cholériques* (ISO/ TS 21872)

La recherche des vibrions est réalisée en 3 étapes (Voir annexe II: figure 50)

#### 1<sup>ère</sup> étape : Premier enrichissement

- Réaliser un premier enrichissement sur un milieu Eau Peptonée Alcaline (EPA) 10 fois concentré, auquel on ajoute aseptiquement 450 ml d'eau à analyser puis incuber à 37°C pendant 24 heures.

### 2<sup>ème</sup> étape : Deuxième enrichissement et isolement

- Effectuer le deuxième enrichissement sur milieu EPA II en tubes à raison de 1 ml par tubes et un isolement sur GNAB I (Bouillon Nutritif Alcaline Biliée), puis incubé à 37°C pendant 24 heures.

### 3<sup>ème</sup> étape : Lecture des boîtes et identification

- Isoler le tube EPA II sur gélose GNAB II et effectuer une lecture des boîtes GNAB I.
- Effectuer la lecture de la boîte de gélose GNAB II, tout en sachant que les Vibrions se présentent le plus souvent sous formes de colonies lisses et transparentes.

### I.5.7. Recherche des *Pseudomonas aeruginosa*

#### Isolement :

Agiter soigneusement l'eau à analyser, étaler 0,5 ml d'eau à la surface de la gélose au cétrimide. Incuber à 37°C pendant 24 heures.

#### Lecture :

Les colonies de *Pseudomonas aeruginosa* ont un diamètre de 1,5 à 2 mm, un contour circulaire, une surface lisse et brillante, une couleur blanc crème, un aspect muqueux et sont parfois déjà accompagnées d'une production de pigment bleu-vert (pyocyanine) qui commence à diffuser avec émission de fluorescence sous U.V

#### Confirmation :

Pour la confirmation de *Pseudomonas aeruginosa* procéder à la recherche des pigments spécifiques sur les milieux King A et King B.

Ensemencer les deux milieux King A et King B en faisant une strie médiane à la surface de la gélose. Fermer les tubes sans serrer et incubé à 37°C pendant 1 à 4 jours.

#### Lecture :

La présence de pigments diffusibles se traduit par l'apparition de couleur qui peut diffuser sur toute la pente.

**Sur le milieu King A :** les colonies typiques sur ce milieu sont colorées en bleu-vert, parfois en brun-rose (pyorubine). La pyocyanine est extraite par le chloroforme.

On Verse 0.5 ml de chloroforme sur la culture et on laisse 10 à 15 min, en position inclinée : la pyocyanine très soluble dans la chloroforme, la colore en bleu.

**Sur le milieu King B** : la production de pyoverdine se manifeste par une coloration jaune-verte, avec une fluorescence observée au U.V à 340 n.m. Ce pigment est insoluble dans le chloroforme.

### I.6. Identification biochimique des bactéries

#### a) Galerie biochimique classique

L'identification sur galerie classique de bactérie met en évidence la fermentation des sucres avec ou sans dégagement de gaz, production d'H<sub>2</sub>S et d'autres caractéristiques biochimiques (Figure 18)



**Figure 18** : Galerie classique d'identification biochimique.

Le protocole est le suivant :

Ensemencer quelques gouttes de la suspension bactérienne suspecte sur les milieux suivant :

- ✚ Gélose TSI (Triple Sugar Iron)
- ✚ Agar citrate de Simmons
- ✚ Mannitol mobilité
- ✚ Urée Indole
- ✚ ONPG (Ortho-Nitro-Galactosidase)

### b) Galerie biochimique miniaturisé (Api 20E)

Api 20E est un système standardisé pour l'identification des *Entérobactériaceae* et autres bacilles à Gram négatif, comprenant 21 tests biochimiques miniaturisés.

La galerie Api 20E sera ensemencée en remplissant les microcupules par la suspension bactérienne à tester.

- ✓ Pour les tests CIT, VP et GEL remplir tubes et cupules.
- ✓ Pour les autres tests, remplir uniquement les tubes (et non les cupules).
- ✓ Pour les tests : ADH, LDC, ODC, H<sub>2</sub>S, URE créer une anaérobiose en remplissant leur cupule d'huile de vaseline. Refermer la boîte est incubée 24 heures à 37°C. (figure 19)



**Figure 19** : Galerie Api 20E ensemencée.

### I.7. Antibiogramme

C'est l'étude de la sensibilité d'un germe vis-à-vis des différents antibiotiques, afin de surveiller la résistance de ce dernier et mettre en évidence les bactéries multirésistantes.

#### ○ Préparation de l'inoculum

L'inoculum est préparé de façon à obtenir après incubation des colonies juste confluentes; il est obtenu à partir d'une culture jeune de 18 à 24 heures (phase stationnaire) sur gélose non inhibitrice.

Prélever au moins trois colonies de la bactérie et émulsionner dans 5 ml de l'eau physiologique stérile.

#### ○ Ensemencement

L'ensemencement se fait par la méthode de Kirby-Bauer par écouvillonnage.

- Plonger un écouvillon stérile dans la suspension bactérienne et laisser s'imbiber.
- Le sortir du tube en l'essorant doucement sur la paroi.
- Ensemencer la boîte de Mueller-Hinton dont l'épaisseur de la gélose est de 4mm, en frottant l'écouvillon sur sa surface et en tournant la boîte 3 fois de 60°C afin d'assurer une bonne distribution de l'inoculum.
- Laisser sécher les boîtes pendant 15 à 20 minutes.

### ○ Application des disques et incubation

- Appliquer les disques d'antibiotiques : Amoxicilline + acide clavulanique (AMC 30) (30 µg), Acide fusidique (FA10) (10µg), Ampicilline (AM10) (10µg), Amoxicilline (AX25) (25µg), Cefazoline (CZ30) (30ug), Cefotaxime (CTX30) (30µg), Chloramphénicol (C30) (30µg), Erythromycine (E15) (15µg), Imipenème (IMP10) (10µg), Kanamycin (K30) (30µg), Lincomycine (L2) (2µg) , Métronidazole (MT5) (5µg), Oxacilline (OX5) (5µg), Pénicilline (P10) (10µg), Vancomycin (VA30) (30µg), Tobramycine (TOB10) (10µg), Ofloxacin (OFX5) (5µg) , Colistine (CT25) (25µg), Ticarcilline + acide clavulanique (TCC85) (85µg) à l'aide d'une pince préalablement flambée, en appuyant légèrement.
- Incuber à 37°C pendant 16 à 18h.

### ○ Lecture

Pour chaque antibiotique : mesurer le diamètre de la zone d'inhibition à l'aide d'un pied à coulisse ou une règle au revers de la gélose (figure 20), et reporter cette mesure sur l'échelle de concordance correspondante et indiquer si la bactérie est sensible, intermédiaire ou résistante, selon la standardisation de l'antibiogramme en médecine humaine à l'échelle nationale (RAHAL *et al.*, 2008).



**Figure 20** : Lecture de l'antibiogramme.



### I.8. Souches de référence

Nous nous sommes référés aux souches de référence provenant de l'Institut Pasteur d'Algérie qui sont les suivantes :

- *Escherichia coli* ATCC25922
- *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853
- *Staphylococcus aureus* ATCC 6538

### I.9. Indice MAR (Multiple Antibiotic Resistance)

L'indice MAR a été recommandé par Krumperman (1983) dans le but d'évaluer le risque de la contamination de l'environnement par les antibiotiques.

❖ Pour les isolats,

Indice MAR= a/b

a: nombre d'antibiotiques pour lequel l'isolat est résistant.

b: nombre d'antibiotiques testés.

Lorsque les valeurs de l'indice MAR sont supérieures à 0,2 ; elles indiquent une source de risque élevé de contamination où les antibiotiques sont souvent utilisés.

Lorsque les valeurs de l'indice MAR sont inférieures ou égale à 0,2 ; elles indiquent que la souche provient de sources où les antibiotiques sont rarement utilisés.

❖ Pour les sites

L'indice MAR est un excellent outil qui nous permet d'analyser la prévalence relative des bactéries résistantes dans l'environnement.

$$\text{Indice MAR} = \frac{c}{d} \times e$$

c : nombre d'antibiotiques pour le quel tous les isolats sont résistants

d : nombre des isolats présents dans le site

e : nombre des antibiotiques testés

Lorsque les valeurs de l'indice MAR sont supérieures à 0,4 ; elles indiquent une source de risque élevée de contamination d'origine humaine.

Lorsque les valeurs de l'indice MAR sont inférieures à 0,4 ; elles indiquent que la souche provient de sources non humaines.

### I.10. Analyse statistique

Dans cette étude, nous avons utilisé Excel 2010 pour calculer la moyenne et l'écart type ( $M \pm EC$ ) des paramètres étudiés.

Les formules utilisées sont :

- Moyenne :  $X = \sum xi / n$

L'écart type est un paramètre statistique qui permet d'apprécier la dispersion des variables autour de la moyenne de l'échantillon.

- Ecart type :  $(\sum (xi - X) / n)^{1/2}$

Avec :  $X$  : Moyenne.

$xi$  : Les effectifs.

$n$  : nombre des effectifs.

## II. Résultats et discussion

Cette étude a été réalisée durant une période s'étalant de la fin de Janvier jusqu'au début du mois de Mai 2016 au laboratoire d'hygiène de la wilaya de Blida.

Au total, nous avons effectué 32 prélèvements à partir des eaux provenant de deux sites de l'oued Beni Aza et à partir des eaux de la station d'épuration de Chenoua (avant et après épuration), d'une fréquence de 8 échantillons pour chaque site.

### II.1. Résultats des analyses bactériologiques

Les résultats des analyses bactériologiques des eaux échantillonnées provenant de l'oued Beni Aza et de la STEP de Chenoua sont consignés dans les Tableaux XXXV et XXXVI (Voir annexe III), et seront comparés aux normes de l'OMS (2006) et de celles du JORA (2009) et (2011).

#### ✚ Bactéries indicateurs de contamination fécale

##### ✓ Coliformes totaux

Le dénombrement des coliformes totaux est présenté dans le tableau suivant :

**Tableau IV : Résultats des coliformes totaux**

	Germe	CT	CT	
	Date de prélèvements / sites	Site 1	Site 2	
<b>Oued Beni Aza</b>	20/01/2016	$1,8 \times 10^6$ UFC/100ml	$1,8 \times 10^6$ UFC/100ml	
	03/02/2016	$1,8 \times 10^6$ UFC/100ml	$1,8 \times 10^6$ UFC/100ml	
	21/02/2016	$5 \times 10^5$ UFC/100ml	$5 \times 10^5$ UFC/100ml	
	06/03/2016	$1,1 \times 10^6$ UFC/100ml	$1,4 \times 10^6$ UFC/100ml	
	20/03/2016	$8 \times 10^5$ UFC/100ml	$1,8 \times 10^6$ UFC/100ml	
	03/04/2016	$7 \times 10^5$ UFC/100ml	$9 \times 10^5$ UFC/100ml	
	17/04/2016	$1 \times 10^6$ UFC/100ml	$1,8 \times 10^6$ UFC/100ml	
	02/05/2016	$1,8 \times 10^6$ UFC/100ml	$1,8 \times 10^6$ UFC/100ml	
	<b>Moyenne ± Ecart type</b>	1187500± 101,93	1475000±1136,05	
	<b>Norme JORA 2009</b>	<b>50000</b>		
	<b>Eaux brutes</b>	<b>Eaux épurées</b>		
<b>STEP Chenoua</b>	18/01/2016	$1,8 \times 10^5$ UFC/100ml	$1,8 \times 10^4$ UFC/100ml	
	07/02/2016	$1,8 \times 10^5$ UFC/100ml	$1,8 \times 10^4$ UFC/100ml	
	22/02/2016	$7 \times 10^4$ UFC/100ml	$5 \times 10^3$ UFC/100ml	
	06/03/2016	$1,2 \times 10^5$ UFC/100ml	$1 \times 10^4$ UFC/100ml	
	21/03/2016	$1,2 \times 10^5$ UFC/100ml	$1,4 \times 10^4$ UFC/100ml	
	03/04/2016	$5 \times 10^4$ UFC/100ml	$1 \times 10^3$ UFC/100ml	
	17/04/2016	$1,2 \times 10^5$ UFC/100ml	$1,1 \times 10^4$ UFC/100ml	
	02/05/2016	$1,2 \times 10^5$ UFC/100ml	$1,8 \times 10^4$ UFC/100ml	
	<b>Moyenne ± Ecart type</b>	120000± 324,03	11875± 101,93	
	<b>Norme OMS 2006</b>	-	<b><math>10^3 - 10^7</math></b>	

D'après le tableau IV, le nombre des coliformes totaux présents dans les eaux du site 1 et 2 de l'oued Beni Aza est compris entre  $5 \times 10^5$  et  $1,8 \times 10^6$  UFC/100ml, avec une moyenne de  $1187500 \pm 1019,34415$  UFC/100 ml pour le site 1, et une moyenne de  $1475000 \pm 1136,05$  UFC/100ml pour le site 2

Pour les eaux brutes de la STEP, ce nombre varie entre  $5 \times 10^4$  et  $1,8 \times 10^5$  UFC/100ml avec une moyenne de  $120000 \pm 324,03$  UFC/100ml. Par contre, pour les eaux épurées, le nombre varie entre  $1 \times 10^3$  et  $1,8 \times 10^4$  UFC/100ml avec une moyenne de  $11875 \pm 101,93$  UFC/100ml.

Les coliformes totaux sont utilisées depuis longtemps comme indicateur de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale (CHEVALIER, 2003).

Pour l'oued, les concentrations élevées en coliformes totaux avec une augmentation importante observée durant le premier et le second prélèvement peuvent être due aux faibles précipitations qui ont marqué cette période d'échantillonnage. Ces concentrations sont nettement supérieures à la norme du JORA (2009) (50000UFC/100ml).

Pour la STEP, les valeurs obtenues pour les eaux sont similaires à celles de SATIN et SELMI (1999). Dans leur travaux, ces auteurs constatent que le nombre des coliformes totaux dans les eaux usées varient entre  $770 \times 10^3$  et  $200 \times 10^6$  germes/100ml. Tandis que pour les eaux épurées, nous avons noté une diminution de leur nombre en relation avec les différentes étapes de traitement des eaux.

### ✓ Coliformes Fécaux

Le dénombrement des coliformes fécaux est présenté dans le tableau suivant :

**Tableau V : Résultats des coliformes fécaux**

	Germe	CF	CF
	Date de prélèvements / sites	Site1	Site2
Oued	20/01/2016	$1,1 \times 10^6$ UFC/100ml	$1 \times 10^5$ UFC/100ml
	03/02/2016	$5 \times 10^5$ UFC/100ml	$7 \times 10^5$ UFC/100ml
	21/02/2016	$1 \times 10^5$ UFC/100ml	$1 \times 10^5$ UFC/100ml
Beni	06/03/2016	$1 \times 10^5$ UFC/100ml	0
	20/03/2016	0	0
Aza	03/04/2016	0	$2 \times 10^5$ UFC/100ml
	17/04/2016	$2 \times 10^5$ UFC/100ml	$1 \times 10^5$ UFC/100ml
	02/05/2016	0	$1,1 \times 10^6$ UFC/100ml
	<b>Moyenne <math>\pm</math> Ecart type</b>	$1475000 \pm 467,70$	$287500 \pm 501,56$
	<b>Norme JORA 2011</b>	<b>20000</b>	
		<b>Eaux Brutes</b>	<b>Eaux Epurées</b>
STEP	18/01/2016	$3 \times 10^4$ UFC/100ml	$2 \times 10^3$ UFC/100ml
	07/02/2016	$1 \times 10^4$ UFC/100ml	$1 \times 10^3$ UFC/100ml
	22/02/2016	0	0
	06/03/2016	$4 \times 10^4$ UFC/100ml	$1 \times 10^3$ UFC/100ml

<b>Chenoua</b>	21/03/2016	$1 \times 10^4$ UFC/100ml	0
	03/04/2016	$1 \times 10^4$ UFC/100ml	0
	17/04/2016	$1 \times 10^5$ UFC/100ml	0
	02/05/2016	0	$4 \times 10^5$ UFC/100ml
	<b>Moyenne <math>\pm</math> Ecart type</b>	25000 $\pm$ 147,90	1000 $\pm$ 29,58
	<b>Norme OMS (2006)</b>	-	<b><math>10 \cdot 10^6</math></b>

Les concentrations des eaux de l'oued en coliformes fécaux sont comprises entre 0 et  $1,1 \times 10^6$  UFC/100ml pour les deux sites échantillonnés avec une moyenne de  $250000 \pm 467,70$  UFC/100ml pour le site 1 et une moyenne de  $287500 \pm 501,56$  UFC/100ml pour le site 2.

Pour la STEP de Chenoua, on note l'absence totale d'*E. coli* dans les eaux brutes et épurées pour le troisième et le septième prélèvement. Tandis que pour les autres prélèvements (P1, P2, P4 et P8), nous avons constaté la présence de ces microorganismes avec des valeurs oscillant entre  $1 \times 10^4$  et  $1 \times 10^5$  UFC/100ml pour les eaux brutes et entre  $1 \times 10^3$  et  $4 \times 10^3$  UFC/100 ml pour les eaux épurées.

Parmi les coliformes fécaux, *E. coli* est la seule bactérie qui soit sans équivoque toujours d'origine fécale et, à ce titre, est de plus en plus considéré comme l'organisme indicateur spécifique d'une pollution fécale. *E. coli* peut survivre jusqu'à trois mois dans une eau naturelle non traitée (EDBERG et al., 2000)

D'après RODIER et al., (2005), la plupart de ces contaminations permanentes proviennent des rejets d'eaux usées urbaines dont la concentration en coliformes fécaux est relativement constante et de l'ordre de  $10^6$  à  $10^7$  par 100ml. La présence des *Escherichia coli* dans tous les sites d'étude témoigne d'une pollution fécale, dans la mesure où toutes les bactéries de ce groupe sont d'origine fécale (BAROUR et al., 2012).

SIMMONS et al., (2001) , font ainsi état d'une corrélation entre la présence d'entérocoques et d'*E.coli* dans une eau non traitée.

### ✓ Streptocoques fécaux

Le tableau suivant présente l'ensemble des résultats obtenus pour le dénombrement des streptocoques fécaux :

**Tableau VI : Résultats des Streptocoques fécaux**

	Germe	SF	SF
	Date de prélèvements / sites	Site1	Site2
<b>Oued</b>	20/01/2016	$1,8 \times 10^6$ UFC/100ml	$1,8 \times 10^6$ UFC/100ml
	03/02/2016	$1,8 \times 10^6$ UFC/100ml	$1,8 \times 10^6$ UFC/100ml
	21/02/2016	$1 \times 10^6$ UFC/100ml	$1,4 \times 10^6$ UFC/100ml
<b>Beni</b>	06/03/2016	$1,2 \times 10^6$ UFC/100ml	$1,8 \times 10^6$ UFC/100ml
<b>Aza</b>	20/03/2016	$5 \times 10^5$ UFC/100ml	$8 \times 10^5$ UFC/100ml
	03/04/2016	$5 \times 10^5$ UFC/100ml	$1,8 \times 10^6$ UFC/100ml
	17/04/2016	$1 \times 10^6$ UFC/100ml	$1,8 \times 10^6$ UFC/100ml
	02/05/2016	0	$7 \times 10^5$ UFC/100ml

	Moyenne ± Ecart type	862500± 868,72	1487500± 1140,86
	Norme JORA 2011	<b>10000</b>	
		Eaux brutes	Eaux épurées
<b>STEP Chenoua</b>	18/01/2016	1,8×10 <sup>5</sup> UFC/100ml	1,8×10 <sup>4</sup> UFC/100ml
	07/02/2016	1,8×10 <sup>5</sup> UFC/100ml	1,8×10 <sup>4</sup> UFC/100ml
	22/02/2016	1,8×10 <sup>5</sup> UFC/100ml	1×10 <sup>3</sup> UFC/100ml
	06/03/2016	1,1×10 <sup>5</sup> UFC/100ml	5×10 <sup>3</sup> UFC/100ml
	21/03/2016	1,4×10 <sup>5</sup> UFC/100ml	7×10 <sup>3</sup> UFC/100ml
	03/04/2016	1,8×10 <sup>5</sup> UFC/100ml	3×10 <sup>3</sup> UFC/100ml
	17/04/2016	1,8×10 <sup>5</sup> UFC/100ml	1×10 <sup>3</sup> UFC/100ml
	02/05/2016	1,8×10 <sup>5</sup> UFC/100ml	3×10 <sup>3</sup> UFC/100ml
	Moyenne ±Ecart type	166250± 381,40	7000 ± 78,26
	Norme OMS 2006	-	<b>10- 10<sup>5</sup></b>

Dans le cas des eaux de l'oued, les charges en streptocoques fécaux varient entre 0 et 1,8×10<sup>6</sup> UFC/100 ml pour le site 1 et entre 7×10<sup>5</sup> et 1,8× 10<sup>6</sup> UFC/100ml pour le site 2.

Dans le cas des effluents de la STEP, la teneur en streptocoques fécaux varient entre 1,1×10<sup>5</sup> et 1,8× 10<sup>5</sup> UFC/100 ml pour les eaux usées brutes et entre 1×10<sup>3</sup> et 1,8×10<sup>4</sup> UFC/100 ml pour les eaux épurées.

Les valeurs les plus élevées sont enregistrées dans le site 2 de l'oued Beni Aza et dans l'eau usée brute de la STEP

Ces concentrations élevées en streptocoques fécaux sont dues à la dessiccation et leur capacité à persister plus longtemps dans l'eau (**GLEESON et GRAY, 1997**).

Les streptocoques fécaux sont communément utilisés pour identifier une pollution d'origine fécale. Leur prolifération est due au déversement des matières organiques et des substances nutritives azotées (**RODIER et al., 1984**).

### Anaérobies Sulfito Réducteurs (ASR)

Les spores d'Anaérobies Sulfito Réducteurs sont extrêmement persistantes dans l'environnement et résistantes au processus de désinfection de l'eau. Par conséquent, leur valeur comme indicateur de contamination fécale a été mise en doute car les spores pourraient se trouver naturellement dans l'environnement. (**PITKANEN, 2010**).

Les résultats de la recherche et du dénombrement des ASR dans les eaux de l'oued ont montré que le nombre de spores varie entre 0 et 10 x 10<sup>4</sup> spores /20ml pour le site 1, et entre 0 à 18x 10<sup>4</sup> spores /20 ml pour le site 2, avec une absence totale durant le cinquième et le septième prélèvement (figure 21).

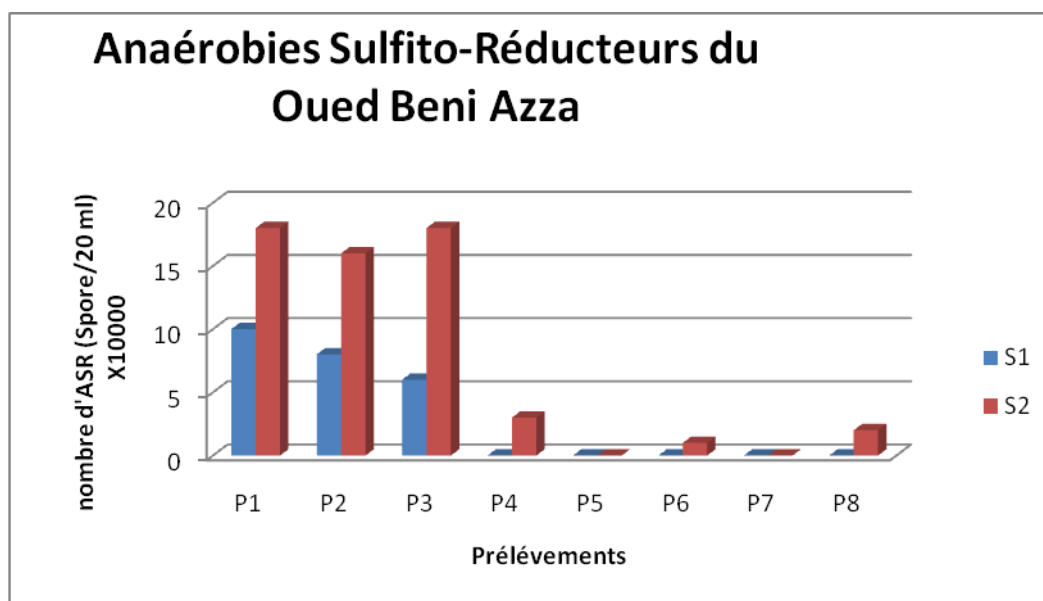


Figure 21 : Variation des ASR dans les eaux de l'oued

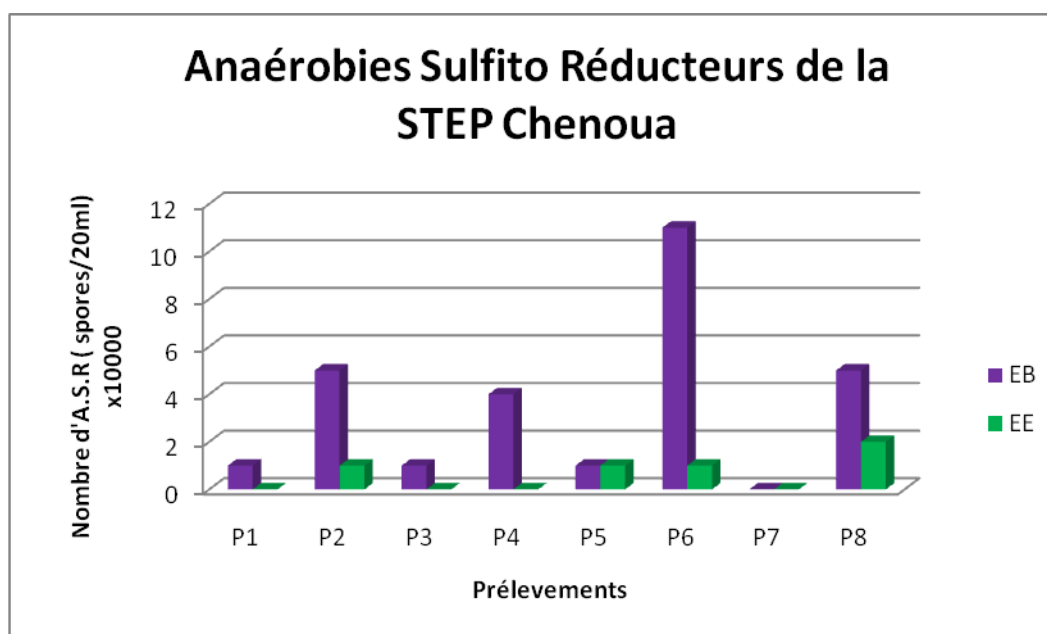


Figure 22 : Variation des ASR dans les effluents bruts et traités de la STEP

En revanche, on note que pour les eaux brutes de la STEP de Chenoua, une valeur minimale de 0 spores/20ml et une valeur maximale de  $11 \times 10^4$  spores/20ml avec une moyenne de  $35000 \pm 175$  spores/ 20 ml. Tandis que pour les eaux épurées, les résultats varient entre 0 et  $2 \times 10^4$  spores /20ml avec une moyenne de  $6250 \pm 73,95$  spores/20 ml (Figure 22).

Les résultats des Anaérobies - Sulfito-Réducteurs ne sont pas conformes à la norme de l'OMS (2006) et à celle du JORA (2011) qui exigent une absence totale d'ASR.

El HAISSOUFI et *al.*, (2011), signalent que ces bactéries sont souvent considérées comme des témoins de pollution fécale.

### ✚ Germes pathogènes

L'isolement des bactéries pathogènes issues de la station n° 1 de l'oued Beni Aza, a révélé une présence de *Pseudomonas aeruginosa*, et une absence totale de *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* et *Vibrio cholerae* (Tableau VII).

**Tableau VII :** Nombre des bactéries pathogènes isolées à partir de la station n° 1 de l'oued

Germes pathogènes
<i>Salmonella</i> (n=0)
<i>Vibrio cholerae</i> (n=0)
<i>Staphylococcus aureus</i> (n=0)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (n=2)

Par contre, à la station 2, les eaux révèlent une présence de *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus* suivie par *Salmonella* et une absence totale de *Vibrio* (Tableau VIII).

**Tableau VIII :** Nombre des bactéries pathogènes isolées à partir de la station n° 2 de l'oued

Germes pathogènes
<i>Salmonella</i> (n=1)
<i>Vibrio cholerae</i> (n=0)
<i>Staphylococcus aureus</i> (n=2)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (n=2)

L'isolement des bactéries pathogènes issues de la STEP de Chenoua a révélé une présence de *Salmonella*, et absence de *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* et *Vibrio* pour effluents bruts (Tableau IX).

Nous avons noté leur absence dans les eaux épurées de la STEP

**Tableau IX :** Nombre des bactéries pathogènes isolées à partir des eaux usées brutes de la STEP

Germes pathogènes
<i>Salmonella</i> (n=1)
<i>Vibrio cholerae</i> (n=0)
<i>Staphylococcus aureus</i> (n=0)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (n=0)



D'après **RODIER et al., (2009)**, il existe une grande variété de bactéries pathogènes ou potentiellement pathogènes (opportunistes) pour l'Homme dans tous les types d'eaux, tels que les *Pseudomonas*, *Salomonella*, *Shigella*, Staphylocoques pathogènes, *Vibrio*, *Yersinia enterocolitica*..., Celles-ci vivent ou survivent dans l'environnement.

D'après **LELOIR ET GUATIER (2010)**, *S. aureus* serait capable de survivre dans l'eau pendant plusieurs mois, pourvu qu'il dispose d'un minimum de nutriments. Par ailleurs, la détection occasionnelle de différentes espèces de *Staphylococcus* est due aux caractéristiques de ce genre bactérien très répandu dans la nature.

En effet, les staphylocoques arrivent à proliférer grâce à leur particulière résistance aux conditions hostiles de l'environnement, telles que la chaleur et la sécheresse (**AIT HAMLET, 1998**).

**TRAD RAIS et al., (1989)** indiquent que la présence des Salmonelles dans les eaux usées est très faible. Cependant, **ALOUINI, (1993)** mentionne que les risques épidémiologiques des agents pathogènes comme la salmonelle et le *vibrio cholerae* sont nuls, seuls les risques liés aux coliformes fécaux et streptocoques fécaux sont latents.

### II.2 Identification des souches d'entérobactéries isolées des eaux des différents sites de prélèvement

#### ✓ Examen macroscopique

L'examen macroscopique des colonies est présenté dans le tableau suivant :

**Tableau X** : Examen macroscopique des colonies suspectes

Colonies suspectes	Forme	Relief	Couleur et / ou pigmentation
CS1 (n=2)	ronde	surélevée	Noire
CS2 (n=1)	ronde	bombée	Rouge
CS3 (n=4)	ronde	bombée	orange
CS4 (n=1)	ronde	bombée	jaune
CS5 (n=2)	ronde	plat	verte
CS6 (n=3)	ronde	bombée	saumon
CS7 (n=2)	irrégulier	plat	orange
CS8 (n=1)	ronde	plat	jaune
CS9 (n=3)	ronde	bombée	orange à centre noire
CS10 (n=1)	ronde	plat	verte
CS11 (n=2)	ronde	plat	noire
CS12 (n=5)	irrégulier	plat	orange
CS13 (n=1)	ronde	bombée	orange
CS14 (n=1)	ronde	plat	noire
CS 15(n=2)	irrégulier	plat	Saumon
CS 16(n=4)	ronde	bombée	Saumon

CS : Colonie suspecte

### ✓ Galerie Api 20E

Les souches ont été identifiées au moyen de la galerie Api 20E (Bio - Mérieux), nous avons réussi à identifier 29 souches bactériennes. Les 6 autres souches (CS 15 et CS 16) ont été identifiées par le biais de la mini galerie classique.

Les résultats de l'identification des *Enterobacteriaceae* par la galerie Api 20E sont présentés par le tableau suivant :

**Tableau XI:** Illustration de l'identification par galerie Api 20E des espèces d'entérobactéries

	n=2	ONPG	ADH	LDC	ODC	CIT	H2S	URE	TDA	IND	VP	GEL	GLU	MAN	INO	SOR	RHA	SAC	MEL	AMY	ARA
CS 1	-	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-



	n=1	ONPG	ADH	LDC	ODC	CIT	H2S	URE	TDA	IND	VP	GEL	GLU	MAN	INO	SOR	RHA	SAC	MEL	AMY	ARA
CS 2	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	



	n=4	ONPG	ADH	LDC	ODC	CIT	H2S	URE	TDA	IND	VP	GEL	GLU	MAN	INO	SOR	RHA	SAC	MEL	AMY	ARA
CS 3	+	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	



n=1	
CS	+
ONPG	+
ADH	-
LDC	-
ODC	-
CIT	-
H2S	-
URE	-
TDA	-
IND	+
VP	-
GEL	-
GLU	+
MAN	+
INO	-
SOR	-
RHA	-
SAC	+
MEL	-
AMY	+
ARA	+



n=2	
CS	+
ONPG	+
ADH	-
LDC	-
ODC	-
CIT	+
H2S	+
URE	-
TDA	-
IND	+
VP	+
GEL	+
GLU	+
MAN	+
INO	-
SOR	+
RHA	+
SAC	+
MEL	+
AMY	+
ARA	+




n=3	
CS	+
ONPG	+
ADH	+
LDC	+
ODC	+
CIT	+
H2S	+
URE	+
TDA	-
IND	-
VP	-
GEL	-
GLU	+
MAN	+
INO	+
SOR	+
RHA	+
SAC	+
MEL	+
AMY	+
ARA	+




## Résultats et Discussion


CS 7	n=2	ONPG	+
		ADH	+
		LDC	-
		ODC	-
		CIT	+
		H2S	+
		URE	+
		TDA	+
		IND	-
		VP	+
		GEL	+
		GLU	+
		MAN	+
		INO	+
		SOR	+
		RHA	+
		SAC	+
		MEL	+
		AMY	+
		ARA	+



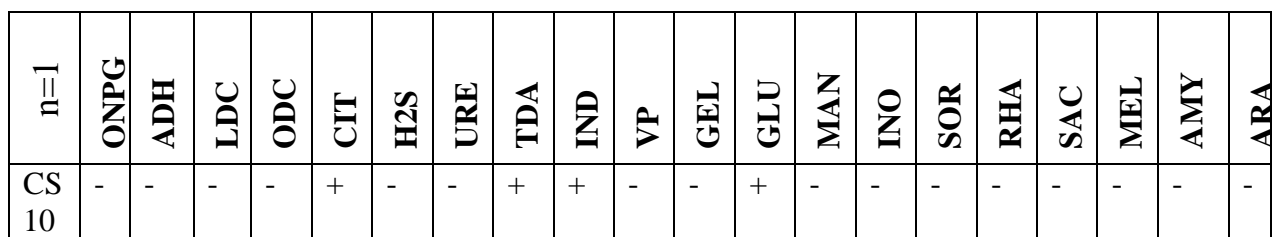
CS 8	n=1	ONPG	+
		ADH	+
		LDC	-
		ODC	+
		CIT	-
		H2S	-
		URE	-
		TDA	-
		IND	+
		VP	-
		GEL	-
		GLU	-
		MAN	+
		INO	-
		SOR	+
		RHA	+
		SAC	-
		MEL	+
		AMY	+
		ARA	+



CS 9	n=3	ONPG	+
		ADH	+
		LDC	-
		ODC	-
		CIT	+
		H2S	+
		URE	-
		TDA	-
		IND	+
		VP	-
		GEL	-
		GLU	+
		MAN	+
		INO	-
		SOR	+
		RHA	+
		SAC	+
		MEL	+
		AMY	+
		ARA	+



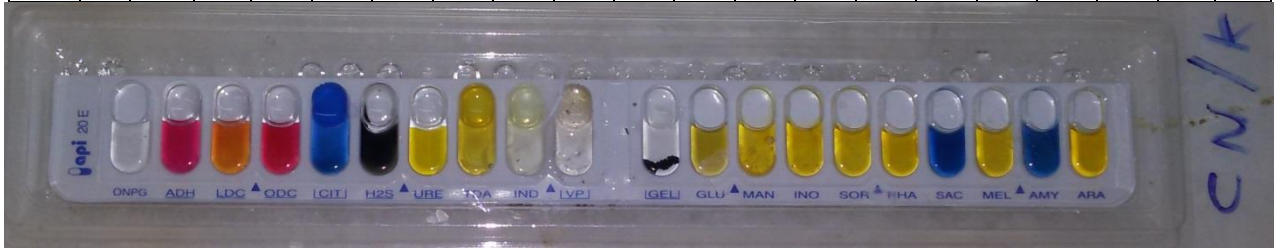
CS 10	n=1	ONPG	-
		ADH	-
		LDC	-
		ODC	-
		CIT	+
		H2S	-
		URE	-
		TDA	+
		IND	+
		VP	-
		GEL	-
		GLU	+
		MAN	-
		INO	-
		SOR	-
		RHA	-
		SAC	-
		MEL	-
		AMY	-
		ARA	-



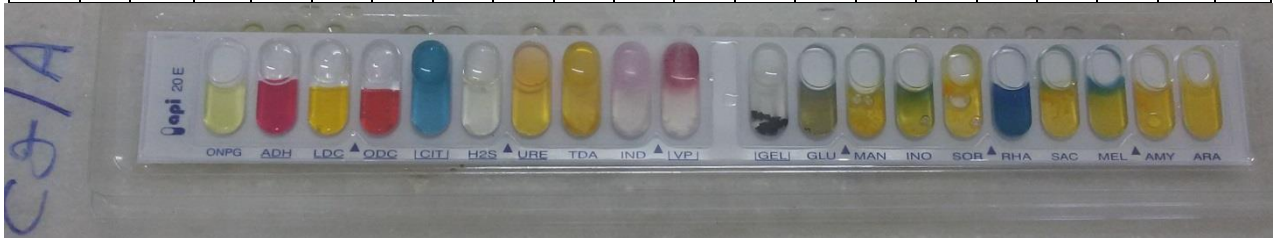
## Résultats et Discussion



CS	n=2	ONPG	ADH	LDC	ODC	CIT	H2S	URE	TDA	IND	VP	GEL	GLU	MAN	INO	SOR	RHA	SAC	MEL	AMY	ARA
11		-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	+



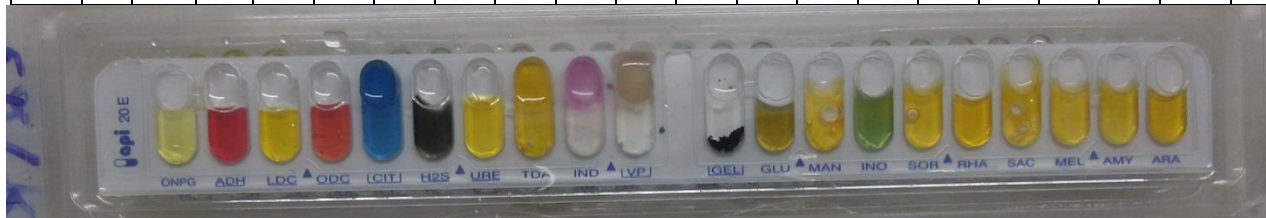
CS	n=5	ONPG	ADH	LDC	ODC	CIT	H2S	URE	TDA	IND	VP	GEL	GLU	MAN	INO	SOR	RHA	SAC	MEL	AMY	ARA
12		+	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+



CS	n=1	ONPG	ADH	LDC	ODC	CIT	H2S	URE	TDA	IND	VP	GEL	GLU	MAN	INO	SOR	RHA	SAC	MEL	AMY	ARA
13		+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+



n=1	ONPG	ADH	LDC	ODC	CIT	H <sub>2</sub> S	URE	TDA	IND	VP	GEL	GLU	MAN	INO	SOR	RHA	SAC	MEL	AMY	ARA
CS 14	+	+	-	+	+	+	-	-	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+

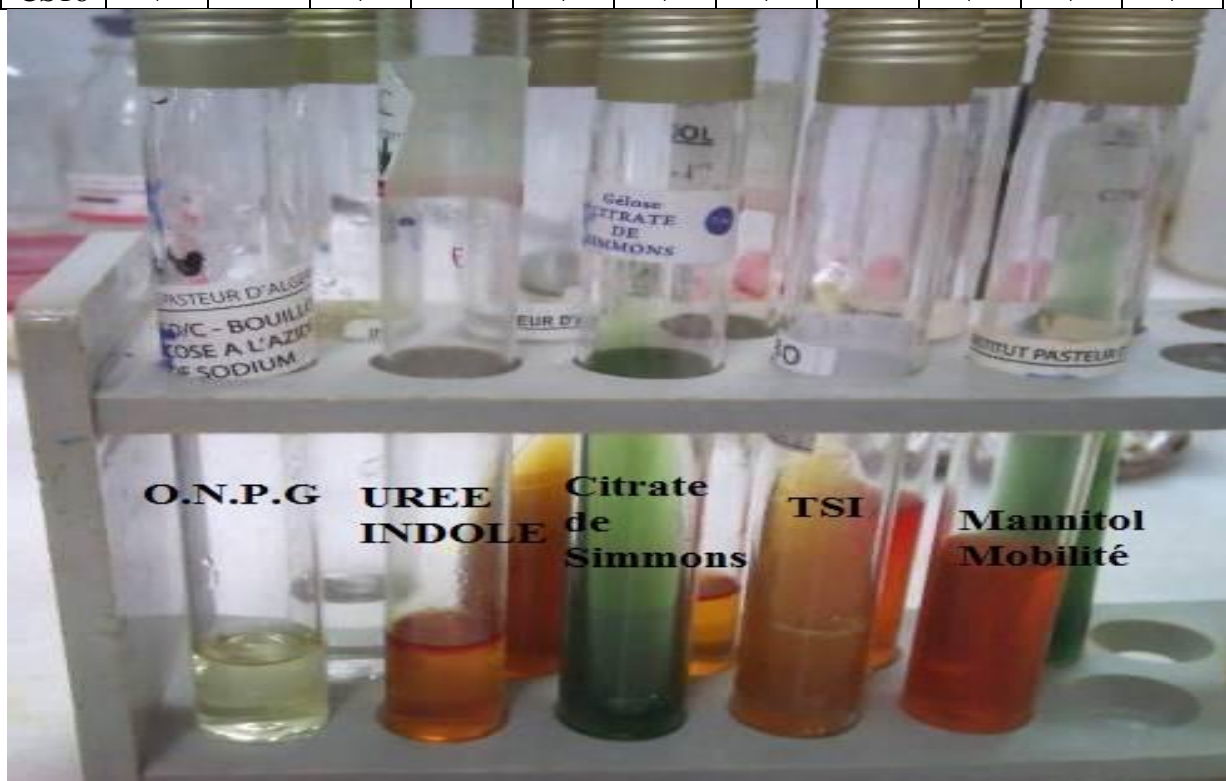


### ✓ La galerie biochimique classique

Les résultats de l'identification des *Enterobacteriaceae* CS 15 (n=2) et CS 16 (n=4) sont présentés par le tableau suivant :

**Tableau XII :** Illustration de l'identification par la galerie biochimique classique des espèces d'Entérobactéries.

n=2	ONPG	Urée	Indole	Citrate de Simmons	Glucose	Lactose	Saccharose	H <sub>2</sub> S	Gaz	Mannitol	Mobilité
CS16	+	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+



n = 4	Glucose	Lactose	Saccharose	H <sub>2</sub> S	Gaz	Mannitol	Mobilité	Urée	Indole	ONPG
CS17	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-



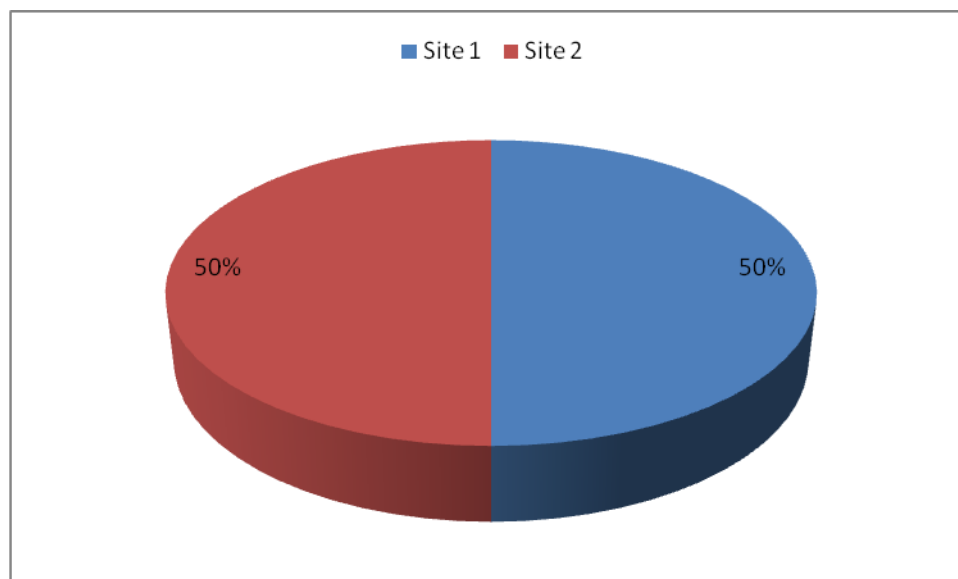
Le tableau suivant présente les entérobactéries identifiées dans les différents échantillons d’eau prélevés à partir des 4 sites étudiés, soit 32 prélèvements.

**Tableau XIII :** Espèces identifiées

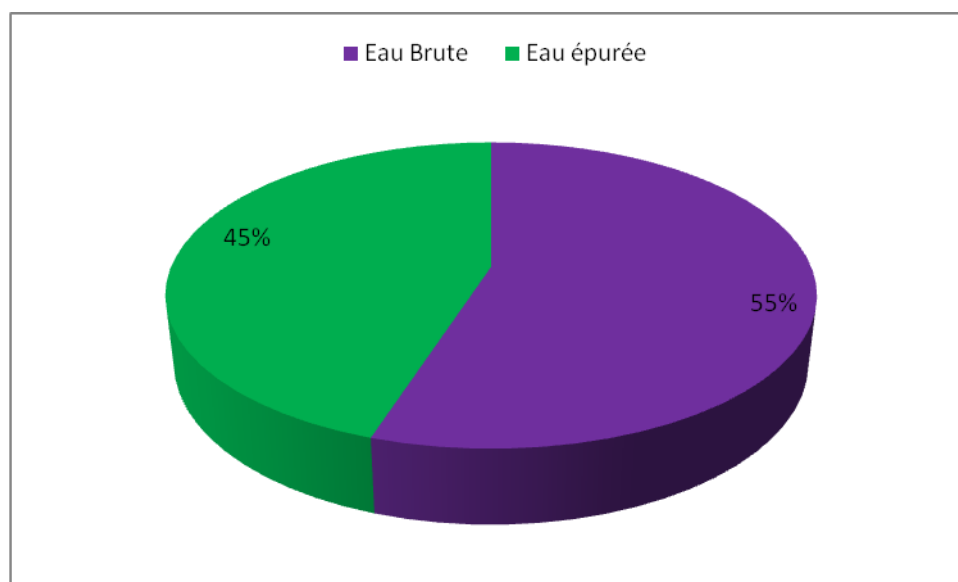
	<b>Souches identifiées</b>
CS1 (n=2)	<i>Proteus mirabilis</i>
CS2 (n=1)	<i>Serratia marsescens</i>
CS3 (n=4)	<i>Serratia odorifera1</i>
CS4 (n=1)	<i>Pantoea spp1</i>
CS5 (n=2)	<i>Pantoea spp2</i>
CS6 (n=3)	<i>Klebsiella ornithinolytica</i>
CS7 (n=2)	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
CS8 (n=1)	<i>Enterobacter amnigenus</i>
CS9 (n=3)	<i>Citrobacter freundii</i>
CS10 (n=1)	<i>Providencia alcalifaciens rustigianii</i>
CS11 (n=2)	<i>Salmonella spp</i>
CS12 (n=5)	<i>Enterobacter sakazakii</i>
CS13 (n=1)	<i>Serratia fonticola</i>
CS14 (n=1)	<i>Citrobacter braakii</i>
CS 15 (n=2)	<i>Escherichia coli</i>
CS 16 (n=4)	<i>Klebsiella spp</i>

### II.3. Répartition des entérobactéries détectées selon les sites de prélèvement

L'étude de la répartition des souches d'entérobactéries identifiées varie selon les sites de prélèvement. Parmi ces entérobactéries, 8 souches (50 %) proviennent des sites S1 et S2 de l'oued Beni Aza (figure 23), 11 (55 %) des eaux usées brutes et 9 souches (45%) des eaux épurées de la station d'épuration de Chenoua (Figure 24).



**Figure23** : Répartition des Entérobactéries détectées dans les eaux des deux sites de prélèvements de l'oued Beni Aza.



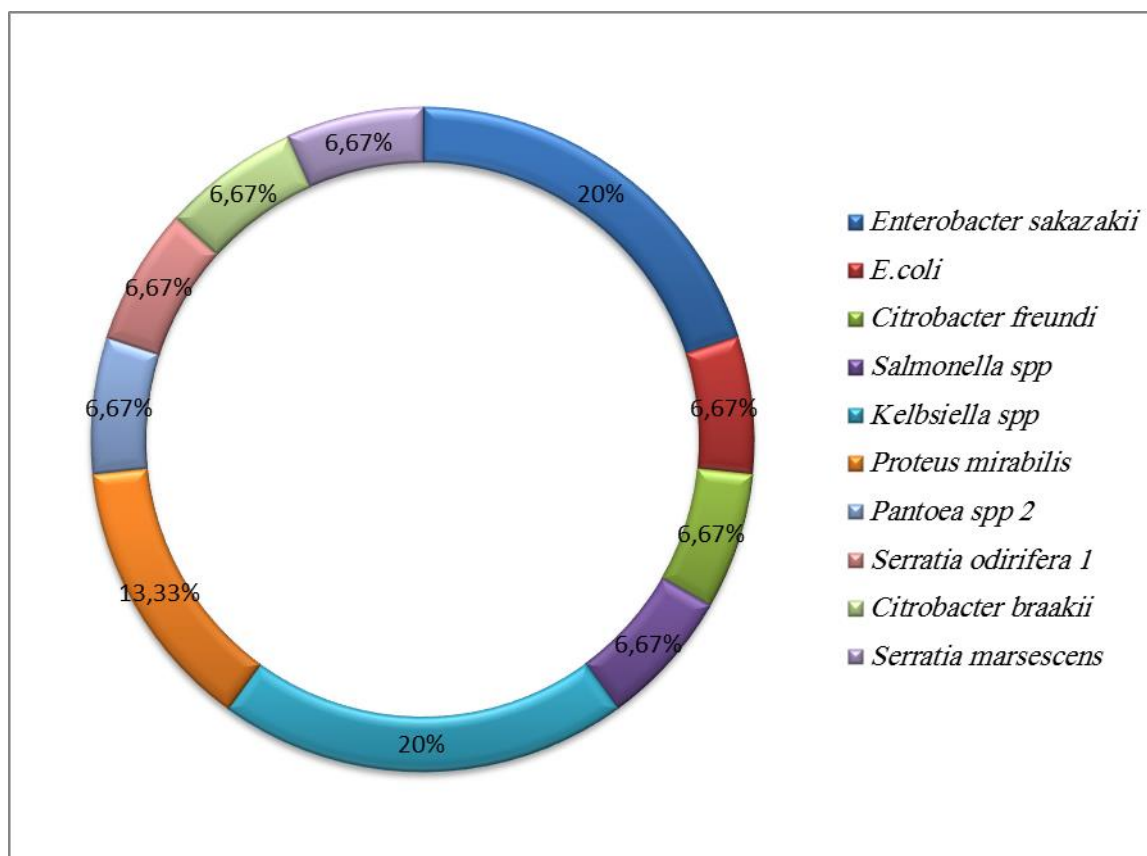
**Figure 24** : Répartition des Entérobactéries détectées dans les effluents deux sites de prélèvements au niveau de la STEP



### II.4. Distribution de l'ensemble des entérobactéries

L'analyse des espèces identifiées par rapport à l'ensemble des souches d'entérobactéries identifiées dans chaque site d'étude, a montré :

Dans l'oued : une prédominance d'*Enterobacter sakazakii* et de *Klebsiella spp* avec 3 souches (20 %), suivie par *Proteus mirabilis* 2 souches (13,33%), *Salmonella spp1* souche (6,67 %), *Pantoea spp21* souche (6,67%), *Citrobacter braakii* 1 souche (6,67%), *Serratia odorifera1* 1 souche (6,67%), *Serratia marsescens* 1 souche (6,67%), *E.coli* 1 souche (6,67 %) et *Citrobacter freundii* 1 souche (6,67%) (Figure 25).



**Figure 25 :** Répartition de l'ensemble des espèces d'Entérobactéries des eaux échantillonnées à partir de l'oued Beni Aza.

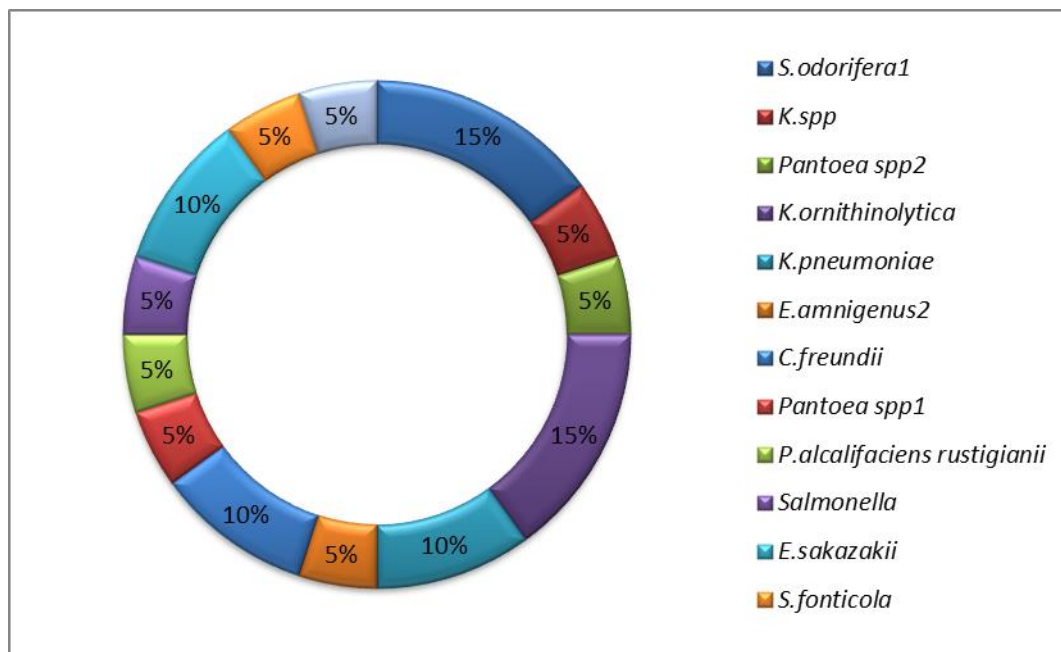
Cette répartition en fonction des taux est presque similaire à celle rapportée par (MERVAT et al., 2012) pour le genre *Proteus* (11,7%) et l'espèce *Citrobacter freundii* (8,4%), dans le Delta du Nil.

- Dans les eaux usées de la STEP de Chenoua : les espèces *Serratia odorifera1* et *Klebsiella ornithinolytica* sont représentées par 3 souches (15%), suivie de *Citrobacter freundii*, *Klebsiella pneumoniae* et *Enterobacter sakazakii* 2 souches (10%), *Klebsiella spp 1 souche* (5%), 1 souche d'*Enterobacter amnigenus2* (5%), 1 souche de *Providencia alcalifaciens rustiginanii* (5%), 1 souche de *Salmonella spp* (5%), *Serratia fonticola* 1 souche (5%) et 1 souche d'*E.coli* (5%) ont été identifiées.

Le genre *Pantoea* est représenté par deux espèces, *Pantoea spp1* avec une souche (5%) et *Pantoea spp2* une souche (5 %) (Figure 26).

Dans cette étude, *Klebsiella spp* était beaucoup plus isolée dans les stations d'épuration. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par (FELEKE et al., 2014) au niveau de la STEP en Ethiopie, mais avec un pourcentage de 26,6%.

Pour *Citrobacter freundii* a été isolé avec un taux de 10%, ce résultat est similaire avec celui de (FELEKE et al., 2014) (11,5%).



**Figure 26 :** Répartition de l'ensemble des espèces d'Entérobactéries issues des effluents bruts et traités de la STEP

Le tableau suivant récapitule l'ensemble des entérobactéries trouvées à chacun des sites échantillonnés :

**Tableau XIV :** Tableau récapitulatif

Espèces	nombre	Oued		STEP	
		Site 1	Site 2	Eaux brutes	Eaux épurées
<i>Proteus mirabilis</i>	n = 2	+	+	-	-
<i>Serratia marsescens</i>	n = 1	+	-	-	-
<i>Serratia odorifera1</i>	n = 4	+	-	++	+
<i>Pantoea spp1</i>	n = 1	-	-	-	+
<i>Pantoea spp2</i>	n = 2	+	-	+	-
<i>Klebsiella ornithinolytica</i>	n = 3	-	-	++	+
<i>Klebsiella</i>	n = 2	-	-	++	-

<i>pneumoniae</i>					
<i>Enterobacter amnigenus</i>	n = 1	-	-	+	-
<i>Citrobacter freundii</i>	n = 3	-	+	+	+
<i>Providencia alcalifaciens rustigianii</i>	n = 1	-	-	+	-
<i>Salmonella spp</i>	n = 2	-	+	+	-
<i>Enterobacter sakazakii</i>	n= 5	+	++	-	++
<i>Serratia fonticola</i>	n = 1	-	-	+	-
<i>Citrobacter braakii</i>	n = 1	+	-	-	-
<i>Escherichia coli</i>	n = 2	-	+	+	-
<i>Klebsiella spp</i>	n = 4	++	+	-	+

(+) : Présence , (-) : Absence.

### II.5. Antibiogramme

Durant cette étude, nous avons effectué des antibiogrammes pour les différentes souches identifiées afin de déterminer sa sensibilité vis-à-vis de 19 antibiotiques : 9 bêta-lactamines, deux aminosides, deux macrolides, un phénicol, un quinolone et autres (Voir Tableau XXX) (Annexe II).

L'antibiogramme a été réalisé par la méthode de diffusion des disques sur gélose Muller-Hinton et interprété après la mesure des diamètres d'inhibition selon la standardisation de l'antibiogramme à l'échelle nationale (RAHAL et al., 2008).

#### II.5.1. Résistances des Entérobactéries aux antibiotiques testés

##### Résistance de *Proteus mirabilis*

Dans les deux sites de prélèvements (site 1 et site 2 de l'oued Beni Aza) , les isolats de *Proteus mirabilis* montrent des taux de résistance très élevé (100%) vis-à-vis de l'Ampicilline, Céfazoline, Pénicilline, Acide fusidique, Métronidazole, Kanamycine, Amoxicilline + Acide clavulanique, Oxacilline, Vancomycine, Lincomycine et Amoxicilline (Tableau XV).

Un taux moyen de résistance a été révélé (50%) pour l'Erythromycine.

Par contre la Colistine, la Céfotaxime, l'Ofloxacine, le Chloramphénicol, l'Imipénème, la Tobramycine sont très actifs et inhibent la croissance des isolats de *Proteus mirabilis*.

**Tableau XV :** Pourcentage de *Proteus mirabilis* résistant aux antibiotiques testés couvrant chaque site (n=2).

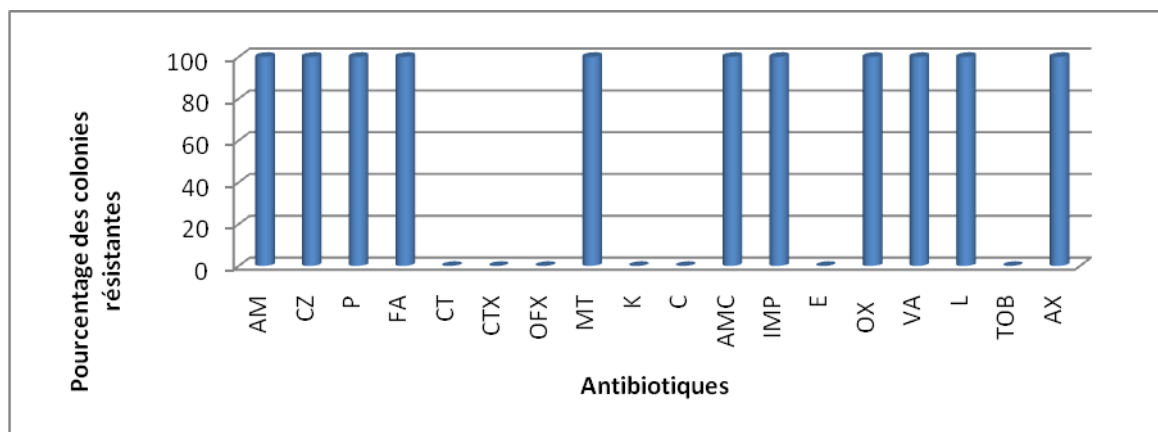
Famille	ATB %	Oued Beni Aza Site 1	Oued Beni Aza Site 2
Béta-lactames	AM	100	100
	CZ	100	100
	P	100	100
	AMC	100	100
	CTX	0	0
	OX	100	100
	AX	100	100
	IMP	0	0
Aminosides	K	100	100
	TOB	0	0
Quinolones	OFX	0	0
Phénicoles	C	0	0
Macrolides	E	100	0
	L	100	100
Autres	VA	100	100
	FA	100	100
	MT	100	100
Polypeptides	CT	0	0

**✚ Résistance de *Serratia marcescens***

La souche de *Serratia marcescens* a été retrouvée uniquement dans la station 1 de l’Oued Beni Aza.

Cette bactérie présente une résistance totale (100%) aux béta-lactames à l’exception du Céfotaxime. Le même taux de résistance a été observé vis-à-vis de la Vancomycine, Acide fusidique et Métronidazole (Figure 27).

Les aminosides, le Chloramphénicol, l’Erythromycine et la Colistine ont eu la capacité d’inhiber la croissance de *Serratia marcescens*.



**Figure 27 :** Pourcentage de *Serratia marcescens* résistant aux antibiotiques testés (n=1).

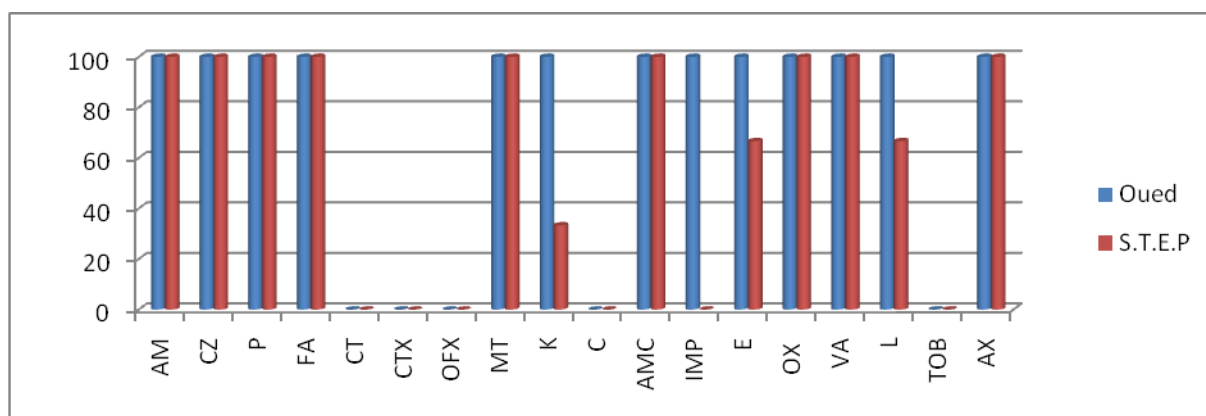
### ✚ Résistance de *Serratia odorifera*1

Dans les 2 sites de prélèvements (Eaux brutes et épurées de la STEP), (Tableau XVI) les souches de *Serratia odorifera*1 (3 souches) sont totalement résistantes vis-à-vis de la famille des bêta-lactames sauf pour le Cefotaxime et l'Imipénème (0 %).

Un taux de 66,66 % a été observé vis-à-vis de l'Erythromycine et la Lincomycine, suivie d'un faible taux de résistance (33,33%) vis-à-vis de la Kanamycine.

Alors que dans l'oued Beni Aza, le taux de résistance vis-à-vis des bêtalactamines est de 100% à l'exception du Cefotaxime 0%, (Figure 28).

Une sensibilité totale a été notée vis-à-vis de la Colistine, de l'Ofloxacine, du Chloramphénicol et la Tobramycine.



**Figure 28 :** Pourcentage global de *Serratia odorifera*1 résistant aux antibiotiques testés (n=4)

**Tableau XVI:** Pourcentage de *Serratia odorifera*1 résistant aux antibiotiques testés couvrant chaque site.

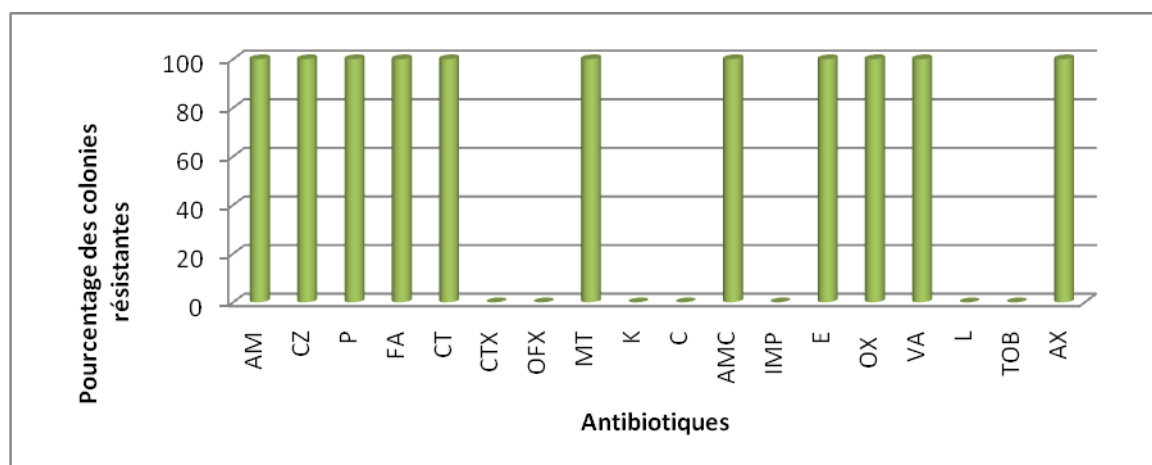
Familles	ATB %	STEP		Oued Beni Aza Site 1
		Eaux brutes	Eaux épurées	
Bêta-lactames	AM	100	100	100
	CZ	100	100	100
	P	100	100	100
	AMC	100	100	100
	CTX	0	0	0
	OX	100	100	100
	AX	100	100	100
	IMP	100	100	0
Aminosides	K	0	100	100
	TOB	0	0	0
Quinolones	OFX	0	0	0
Phénicoles	C	0	0	0
Macrolides	E	50	100	100

	L	50	100	100
Autres	VA	100	100	100
	FA	100	100	100
	MT	100	100	100
Polypeptides	CT	0	0	0

### ✚ Résistance de *Pantoea spp1*

La souche *Pantoea spp1* isolée des eaux épurées de la STEP de Chenoua présente un taux de résistance de 100% vis-à-vis de la famille des  $\beta$ -lactames à l'exception du Cefotaxime et l'Imipenème (0%). Elle présente également un taux de résistance très élevé vis-à-vis de l'Erythromycine et les divers antibiotiques (Figure 29).

Les Aminosides, Quinolone et Phénicolone sont très actifs sur la souche *Pantoea spp1*.



**Figure 29** : Pourcentage de *Pantoea spp1* résistant aux antibiotiques testés (n=1).

### ✚ Résistance de *Pantoea spp2*

Les souches de *Pantoea spp2* isolées de l'oued et de la STEP sont totalement résistantes vis-à-vis de la famille des bêta-lactames à l'exception de l'Imipenème et le Céfotaxime. (Figure 31)

Les Aminosides, Quinolone, Phénicolone, et Polypeptide ont une meilleure activité en inhibant la croissance de *Pantoea spp2*. (Tableau XVII) (Figure 30).

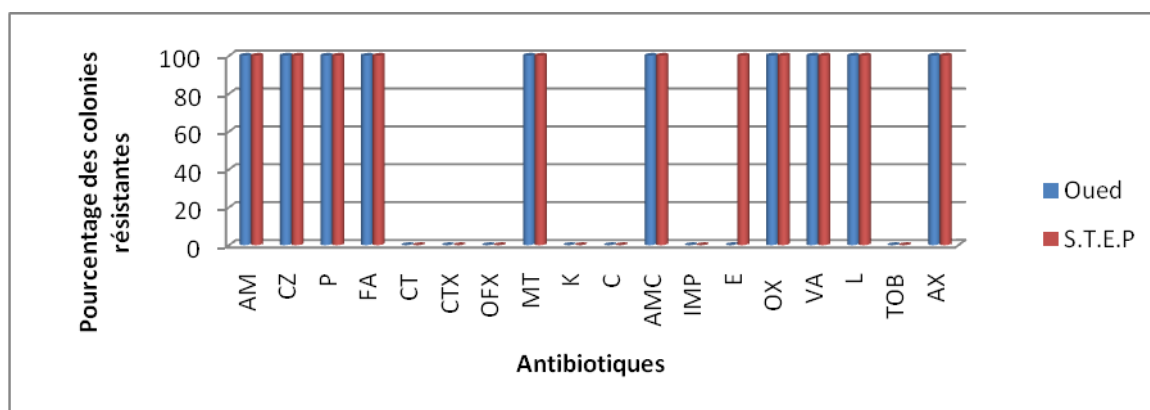


Figure 30: Pourcentage de résistance de *Pantoea ssp2* aux antibiotiques testés (n=2).

Tableau XVII : Pourcentage de *Pantoea ssp2* résistant aux antibiotiques testés couvrant chaque site.

Familles	ATB %	Eaux brutes	Oued Beni Aza Site 2
Béta-lactames	AM	100	100
	CZ	100	100
	P	100	100
	AMC	100	100
	CTX	0	0
	OX	100	100
	AX	100	100
	IMP	0	0
Aminosides	K	0	0
	TOB	0	0
Quinolones	OFX	0	0
Phénicoles	C	0	0
Macrolides	E	100	0
	L	100	100
Autres	VA	100	100
	FA	100	100
	MT	100	100
Polypeptides	CT	0	0

#### ✚ Résistance de *Klebsiella ornithinolytica*

Les trois souches de *Klebsiella ornithinolytica* isolées de la station d'épuration, montre une résistance totale 100 % vis-à-vis de la famille des bêta-lactames sauf pour le Céfotaxime(0 %).

Pour l'Erythromycine les souches présentent un taux de résistance de 66,67 % (Figure 31), due à la résistance des isolats des eaux épurées 100% et des eaux brutes 50% de la station d'épuration (Tableau XVIII).

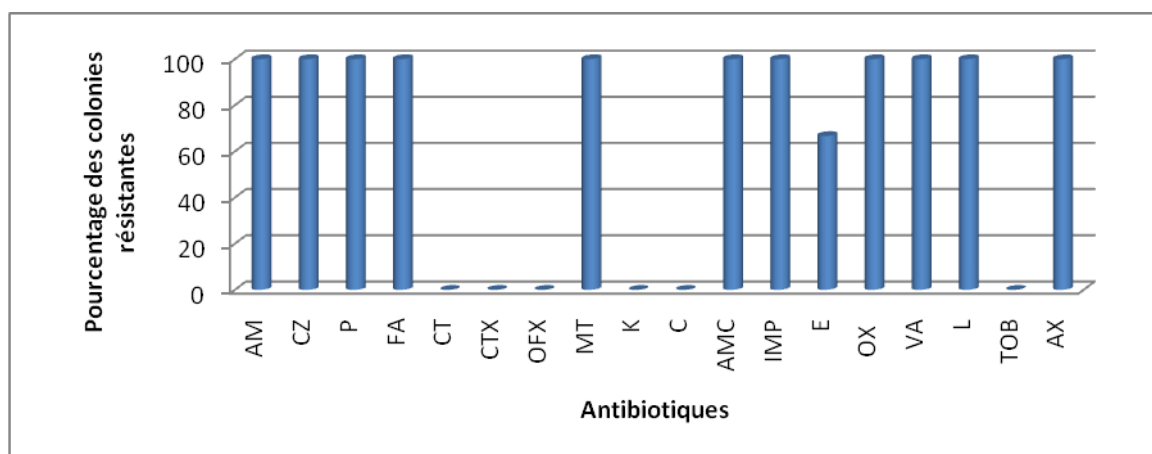


Figure 31: Pourcentage de *Klebsiella ornithinolytica* résistant aux antibiotiques testés (n=3).

Tableau XVIII: Pourcentage de *Klebsiella ornithinolytica* résistant aux antibiotiques testés couvrant chaque site.

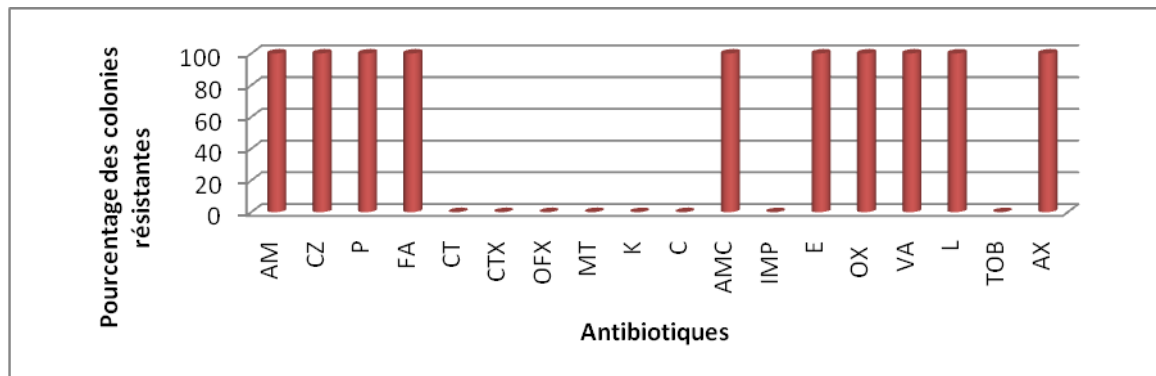
Familles	ATB %	STEP	
		Eaux brutes	Eaux épurées
Béta-lactames	AM	100	100
	CZ	100	100
	P	100	100
	AMC	100	100
	CTX	0	0
	OX	100	100
	AX	100	100
	IMP	100	100
Aminosides	K	0	0
	TOB	0	0
Quinolones	OFX	0	0
Phénicoles	C	0	0
Macrolides	E	50	100
	L	100	100
Autres	VA	100	100
	FA	100	100
	MT	100	100
Polypeptides	CT	0	0

**➤ Résistance de *Klebsiella pneumoniae***

*Klebsiella pneumoniae* a été isolée à partir des eaux brutes de la station d'épuration de Chenoua, et présente une résistance importante 100 % vis-à-vis de l'Ampicilline, la Céfazoline 100%, la Pénicilline 100%, l'Acide fusidique, l'Amoxicilline + Acide clavulanique, l'Erythromycine, l'Oxacilline, la Vancomycine, la Lincomycine et l'Amoxicilline 100%.



La Colistine, le Céfotaxime, l'Ofloxacine, le Métronidazole, la Kanamycine, le Chloramphénicol, l'Imipénème et le Tobramycine sont très efficaces sur les 2 souches de *Kelbsiella pneumoniae* (Figure 32).

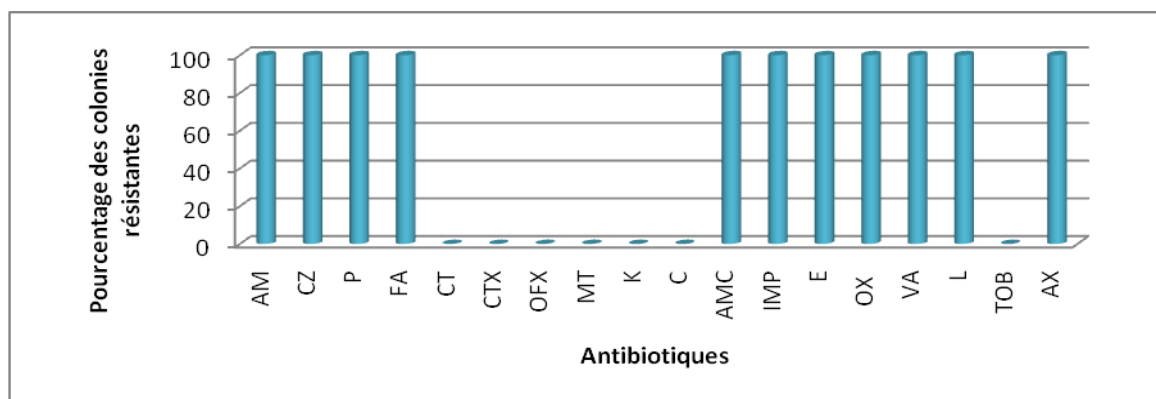


**Figure 32:** Pourcentage de *Kelbsiella pneumoniae* résistant aux antibiotiques testés (n=2).

### ✚ Résistance d'*Enterobacter amnigenus2*

La souche d'*Enterobacter amnigenus2* détectée au niveau des eaux usées brutes de la STEP de Chenoua, présente une résistance importante vis-à-vis de l'Ampicilline (100%), Cefazoline (100%), Pénicilline (100%), Acide fusidique (100%), Amoxicilline+ acide clavulanique (100%), l'Imipénème (100%), l'Erythromycine (100%), l'Oxacilline (100%), la Vancomycine (100%), Lincomycine (100%) et l'Amoxicilline (100%).

Les autres antibiotiques ont une excellente activité en inhibant la croissance d'*Enterobacter amnigenus2* (Figure 33).



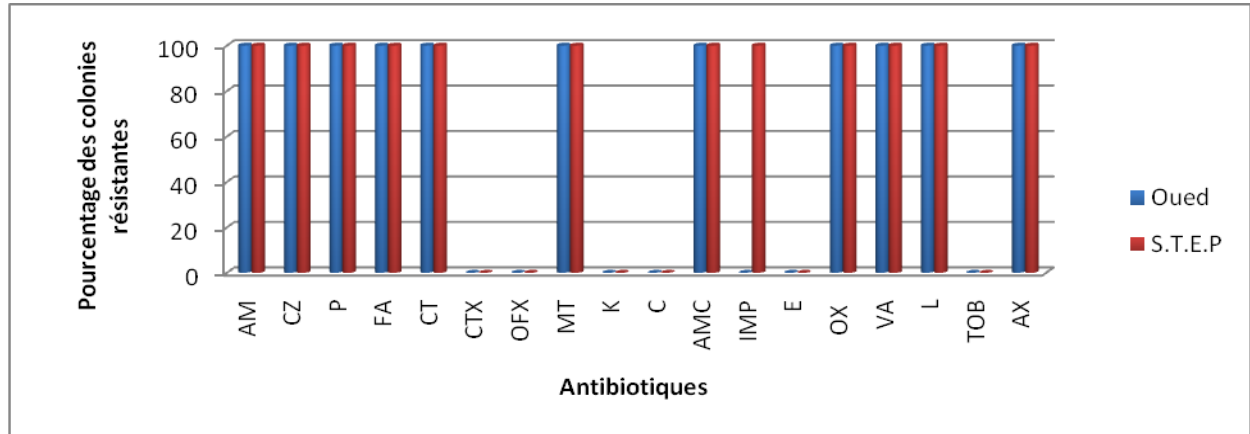
**Figure 33:** Pourcentage d'*Enterobacter amnigenus2* résistant aux antibiotiques testés (n=1).

### ✚ Résistance de *Citrobacter freundii*

Selon la figure 35 et le tableau XIX, les trois souches de *Citrobacter freundii* présentent un taux de résistance de 100% vis-à-vis de 11 antibiotiques qui sont l'Ampicilline, la Céfazoline, la Pénicilline, l'Acide fusidique, la Colistine, le Métronidazole, l'Amoxicilline + Acide clavulanique, l'Oxacilline, la Vancomycine, la Lincomycine et l'Amoxicilline.

Ces pourcentages sont les mêmes au niveau des trois sites de prélèvements : eaux brutes et épurées de la station d'épuration de Chenoua et le site 2 de l'oued Beni Aza (Tableau XIX).

Une diminution du taux de résistance vis-à-vis de l'Imipénème (66,67 %) est due à la sensibilité des bactéries dans l'oued.



**Figure 34:** Pourcentage de *Citrobacter freundii* résistant aux antibiotiques testés (n=3).

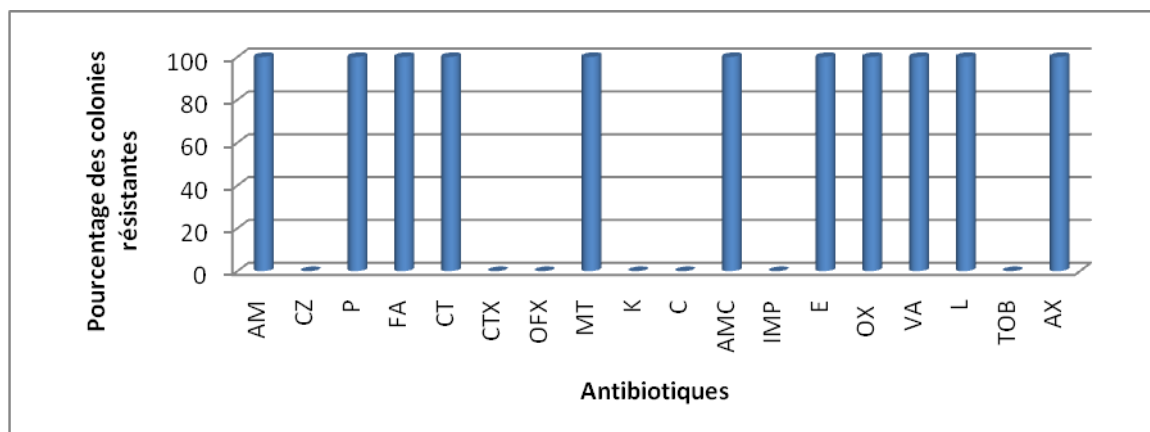
**Tableau XIX :** Pourcentage de *Citrobacter freundii* résistant aux antibiotiques testés couvrant chaque site.

Famille	ATB %	Eaux brutes	Eaux épurées	Oued Site 2
Béta-lactames	AM	100	100	100
	CZ	100	100	100
	P	100	100	100
	AMC	100	100	100
	CTX	0	0	0
	OX	100	100	100
	AX	100	100	100
	IMP	100	100	0
Aminosides	K	0	0	0
	TOB	0	0	0
Quinolones	OFX	0	0	0
Phénicoles	C	0	0	0
Macrolides	E	0	0	0
	L	100	100	100
Autres	VA	100	100	100
	FA	100	100	100
	MT	100	100	100
Polypeptides	CT	100	100	100

### ✚ Résistance de *Providencia alcalifaciens rustigianii*

Comme toutes les autres entérobactéries isolées, la souche *Providencia alcalifaciens rustigianii* est résistante vis-à-vis de l'Ampicilline, la Pénicilline, l'Amoxicilline + Acide clavulanique, l'Amoxicilline, la Vancomycine, l'Acide fusidique et Métronidazole.

Sept antibiotiques sont très actifs sur cette souche, il s'agit de: Aminosides, Quinolone, Phénicolé, Cefazoline, Cefotaxime et l'Imipenème (Figure 35).



**Figure 35 :** Pourcentage de *Providencia alcalifaciens rustigianii* résistant aux antibiotiques testés (n=1).

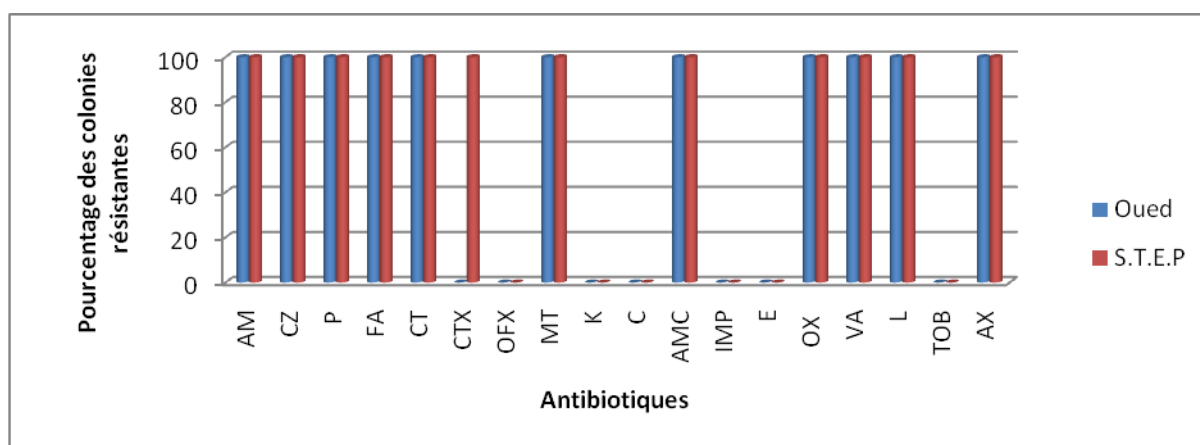
### ✚ Résistance de *Salmonella spp.*

L'étude de la résistance des deux souches de *Salmonella spp* isolées de l'oued et des effluents de la STEP révèle un taux de résistance très élevé 100 % vis-à-vis des bêta-lactames sauf pour l'Imipenème 0%.

On note une résistance importante dans les eaux brutes de la STEP vis-à-vis du Céfotaxime alors que ce dernier inhibe la croissance de *Salmonella* dans l'oued.

On note également une résistance totale vis-à-vis du Métronidazole, la Colistine, la Vancomycine et la Lincomycine (figure 36).

L'Ofloxaciné, la Kanamycine, le Chloramphénicol, l'Erythromycine et la Tobramycine sont les antibiotiques les plus efficaces dans les deux sites de prélèvements : eaux brutes de la STEP et les eaux de l'oued (Tableau XX).



**Figure 36:** Pourcentage de *Salmonella spp.* résistant aux antibiotiques testés (n=2).

**Tableau XX:** Pourcentage de *Salmonella spp.* résistant aux antibiotiques testés couvrant chaque site.

Famille	ATB %	Eaux brutes	Oued Site 2
Béta-lactames	AM	100	100
	CZ	100	100
	P	100	100
	AMC	100	100
	CTX	100	0
	OX	100	100
	AX	100	100
Aminosides	IMP	0	0
	K	0	0
Quinolones	TOB	0	0
	OFX	0	0
Phénicoles	C	0	0
Macrolides	E	0	0
	L	100	100
Autres	VA	100	100
	FA	100	100
	MT	100	100
Polypeptides	CT	100	100

### Résistance d'*Enterobacter sakazakii*

L'analyse des trois profils de résistance des souches d'*Enterobacter sakazakii* isolées de l'oued Beni Aza, montre des taux de résistance très élevée 100% vis-à-vis l'Ampicilline, la Céfazoline, la Pénicilline, l'Acide fusidique, la Colistine, le Métronidazole, l'Amoxicilline + Acide clavulanique, l'Imipenème, l'Oxacilline, la Vancomycine et l'amoxicilline.

Un pourcentage de 66,66% a été obtenu pour la Lincomycine, suivie du Chloramphénicol et Erythromycine (33,33%) (Figure 37).

Les eaux épurées de la station d'épuration sont le site où *Enterobacter sakazakii* se présente avec un taux de résistance moyen 100% vis-à-vis des béta-lactames à l'exception de l'Imipenème (50%).

Tandis que toutes les *Enterobacter sakazakii* isolées des différents sites d'étude sont sensibles vis-à-vis de la Cefotaxime, l'Ofloxacine, la Kanamycine et la Tobramycine.

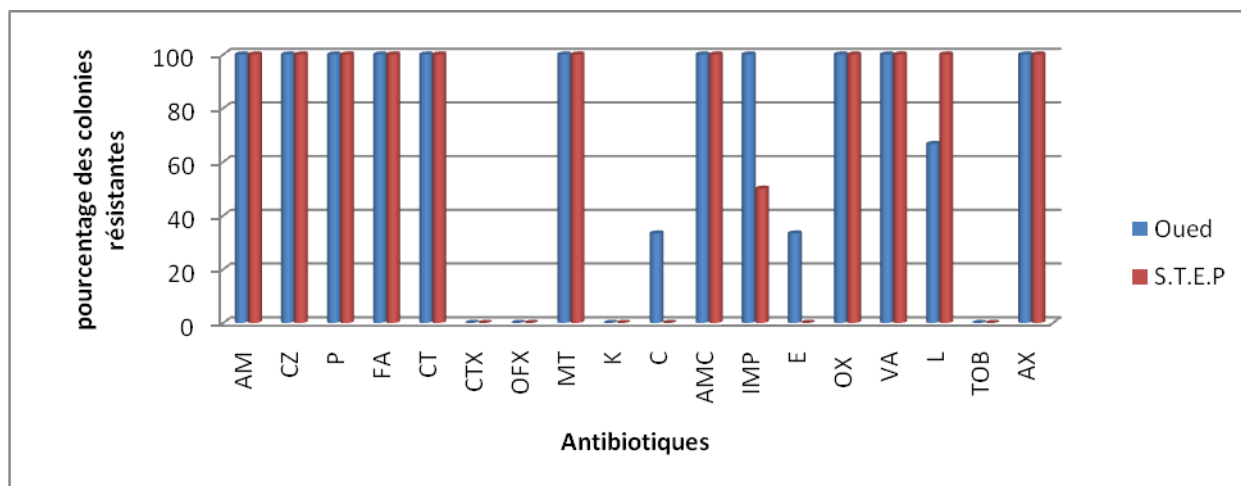


Figure 37 : Pourcentage d’*Enterobacter sakazakii* résistant aux antibiotiques testés (n=5).

Tableau XXI: Pourcentage d’*Enterobacter sakazakii* résistant aux antibiotiques testés couvrant chaque site.

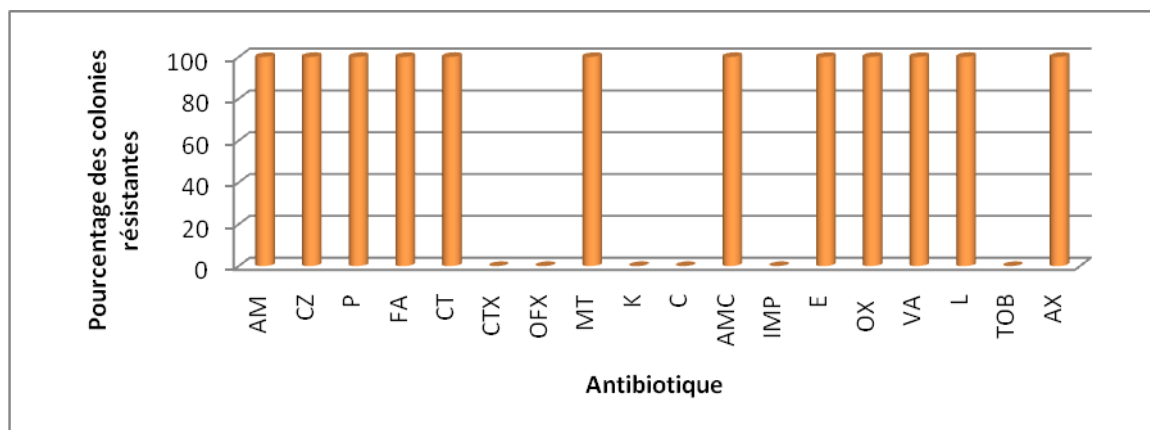
Famille	ATB %	Eaux épurées	Oued Beni	Aza
			Site 2	Site 2
Béta-lactames	AM	100	100	100
	CZ	100	100	100
	P	100	100	100
	AMC	100	100	100
	CTX	0	0	0
	OX	100	100	100
	AX	100	100	100
	IMP	50	100	100
Aminosides	K	0	0	0
	TOB	0	0	0
Quinolones	OFX	0	0	0
Phénicoles	C	0	0	100
Macrolides	E	0	50	0
	L	100	50	100
Autres	VA	100	100	100
	FA	100	100	100
	MT	100	100	100
Polypeptides	CT	100	100	100

✚ Résistance de *Serratia fonticola*

La souche de *Serratia fonticola* présente une résistance importante vis-à-vis des antibiotiques de la famille des bêta-lactames à l’exception du Céfotaxime (CTX) et l’Imipénème (IMP).

Cette souche détectée dans les eaux usées brutes de la STEP de Chenoua, s'avère également résistante aux Macrolides, à l'Acide fusidique, à la Vancomycine, à la Métronidazole et à la Colistine (Figure 38).

*Serratia fonticola* est sensible aux Aminosides, Quinolone et Phénicole.



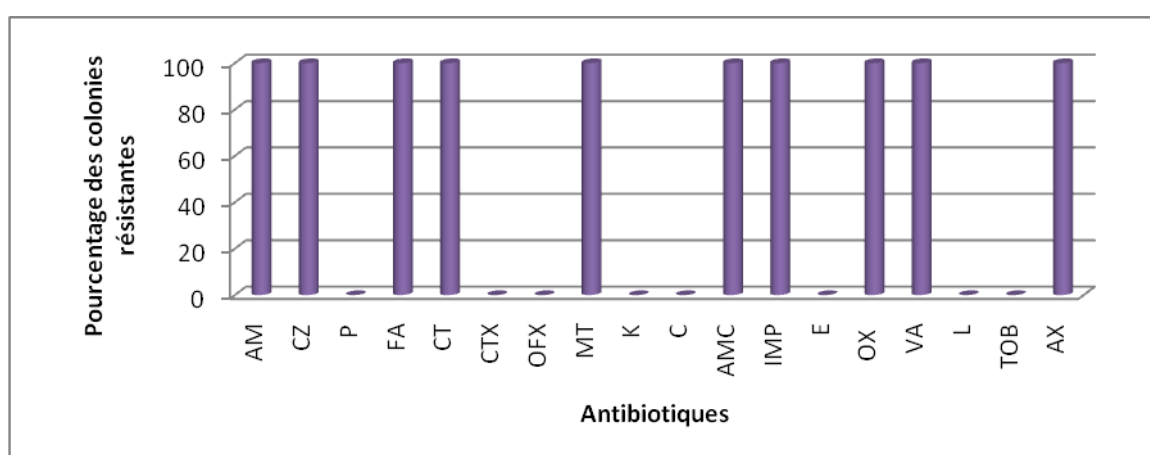
**Figure 38 :** Pourcentage de *Serratia fonticola* résistant aux antibiotiques testés (n=1).

### ✚ Résistance de *Citrobacter braakii*

La souche de *Citrobacter braakii* isolée de la station n°1 de l'Oued Beni Aza, présente un taux de résistance important (100%) vis-à-vis des antibiotiques de la famille des bêta-lactames, à l'exception de la Pénicilline et la Céfotaxime.

Elle présente aussi un taux élevé de résistance vis-à-vis de l'Acide fusidique, la Vancomycine et le Métronidazole.

*Citrobacter braakii* est sensible à l'Ofloxacine, Chloramphénicol, les Macrolides et les Aminosides (Figure 39).



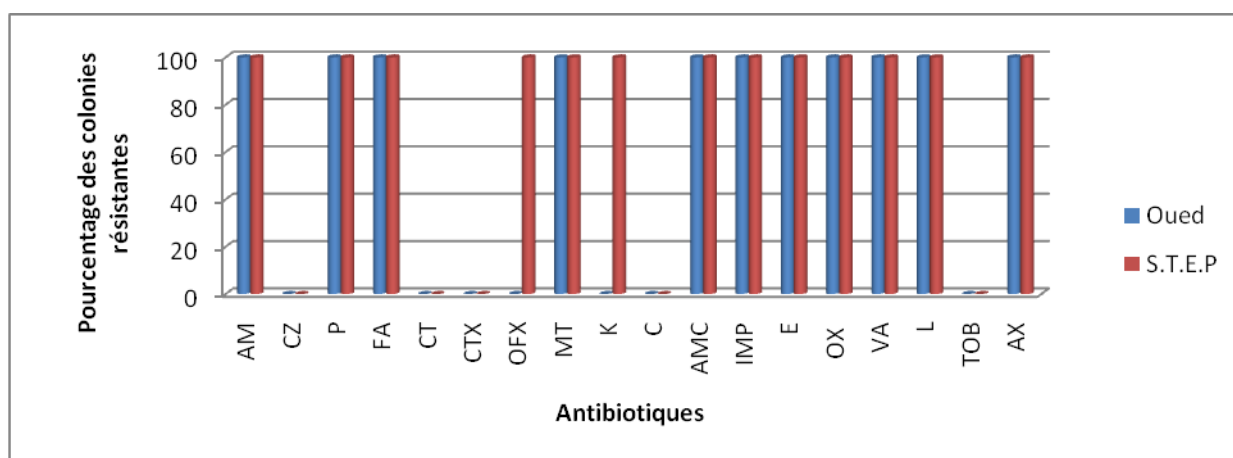
**Figure 39 :** Pourcentage de *Citrobacter braakii* résistant aux antibiotiques testés (n=1).

### ✚ Résistance d'*Escherichia coli*

Les deux souches d'*Escherichia coli* présentent un taux élevé de résistance (100%) vis-à-vis des Macrolides, de l'Acide fusidique, la Vancomycine et le Métronidazole (Figure 40). Le même taux de résistance a été observé vis-à-vis des bêta-lactames à l'exception du Céfazoline et du Céfotaxime.

Pour l'Ofloxacin et la Kanamycine, un taux élevé de résistance (100%) a été révélé dans la STEP.

Le Chloramphénicol, la Colistine et le Tobramycine inhibent la croissance d'*E.coli* dans tous les échantillons d'eau trouvés contaminés par cette bactérie (Tableau XXII).



**Figure 40 :** Pourcentage d'*Escherichia coli* résistant aux antibiotiques testés (n=2).

**Tableau XXII :** Pourcentage d'*Escherichia coli* résistant aux antibiotiques testés couvrant chaque site.

Famille	ATB %	Eaux brutes	Oued Site 2
Béta-lactames	AM	100	100
	CZ	0	0
	P	100	100
	AMC	100	100
	CTX	0	0
	OX	100	100
	AX	100	100
	IMP	100	100
Aminosides	K	100	0
	TOB	0	0
Quinolones	OFX	100	0
Phénicoles	C	0	0
Macrolides	E	100	100
	L	100	100
	VA	100	100
	FA	100	100
Autres	MT	100	100

Polypeptides	CT	0	0
--------------	----	---	---

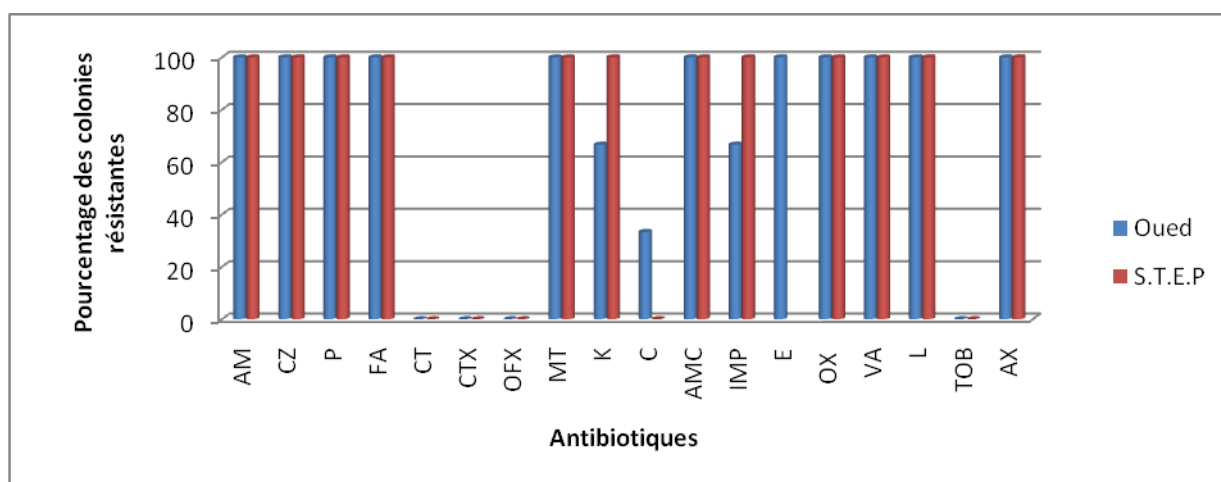
### ✚ Résistance de *Klebsiella spp*

L'étude de la résistance des trois souches de *Klebsiella spp* montre des taux de résistance très élevés vis-à-vis des Macrolides (100%), de l'Acide fusidique (100%), le Métronidazole (100%), la Vancomycine (100%), l'Ampicilline (100%), la Céfazoline (100%), la Pénicilline (100%), l'Amoxicilline + Acide clavulanique (100%), l'Oxacilline (100%) et l'Amoxicilline (100%).

Pour la Kanamycine et l'Imipénème, ce taux varie d'un site à un autre :

- On note une résistance de 100% au niveau des eaux épurées de la STEP
- et 66,66 % au niveau de l'oued.

Un faible taux de résistance 33,33 % a été noté vis-à-vis du Chloramphénicol, dû uniquement à la résistance au niveau de la station n°1 de l'oued Beni Aza (50%) (Tableau XXIII).



**Figure 41** : Pourcentage de *Klebsiella spp* résistant aux antibiotiques testés (n=4).

**Tableau XXIII** : Pourcentage de *Klebsiella spp* résistant aux antibiotiques testés couvrant chaque site.

Famille	ATB %	Eaux épurées	Oued Beni	Aza
			Site 1	Site 2
Béta-lactames	AM	100	100	100
	CZ	100	100	100
	P	100	100	100
	AMC	100	100	100
	CTX	0	0	0
	OX	100	100	100
	AX	100	100	100
	IMP	100	100	100



Aminosides	K	100	50	100
	TOB	0	0	0
Quinolones	OFX	0	0	0
Phénicoles	C	0	50	0
Macrolides	E	100	100	100
	L	100	100	100
Autres	VA	100	100	100
	FA	100	100	100
	MT	100	100	100
Polypeptides	CT	0	0	0

Les niveaux de résistance bactérienne varient d'un pays à l'autre et d'une année à l'autre. Ainsi, la connaissance de la situation locale et de son évolution sont nécessaires pour le choix de l'antibiothérapie de première intention (**EL BAKKOURI et al., 2009**). En effet, nos résultats pour les eaux échantillonnées à partir de l'oued Beni Aza montrent un taux de résistance considérable à la majorité des antibiotiques testés : AM, FA, MT, AMC, OX, VA, AX>CZ, P> L> IMP>E >CT >K >C > CTX, OFX, TOB.

Pour la STEP : AM, P, FA, C, AMC, OX, VA, AX > CZ, L > MT > IMP, E > CT > K > CTX, OFX > TOB.

Les souches d'entérobactéries ont montré une résistance importante à la majorité des bêta-lactamines à l'exception du Cefotaxime qui présentent un faible taux de résistance : 5% pour la STEP et 0 % pour l'oued Beni Aza. Le taux de résistance était le suivant:

- Pour l'oued Beni Aza : Ampicilline, Amoxicilline + Acide clavulanique, Oxacilline, Amoxicilline (100%), Pénicilline (93,33%) et Imipenème (66%).
- Pour la STEP de Chenoua : Ampicilline, Pénicilline, Amoxicilline + Acide clavulanique, Oxacilline et Amoxicilline (100%), Céfazoline (90%) et Imipenème (70%).

Dans cette étude, il a été observé que les bactéries isolées à partir de différents points d'eaux sont très résistantes vis-à-vis des Carbapénèmes. En effet, les isolats ont montré un pourcentage élevé de résistance vis-à-vis de l'Imipenème (66% pour l'oued et 70 % pour la station d'épuration) par rapport à la résistance déclarée à l'échelle mondiale (**BADAL et al., 2013 ; CHAUDHURI et al., 2011**), car les Carbapénèmes sont le traitement de choix pour les bactéries productrices de BLSE.

Ces résultats concordent avec ceux obtenus par **EZZAT KHAMIS (2013)** en Egypte mais avec un pourcentage : Carbapénème (Ertapenème : 61,5- 66%).

Les différents mécanismes de résistance aux  $\beta$ -lactamines peuvent s'exprimer seule ou de façon concomitante agissant alors de façon synergique. Il peut s'agir d'une diminution d'affinité de la cible, d'une diminution de la perméabilité de la membrane, de l'expression d'une pompe d'efflux actifs ou de la production d'enzyme de type lactamase comme l'ont suggéré **GANGOUE PIEBOJI (2007)**.

Concernant, la résistance des souches isolées des eaux de la STEP de Chenoua, les valeurs obtenues restent comparables aux pourcentages des souches d'entérobactéries résistantes rapportés par **SILVA et al., (2006)** et par **OLAYEMI et OPALEYE (1990)** (Voir Tableau XXIV).

**Tableau XXIV :** Comparaison des taux de résistance obtenus dans cette étude dans la STEP, avec la littérature.

Antibiotiques	Auteurs	Dans cette étude
Ampicilline	<b>SILVA et al., (2006) : 90%</b> <b>(OLAYEMI et OPALEYE, 1990) : 97%</b>	100%
Chloramphénicol	<b>SILVA et al., (2006) :40%</b> <b>(OLAYEMI et OPALEYE, 1990) : 67%</b>	0%
Ofloxacine	<b>(OLAYEMI et OPALEYE, 1990) :40%</b>	5%

Pour l'oued, le taux de résistance à la Kanamycine et à l'Erythromycine est comparable avec ceux de **JONES et al., (1986)** sur les eaux du lac District en Angleterre, et par **AL-JEBOURI (1985)** sur les eaux de la rivière Tigris à Mosul-Irak (Tableau XXV).

**Tableau XXV :** Comparaison des taux de résistance obtenus dans cette étude dans l'oued, avec la littérature.

Antibiotiques	Auteurs	Dans cette étude
Kanamycine	<b>(JONES et al., 1986) : 5,6 %</b> <b>AL- JEBOURI (1985) : 25%</b>	33,33 %
Erythromycine	<b>JONES et al., 1986) : 30%</b> <b>AL- JEBOURI (1985) : 60%</b>	60 %

Il semble que, lorsqu'une bactérie est résistante à un antibiotique, elle est la plupart du temps résistante à un autre antibiotique et donc multirésistante. Une étude, réalisée par **PARVEEN et al., (1997)** sur 765 souches issues des eaux de surface et des STEPs municipales a mis en évidence un taux encore plus inquiétant de souches résistantes à au moins un antibiotique, à savoir 82%.

Les résultats de cette étude sont mentionnés dans le tableau suivant :

**Tableau XXVI :** Nombre de résistance de l'ensemble des bactéries à un ou plusieurs antibiotiques.

Antibiotiques	n des bactéries	Pourcentage %
7 antibiotiques : AM, P, FA, AMC, OX, VA, AX	n= 20	100 %
2 antibiotiques : CZ, L	n= 18	90 %

1 antibiotique : MT	n= 17	85 %
1 antibiotique : IMP	n=14	70 %
1 antibiotique : E	n=13	65 %
1 antibiotique : CT	n=8	40 %
1 antibiotique : K	n= 3	15 %
2 antibiotiques : CTX, OFX	n=1	5 %
2 antibiotiques : C, TOB	n= 0	0 %

Les effluents urbains sont connus pour contenir des niveaux élevés d'antibiotiques et de bactéries résistantes aux antibiotiques appartenant à la flore commensale humaine et animale principalement les entérobactéries (**JONES et al., 1986**).

Pour les aminosides, le taux le plus important a été observé pour la Kanamycine (33,33%) dans les eaux issues de l'oued et (15%) pour la station d'épuration, suivie de la Tobramycine (0%) pour les deux sites. Ce dernier est le plus efficace des antibiotiques. Les bactéries peuvent exprimer des systèmes d'efflux qui résultent d'une accumulation réduite des Aminosides à l'intérieur de la cellule (**DURANTE-MANGONI et al., 2009**).

Dans cette étude, les taux de résistance sont clairement différents d'un type de milieu échantillonné à un autre. Les différents types de milieu peuvent être classés sur base de leur taux de résistance décroissant: STEP avec une moyenne de 69,72%, l'oued 65,86%.

Ceci est en accord avec les résultats d'une étude réalisée par **PARVEEN et al., (1997)** qui mettait en évidence une plus grande proportion de souches résistantes à au moins un antibiotique au niveau des STEPs municipales qu'au niveau des eaux de surface.

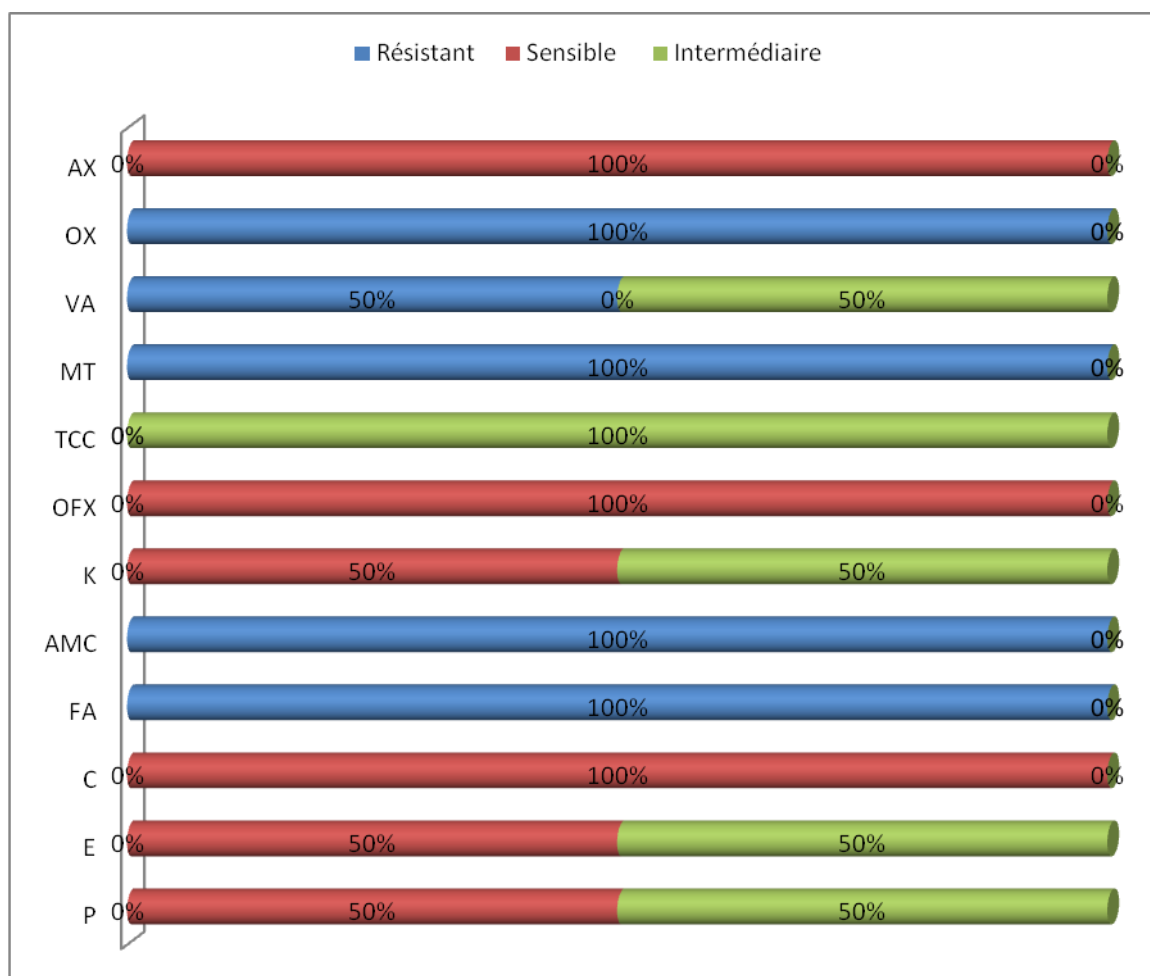
Le problème de la résistance aux antibiotiques est tellement alarmant que **MARTINEZ (2009)** n'hésite pas à caractériser ce phénomène d'une véritable pollution.

### II.5.2. Résistance des germes pathogènes aux antibiotiques testés

#### Résistance de *Staphylococcus aureus*

Les résultats obtenus montrent que *Staphylococcus aureus* présente un taux de résistance très élevé (100%) vis-à-vis de l'Oxacilline, l'Amoxicilline + Acide clavulanique, le Métronidazole et l'Acide fusidique, et une résistance moyenne vis-à-vis de la Vancomycine (50%).

*S.aureus* sont totalement sensibles vis-à-vis de l'Amoxicilline, le Chloramphénicol, l'Ofloxacin (100%), suivie de la Kanamycine, l'Erythromycine et la Pénicilline avec un taux de 50% (Figure 42).



**Figure 42 :** Résistance de *Staphylococcus aureus* aux antibiotiques testés (n=2).

Selon DENIS *et al.*, (2007), la production d'une pénicillinase chez les *Staphylococcus aureus* est détectée par le diamètre au tour du disque de la pénicilline G qui est strictement inférieur à 29 mm, ce qui concorde avec nos résultats (Tableau XXVII )

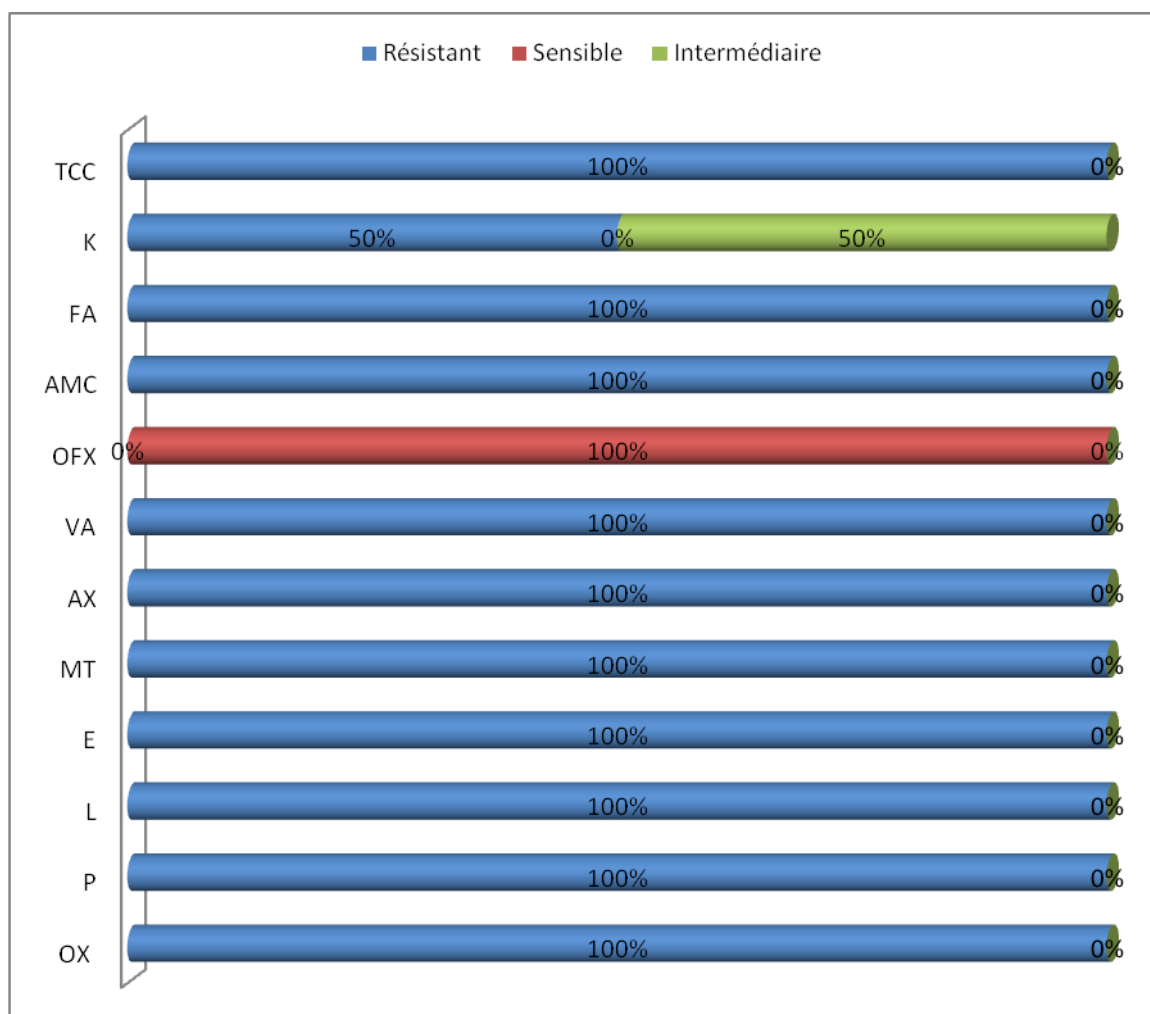
**Tableau XXVII:** Diamètre de zone d'inhibition de *S.aureus* vis-à-vis de la pénicilline G

Antibiotique	Diamètre exprimé en mm	
	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
P	13 mm	20 mm
	I	S

### ✚ Résistance de *Pseudomonas aeruginosa*

L'étude de la résistance de *Pseudomonas aeruginosa* a révélé un taux important (100%) vis-à-vis de Ticarcilline + Acide clavulanique, de l'Acide fusidique, l'Amoxicilline + Acide clavulanique, la Vancomycine, l'Amoxicilline, le Métronidazole (Figure 43).

Selon CAILLON, (2005) la résistance de *P.aeruginosa* à l'Amoxicilline + Acide clavulanique est naturelle.



**Figure 43 :** Résistance de *Pseudomonas aeruginosa* aux antibiotiques testés (n=4).

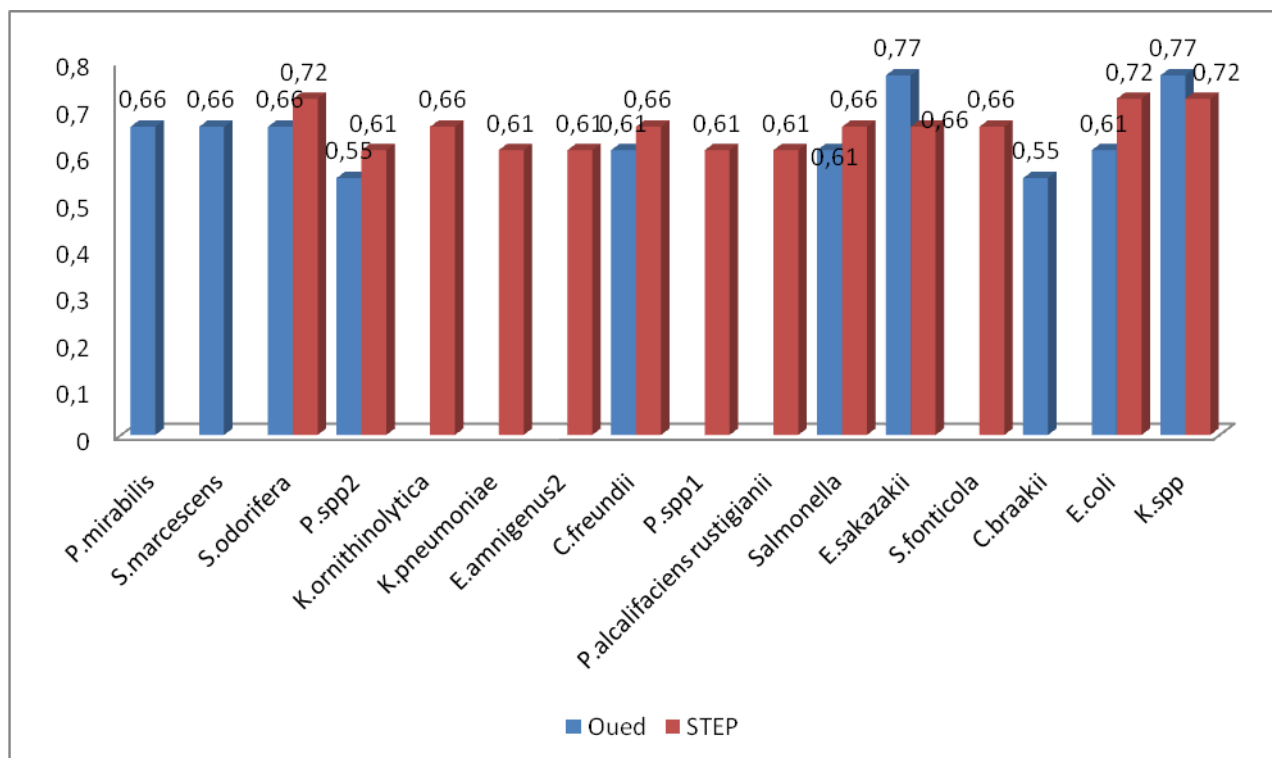
*Pseudomonas aeruginosa* est naturellement résistante à l'Amoxicilline (Vedel, 2005), ce qui concorde avec nos résultats (Voir Annexe III)

## II.6. Résultats du calcul de l'indice MAR

Lors de cette étude, nous avons utilisé l'indice MAR (Multiple Antibiotic Resistance) en fonction des isolats et en fonction des sites.

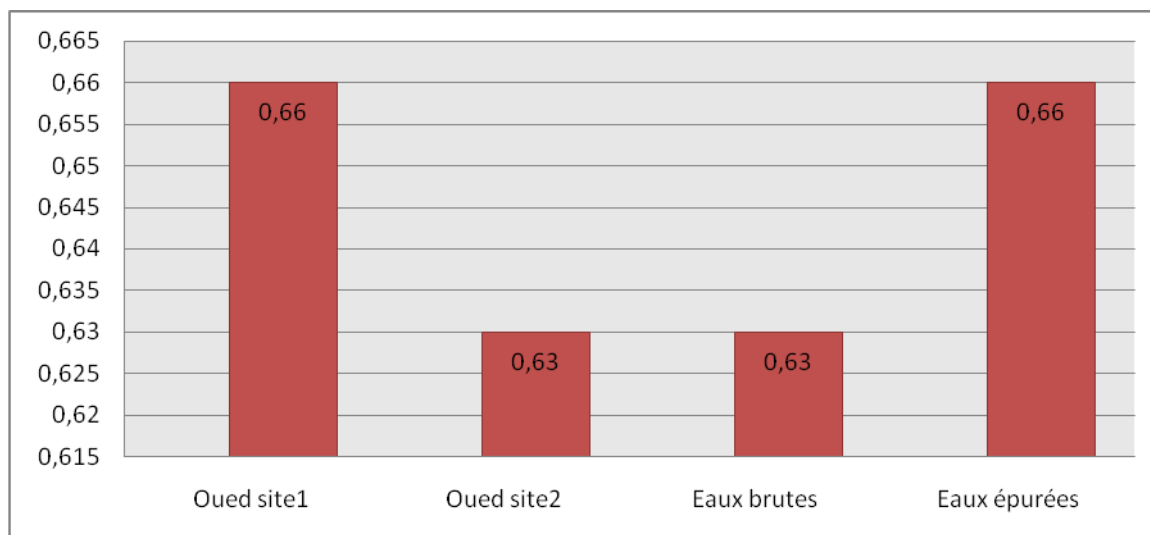
Tous les isolats expriment un indice MAR supérieur à 0,2. Pour les eaux de l'oued Beni Aza, les souches bactériennes qui expriment la valeur la plus élevée sont *Enterobacter sakazakii* et *Klebsiella spp* (0,77). La valeur la plus faible est obtenue pour *Pantoea spp2* et *Citrobacter braakii* (0,55).

En ce qui concerne la STEP, *Serratia odorifera1*, *Kelbsiella spp1* et *E.coli* expriment la valeur la plus élevée (0,72). Alors que *Klebsiella pneumonia*, *Enterobacter amnigenus*, *Pantoea spp1*, *Providencia alcalifaciens rustigianii* et *Pantoea spp2* expriment la valeur la plus faible (0,61). (Figure 44).



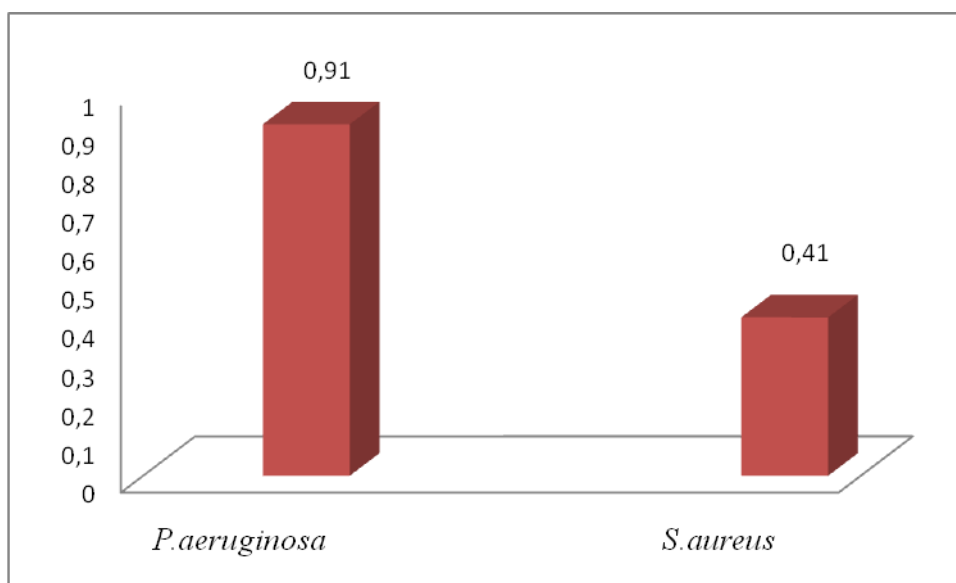
**Figure 44 :** Indice MAR calculé à partir des différents isolats d'entérobactéries.

Les valeurs de l'indice MAR des sites varient entre 0,63 et 0,66. On observe que l'ensemble des sites échantillonnés sont représentés par un indice supérieur à 0,4 (Figure 45)

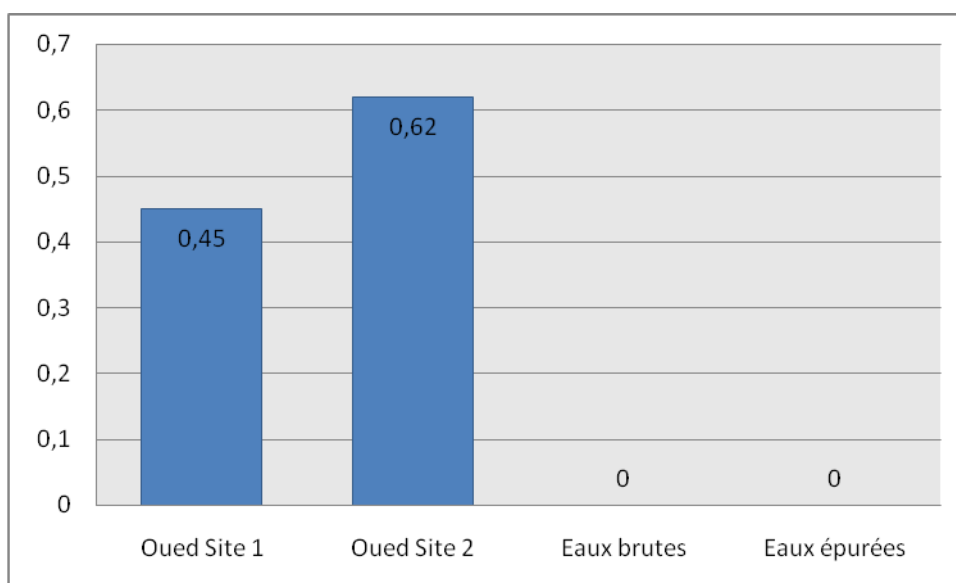


**Figure 45 :** Indice MAR calculé à partir des quatre sites

Pour les isolats pathogènes, la valeur de l'indice MAR la plus élevée a été obtenue pour *P. aeruginosa* 0,91, suivie de *S. aureus* avec une valeur de 0,41 (Figure 46).



**Figure 46 :** Indice MAR calculé à partir des différents pathogènes.



**Figure 47 :** Indice MAR calculé à partir des sites.

Les valeurs calculées de l'indice MAR des sites varie entre 0 et 0,62. Les points d'eau ayant un indice supérieur à 0,4 sont représentés par les deux stations de l'oued Beni aza, les indices inférieurs à 0,4 sont représentés par la STEP

La valeur de l'indice MAR obtenue pour *E.coli* isolée de l'oued est de 0,61. Cette valeur est légèrement supérieure à celle obtenue dans l'étude de **FLOREA et al., (2011)** qui a trouvé une valeur de 0,59 dans les rivières Aries en Roumanie.

Dans cette étude 100% des isolats bactériens ont montré une valeur MAR supérieur à 0,2, ce qui est une indication possible que les isolats bactériens ont été exposés à plusieurs antibiotiques.

Les valeurs calculées de l'indice MAR des sites varient entre 0,45 et 0,63 (pour les entérobactéries et les germes pathogènes). Les sources d'eaux ayant une valeur supérieure à 0,4 sont habituellement contaminées par les selles d'origine humaine. Alors que les valeurs inférieures à 0,4 sont dues à une contamination fécale non humaine (**KANEENE et al., 2007 ; TAMBEKAR et al., 2005**).

Cette présente étude a révélé que les échantillons étaient contaminés par des fèces humaines. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par **MERVAT et al., (2012) ; HAIKAL (2000)**. Ces auteurs ont obtenu un indice MAR qui oscille respectivement entre 0,55 et 0,37. Ce qui démontrerait que les zones d'études peuvent être considéré comme une source de risque élevé de contamination de l'environnement.



# Conclusion

La protection de l'environnement est devenue un enjeu principal pour les écologistes et les gouvernements au cours de ces dernières années.

L'analyse bactériologique des prélèvements des eaux à partir de l'oued Beni Aza et de la station d'épuration de Chenoua nous a permis de conclure que :

- Les taux des bactéries indicatrices de contamination fécale sont très élevés.
- La présence des spores d'Anaérobies Sulfito-Réducteurs témoigne d'une contamination fécale ancienne.
- La recherche des germes pathogènes comme *Salmonella*, *Vibrio cholerae*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*, a abouti à des résultats négatifs dans la STEP. Cependant, nous avons noté la présence de *Salmonella*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus* dans les eaux de l'oued.

Les résultats de l'identification révèlent une diversité des espèces d'entérobactéries:

- Pour les eaux de l'oued, parmi les 15 souches d'entérobactéries isolées, *Enterobacter sakazakii* (20%), *Klebsiella spp* (20%) et *Proteus mirabilis* (13%) étaient les plus répandues.
- Pour les effluents de la STEP, parmi les 20 souches d'entérobactéries isolées, *Serratia odorifera*, *Kelbsiella ornithinolytica* (15%) étaient les plus répandues.

L'étude de la résistance des bactéries isolées aux antibiotiques a montré des profils variables. Diverses constatations émergent :

- La résistance à un ou plusieurs antibiotiques est considérable, elle implique tous les antibiotiques testés.
- Les souches sensibles vis-à-vis de tous les antibiotiques sont en nombre négligeable.
- La Tobramycine a une activité inhibitrice élevée vis-à-vis des souches isolées des eaux de l'oued et de la STEP.
- La majorité de ces souches a révélé une résistance importante vis-à-vis de plusieurs familles d'antibiotiques en particulier les  $\beta$ -lactamines à l'exception du Céfotaxime (oued 0%, STEP 5%).
- Les Aminosides et les quinolones ont gardé leur activité inhibitrice sur la croissance des entérobactéries.
- La résistance aux divers antibiotiques (Acide fusidique, Vancomycine et Métronidazole) présente un taux de 100% pour *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa*.

L'étude montre aussi que toutes les souches isolées sont multirésistantes. Cette multirésistance a été mise en évidence par le calcul de l'indice MAR (Multiple Antibiotic

Resistance) qui est considéré comme un excellent outil d'analyse de la prévalence relative des bactéries résistantes dans l'environnement. Tous les isolats bactériens ont montré une valeur de MAR supérieur à 0,2, ce qui indique une source élevée de contamination où les antibiotiques sont souvent utilisés. *Enterobacter sakazakii* exprime la valeur la plus élevée (0,77) pour les eaux provenant de l'oued et *Serratia odorifera*<sup>1</sup> (0,72) pour la station d'épuration.

Les valeurs de l'indice MAR des sites varient entre 0,45 et 0,63 ce qui indique que les sites étaient contaminés par des selles d'origine humaine.

Au terme de cette étude, quelques perspectives se présentent :

- ✓ Augmenter le nombre d'échantillon.
- ✓ Apport de la biologie moléculaire par rapport à la détection des gènes de résistance vis-à-vis des antibiotiques qui sont omniprésents dans la nature et qui peuvent être transmis à l'homme et à l'animal.
- ✓ Evaluer la biodiversité des bactéries étudiées et leur niveau de résistance aux antibiotiques dans d'autres régions de l'Algérie.

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

#### *A*

- **AIT HAMLET, S. 1998.** Contribution à l'étude la qualité de huit oueds de la Wilaya d'EL Taref ; Aspects microbiologiques et écologiques. Thèse de magister en microbiologie appliquée, Université Badji Mokhtar- Annaba, 150P.
- **AL-AHMAD, A., DASCHNER, F. D., KUMMERER, K. 1999.** Biodegradability of cefotiam, ciprofloxacin, meropenem, penicillin G, and sulfamethoxazole and inhibition of waste water bacteria. 'Archives of Environmental Contamination And Toxicology 37 (2). pp : 158-163.
- **AI-JEBOURI, M. M. 1985.** A note on antibiotic resistance in the bacterial flora of raw sewage and sewage-polluted River Tigris in Mosul, Iraq. *J. Appl.Bacteriol.*, **58**: pp: 401-405.
- **ALOUINI, Z. 1993.** Flux de la charge parasitaire dans cinq stations d'épuration en Tunisie : *Revue des sciences de l'eau* 6: N° 4. pp: 453-462.
- **AMINOV, R. I and Mackie R. I. 2007.** Evolution and ecology of antibiotic resistance genes. *FEMS Microbiol Lett* **271** pp: 147–161.
- **ANGELO, F. J., TIPPEN, S., SHARP, D.J., PAYNE, B.J., COLLIER, C., HILL, J. E., BARRET, T.J., CLARK, RM., GELDREICH, EE., DONNEL, HD., SWERDLOW, DL. 1997.** A community waterborne outbreak of salmonellosis and effectiveness of a boil water order. *American Journal of Public Health*, **87**(4). pp :580-584.
- **AVRIL, J-L., DABERNAT, H., DENIS, F., MONTEIL, H. 1992.** Bactériologie clinique. 2ème Edition ellipses. 512P.

#### *B*

- **BADA, R.E., BOUCHILLON, K.S., LOB, S.H., HACKEL, M.A., HAWSER, S., HOBAN, D.J. 2013.** Etiology, Extended-Spectrum Beta-lactamases Rates, and Antimicrobial Susceptibility of Gram- negative Bacilli Causing Intra-abdominal Infections in patients in general pediatric and pediatric intensive Care Units- Global data form The Study for Monitoring Antimicrobial Resistance Trends (SMART) 2008-2010, *Pediatr infect Dis J.*

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- **BAGHEL, VS., SINGH, J., GOPAL, K. 2003.** Antimicrobial resistance among enteric bacteria isolated from runoff of the Gangotri glacier, western Himalaya India. *J Environ Biol* ; 24 : pp 349-56.
- **BALBUS, JM., EMBREY, MA. 2002.** Risk Factors for Waterborne Enteric Infections. *Current Opinion in Gastroenterology*, **18**(1) : pp 46-50.
- **BAROUR, A.A., BENSLAMA, M., CHEFROUR, A., BAROUR, C. 2012.** Contribution à l'étude microbiologique des eaux de l'oued Medjerda dans l'extrême Est Algérien : Souk Ahras.
- **BATT, A. L., KIM, S., AGA, D. S. 2007.** Comparison of the occurrence of antibiotics in four full-scale wastewater treatment plants with varying designs and operations. *Chemosphere* **68** (3) : pp 428-435.
- **BAUMONT, S. 2005.** Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Ile de France. ORS (Observatoire Régionale de santé d'Ile de France), institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile de France, 222P.
- **BEIER, R.C., DUKE, S.E., ZIPRIN, R.L., HARVEY, R.B., HYME, M.E., POOLE, T.L., SCOTT, R.B., HIGHFIELD, L.D., ALALI, W.Q., ANDREWSK, K., ANDRESON, R.C., NISBET. D.J. 2008.** Antibiotic and disinfectant susceptibility profiles of Vancomycin-Resistant *Enterococcus faecium* (VRE) Isolated from community wastewater. *Bull. Environ., Contam. Toxicol.* 80, pp.188-194.
- **BENGHERBIA, A., HAMAI, F., ZAHRAOUI, R., HAMAI, M.S., MEGATLI, S. 2014.** Impact des rejets des eaux usées sur la qualité physico-chimique et bactériologique de l'Oued Beni Aza BLIDA, ALGERIE, *Lebanese Science Journal, Vol. 15, No. 2, P : 41*
- **BELAID, N. 2010.** Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hadjeb-Sfax : salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques. Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'université de Limoges Sfax. pp : 3- 4.
- **BERGOGNE-BEREZIN, E et DELLAONICA. P. 1999.** Antibiothérapie en pratique clinique. Edition Masson. pp. 2-13.
- **BLOCK, J.C. 1982.** Elimination des microorganismes au cours du traitement des eaux usées urbaines, point sur l'épuration et le traitement des effluents (eau,

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

air). Tome 1. coordonné par Guy M. Paris. Lavoisier Technique et Documentation. 214P.

- **BONNEFOY, C., GUILLET, F., LEYRAL, G., VERNE-BOURCLAIS, E. 2002.** Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires. Paris : collection : biosciences technique, série : science des aliments. 218 P.
- **BONNET, R. 2004.** Growing group of extended spectrum  $\beta$ -lactamases : the CTX-M-enzymes. Antimicrobial Agents Chemotherapy. 40 : pp 1-14.
- **BONTOUX, J. 1993.** Introduction à l'étude des eaux douces : eaux naturelles, eaux usées, eaux de boissons. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 166P.
- **BRADFORD, P. A. 2001.** Extended spectrum  $\beta$ -lactamases (ESBL) in the 21<sup>st</sup> century. Caractérisation, epidemiology and detection of this important resistance threat. Clinacal Microbiology Reviews. 48 : pp : 933-951.

### C

- **CAILLON, J. 2005.** Bactériologie. Hôpital de Nantes.
- **CHAALA, W. 2013.** Occurrence et profil d'antibiorésistance des *Staphylococcus aureus* isolés de produits alimentaires. Université d'Es-senia Oran, Algérie.
- **CHAUDHURI, B., RODRIGUES, C., BALAJI, V., IYER, R., SEKAR, U., WATTAL, C., CHITNIS, D.S., DHOLE, TN., JOSHI, S. 2011.** Incidence of ESBL producers amongst Gram negative bacilli isolated from intra-abdominal infections across India (based on SMART study, 2007 data). J. Assoc Physicians India; 59, pp. 287-292.
- **CHEVALIER, P. 2003.** Coliformes fécaux. Fiche synthèse sur l'eau potable et la santé durant l'Evaporation Complete du Chott Merouane dans le Sahara Septentrional Algérie. Article. P10.
- **CONTON, R et COQUE, T. M. 2006.** The CTX-M  $\beta$ -lactamase pandemic. Current Opinion in Microbiology. 9: pp : 466-475.

### D

- **DELAERE, B. 2001.** La résistance aux antibiotiques en médecine générale. Louvain Med, n°2, pp. 101-120.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- **DELARRAS, C., BERNARD, T. 2003.** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. 2<sup>ème</sup> Edition. Tec & Doc Lavoisier. EM internationales, 269 P.
- **DELARRAS, C. 2007.** Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyses ou de controle sanitaire. Paris : Lavoisier.
- **DELARRAS, C., TREBAOL, B., DURAD, J. 2010.** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. 2<sup>ème</sup> édition Tec & Doc Lavoisier, EM internationales. 507 P.
- **DENIS, F., PLOY, M-C., MARTIN, C., BINGEN, E., QUENTIN, R. 2007.** Bactériologie médicale, techniques usuelles. Edition Elsevier Masson. 593P.
- **DE PONTANAL, H. G et GUIDICELLI, C. P. 1993.** Protection de la santé : hygiène et environnement. Frison-Roche, Paris, 592P.
- **DURANTE-MANGONI, E., GRAMMATIKOS, A., UTILI, R., FALAGAS, M.E. 2009.** Do we still need the aminoglycosides? International Journal of Antimicrobial Agents; **33**: pp: 201-205.

### *E*

- **EDBERG, S. C., RICE, E.W., KARLIN, R. J., ALLEN, M. J. 2000.** *Escherichia coli*: the best biological drinking water indicator for public health protection. Journal of Applied Microbiology, 88 pp: 106S-116S
- **EL BAKKOURI, J., BELABBES, H., ZEROUALI, K., BELAICHE, A., MESSAOUIDI, D., GROS CLAUDE, J.D.P., EL MDAGHR, N. 2009.** Resistance aux antibiotiques d'*Escherichia coli* Uropathogène Communautaire et Consommation d'Antibiotiques à Casablanca (Maroc). European Journal of Scientific Research ; 36(1) : pp : 49-5.
- **EL HAISSOUFI, H., BERRADA, S., MERZOUKI. M., AABOUCH, M., BENNANI, L., BENLEMLIH, M., IDIR, M., ZANIBOU, A., BENNIS, Y., EL OUALI LAMALI, A. 2011.** Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès, Maroc, Rev. Microbiolol. Ind. san et Environn., Vol 5, n°1, pp : 37-68.
- **EMMANUEL, E. 2003.** Evolution des risques sanitaires et écotoxicologiques liés aux effluents hospitaliers. 247P.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- **ENNOCH, D. A., SIMPSON, A. J., KIBBLER, C.C. 2004.** Predictive value of isolating *Pseudomonas aeruginosa* from aerobic and anerobic blood culture. Journal of Medical Microbiology.

### F

- **FAURIE, C., ERRA, C., MEDORIE, P., DEVANE, J., REMPTIME, J.L. 2003.** Ecologie, approche scientifique et pratique. 5<sup>ème</sup> Edition LAVOISIER. 823P.
- **FELEKE, M., MENGITSU, E., YESHAMBEL, B., WALELEGN, W. 2014.** Isolation and characterization of multiple drug resistance bacterial pathogens from waste water in hospital and non-hospital environments, BMC Research Notes; pp 7-125.
- **FIGARELLA, J., LEYRAL, G., TERRET, M. 2007.** Microbiologie générale et appliquée. P : 103.
- **FLOREA, A.B. 2011.** Antimicrobial susceptibility of *Escherichia coli* isolated from Aries River (Romania).UK. Tom. XVIII, 1: pp : 34-38.
- **FLORET, N., BERTRAND, X., THOUVEREZ, M., TALON, D. 2009.** Infection nosocomiales à *Pseudomonas aeruginosa* : origine exogène ou endogène de la bactérie responsable ? Pathologie Biologie. 57 : pp : 9-12.

### G

- **GANGOUE PIEBOJI, J. 2007.** Caractérisation des  $\beta$ -lactamases et leur inhibition par les extraits des plantes médicinales. Centre d'ingénierie des protéines. Université de Liège. Thèse de doctorat. P1-27. Primary penicillintarget enzyme. Nat Struct-Biol ; 3 (3) pp : 248-289.
- **GARTET, A., GARTET, J., CONESA, G. C. 2001.** Hydrochimie des eaux, dissolution spécifique et salinité des cours d'eau dans le bassin de l'oued l'ébène (Périm central, Maroc). Papeles de Geografia, Revue de l'université de Murcia, vol 34 : pp : 143-146.
- **GAUJOUS, D. 1995.** La pollution des milieux aquatiques. Aide-mémoire, 2<sup>ème</sup> Edition TEC et DOC. Paris. 458P.
- **GEROGE, I et SERVAIS, P. 2002.** Source et dynamique des coliformes dans le bassin de la Seine. Centre national de la recherche scientifique, programme PIREN-Seine 1998-2001 : Rapport de synthèse Paris, France, 46P.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- **GLEESON, C et GRAY. 1997.** The coliform index and waterborne disease problems of microbial drinking water assessment. E & FN Spoon, London. 194P.
- **GROCLAUDE, G.C. 1999.** L'eau, Tome II, usage et polluants, institut national de la recherche agronomique. Paris, France. 210P.
- **GUIRAUD, J.P. 1998.** Microbiologie alimentaire, DUNOD, Paris, 625P.

### *H*

- **HEIKAL, M. 2000.** Environmental studies on antibiotic in Tropical Countries. 2<sup>nd</sup> Ed; Cambridge University, resistant bacteria in some locations along the River Nile. Ph.D. Thesis, Environmental Biological Science. 18. Juang, D.F. and J.M. Morgan, 2001. The applicability of the API 20 E and API NET systems for the Ain Shams University, Egypt.
- **HAMMOUM, K et HAMMOU, Y. A. 2002.** Caractérisation des phénotypes de résistances aux  $\beta$ -lactamines de 113 souches d'*Escherichia coli*, Mémoire ING, génie biologie (U.S.T.H.B) Alger. 8P.
- **HASLAY, C et LECLERC, H. 1993.** Microbiologie des eaux d'alimentation. Paris. Ed. Lavoisier Technique et Documentation. 495P.
- **HOUSSOU, A., GBODOGBE, C., KPINSOTON, G., MOUMOUNI, A., SILVEIRA, M., FAFOUMI BEEN, A., TOUPE, A., AKPATA, J., CLEGBAZA, G., SERPOS, H., ADEGNIKA, F., DAOUT, P., HOUANYE, A. 2009.** Livre bleu bénin : l'eau, l'assainissement, la vie et le développement durable. 103P.

### *J*

- **JAYARAMAN, R. 2009.** Antibiotic resistance: an overview of mechanisms and a paradigm shift. *Current Science*. 96 pp: 1475-1482.
- **JONES, J. G., GARDENER, S., SIMON, B. M., PICKUP, R. W. 1986.** Antibiotic resistant bacteria in Windermere and two remote upland tarns in the English Lake District. *J. Appl. Bacteriol.* 60 pp: 443-453.
- **JORA. 2009.** Journal Officiel de la République Algérienne. N° 34. 6P.
- **JORA. 2011.** Journal Officiel de la République Algérienne. N°18. 35P.



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- **JUNCO, TT., MARTIN, MG., TOLEDO, LP., GOMEZ, PL., BARRASA, JLM .2001.** Identification and antibiotic resistance of faecal enterococci isolated from water samples. *Int J Hyg Environ Health* ; 203 pp : 363-8.

### K

- **KANEENE, B.J., MILLER, R., SAYAH, R., JOHNSON, Y.J., GILLILAND, D., GARDNIER, J.C. 2007.** Considerations when using discrimination function analysis of antimicrobial resistance profiles to identify sources of faecal contamination of surface water in Michigan. *Appl Environ Microbiol*, 73 pp: 2878-90.
- **KLEINER, D. K., KATZ, S. E., WARD, P. M. L. 2007.** Development of in vitro antimicrobial resistance in bacteria exposed to residue level exposures of antimicrobial drugs, pesticides and veterinary drugs. *Chemotherapy* **53** (2) pp : 132-136.
- **KUMMERER, K and HENNINGER, A. 2003.** Promoting resistance by the emission of antibiotics from hospitals and households into effluent. *Clinical Microbiology and Infection*. 9 (12) pp: 1203-1214.

### L

- **LAHLOU, AMIN I., SALORD, H., GILLE, Y., ROURE, C., TIGAUD, S., BAJOU, T., RATBI, N., KASSMI, H-L. 2008.** *Pseudomonas aeruginosa* et résistance isolées à l'imipénème : clone émergent en milieu hospitalier. Les techniques de laboratoire. 11 pp : 4-9.
- **LECLERC, H., MIZON, F. 1978.** Eaux d'alimentation et bactéries résistantes aux antibiotiques. Incidences sur les normes. *Rev Epidemiol Santé Publique* ,26 pp: 137-46.
- **LECLERC, H., FESTY, B., LAZAR, P. 1982.** Connaissances actuelles de la pathologie hydrique. *Epidémiologie et santé publique*, Masson, Paris, **30** pp: 363-385.
- **LECLERC, H., GAILLARD, G.L., SIMONET, M. 1995.** Microbiologie générale : la bactérie et le monde bactérien. Ed. Doin. 535P.
- **LEE, D. G. 2006.** Genomic analysis reveals that *Pseudomonas aeruginosa* virulence in combinatorial. *Genome Biology*. **7**. R90.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- **LEVI, H. 2006.** Inquiétudes sur la présence d'antibiotiques et de bactéries antibiorésistantes dans les eaux. *Environnement, Risques et Santé* 5 (4) pp : 261-265.
- **LEVY, S. B et MARCHALL, B. 2004.** Antibacterial resistance. WorldWide causes, challenges and responses. *Nature Medicine*. 10 pp: 122-129.
- **LELOIR, Y et GAUTIER, M. 2010.** *Staphylococcus aureus*, Edition Lavoisier. 209P.
- **LINDBERG, R. H., OLOFSSON, U., RENDAHL, P., JOHANSSON, M. I., TYSKLIND, M., ANDERSSON, B. A. V. 2006.** Behavior of Fluoroquinolones and Trimethoprim during Mechanical, Chemical, and active Sludge Treatment of Sewage Water and Digestion of Sludge' *Environ. Sci. Technol.* 40 (3) pp: 1042-1048.
- **LINDBERG, R. H., WENNBERG, P., JOHANSSON, M. I., TYSKLIND, M., ANDERSSON, B. A. V. 2005.** Screening of Human Antibiotic Substances and determination of Weekly Mass Flow in Five Sewage Treatment Plants in Sweden. *Environmental Science and Technology* 39 (10) pp: 3421-3421.
- **LOZNIIEWSKI, A et RABAUD, C. 2010.** Résistance bactérienne aux antibiotiques. Fiche conseil pour la prévention du risque infectieux. Centre de coordination de lutte contre les infections nosocomiales-Sud Est.

### M

- **MACKEON, D. M., CALABRESE, J. P., BISSONNETTE, GK. 1995.** Antibiotic resistant Gram negative bacteria in rural ground water supplies. *Water Res* ; 29 : pp: 1902-8.
- **MADIGAN, M et MARTINKO, J. 2007.** *Biologie des microorganismes*. Edition Nouveau Horizon 11<sup>ème</sup> édition. 1047P.
- **MARCEL, D. 1989.** *Chimie des oxydants et traitement des eaux*. Edition Lavoisier Technique et Documentation. Paris. 55,60P.
- **MARTINEZ, J. L. 2009.** Environmental pollution by antibiotics and by antibiotic resistance determinants. *Environ. Pollut.* 157pp: 2893–2902.
- **MASSA, S., ARMUZZI, R., TROVATELLI, F. 1995.** Resistance to antibiotics in Gram negative non-fermentative bacteria isolated from natural mineral waters. *Ann Microbiol Enzimol*; 45 pp: 159-63.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- **MERVAT, A., ABO-STATE, H., MAHDY, M., SAFAA, M., EZZAT, E., ABD EL SHAKOUR, H., MOSTAFA EL-BAHNASAWY, M. A. 2012.** Antimicrobial resistance profiles of enterobacteriaceae isolated from Rosetta branch of river Nile, Egypt. *World applied Sciences Journal*; 19(9); pp: 1234-1243.
- **MIAO, X. S., BISHAY, F., CHEN, M., METCALFE, C.D. 2004.** Occurrence of Antimicrobials in the final effluents of Wastewater Treatment Plants in Canada. *Environ. Sci. Technol.* **38**(13) pp: 3533-3541.
- **MILHAULD, G., PINAULT, L., PERSON, J.M., BODIN, G., PUYT, J. D., ENRIQUEZ, B., EZUBEY, J. 1982.** Les antibiotiques, école nationale vétérinaire d'Al Fort et de Nantes, pp. 2-135.
- **MORINIGO, M.A., CORNAX, R., CASTRO, D., JIMENEZ-NOTARO, M., ROMERO, P., BORREGO, JJ. 1990.** Antibiotic resistance of Salmonella strains isolated from natural polluted waters. *J Appl Bacteriol*; 68 pp: 297-302.

### N

- **NWOSU, V. C. 2001.** Antibiotic resistance with particular reference to soil microorganisms. *Res Microbial.* 152 pp: 421-430.

### O

- **OBST, U., SCHWARTZ, T., VOLKMAN, H. 2006.** Antibiotic resistant pathogenic bacteria and their resistance genes in bacterial biofilms. *International Journal of Artificial Organs* **29** (4) pp: 387-394.
- **OLAYEMI, A. B et OPALEYE, F.I. 1990.** Antibiotic resistance among coliform bacteria isolated from hospital and urban wastewaters. *W. J. Microbiol. Biotech.* **6** pp: 285-288.
- **OMS (Organisation Mondiale de la Santé). 2006.** Utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères Vol (2) ; 254P.

### P

- **PALUMBO, S.A. 1972.** Role of iron and sulfur in pigment and slim formation by *Pseudomonas aeruginosa*. *Journal of Bacteriology.*

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- **PARVEEN, S., MURPHREE, R.L., EDMINSTON, L., KASPAR, C.W., PORTIER, K.M., TAMPLIN, M.L. 1997.** Association of multiple-antibiotic-resistance profiles with point and nonpoint sources of *Escherichia coli* in Apalachicola Bay. *Applied and Environmental Microbiology*. 63 (7) pp: 2607-2612.
- **PAPAPETROPOULOU, M., LLJOPOULOU, J., RODOPOULOU, G., DETORAKIS, J., PANIARA, O. 1994.** Occurrence and antibiotic resistance of *Pseudomonas* species isolated from drinking water in southern Greece. *J Chemoth*; 6 pp: 111-6.
- **PITKANEN, T, 2010.** Studie on the detection methods of campylobacter and feacl indicator bacteria in drinking water, National Institutue for Health and Welfare. Finland. 118P.
- **POTELON, J-L et ZYSMAN, K. 1998.** Le guide des analyses de l'eau potable. Edition de « La terre du cadre Territorial ».235P.
- **PRESCOTT, L.M., HARLEY, J.P., KLEIN, D.A., BACK-CALBERG, C.M., DUSART, J. 2003.** Microbiologie. 2ème Edition. Bruxelles : BOECK.

### R

- **Rahal, K., Belouni, R., and Benslimani, A. 2008.** Standardisation de l'antibiogramme en médecine humaine à l'échelle nationale. Rec de L'OMS. 5ème édition. Algérie.
- **RAOUT, D. 1998.** Dictionnaire des maladies infectieuses : diagnostique, épidémiologie, répartition géographique, taxonomie, symptomatologie. Editions Elsevier. 1162P.
- **REINTHALER, F. F., POSCH, J., FEIERL, G., WUST, G., HAAS, D., RUCKENBAUER, G., MASCHER, F and MMARTH, E. 2003.** Antibiotic resistance of *Escherichia coli* in sewage and sludge *Water Res* 37 pp: 1685-1690.
- **RODIER, J., BEUFFE, H., BOURNAUD, M., BROUTIN, J.P., GEOFFRAY, C., KOVACSIK, G., LAPORTE, J., PATTEE, E., PLISSIER, M., RODI, L., VIAL, J. 1984.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 7eme édition Paris. Edition Dunod. 1365P.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- **RODIER, J., BAZIN, C., BROUTIN, J-P., CHAMBON, P., CHAMPSAUR, H., RODI, L. 2005.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8<sup>ème</sup> édition Paris. Edition Dunod. 1383P.
- **RODIER, J., LEGUBE, B., MERLET, N. 2009.** L'analyse de l'eau. 9eme édition. Dunod. Paris. 1400P.
- **RYBARCZYK, H., ELKAIM, B., WILSON, J.G., LOQUET, N. 1996.** L'eutrophisation en Baie de Somme : mortalités des peuplements benthiques par anoxie. *Oceanologica acta*. vol. **19**, n<sup>o</sup>2 pp : 131-140.

### S

- **SATIN, M et SELMI, B. 2006.** Guide technique de l'assainissement. 3<sup>ème</sup> Édition. Le Moniteur Edition. 726P.
- **SATIN, M, SELMI, B. 1999.** Guide technique de l'assainissement; 2 eme Edition. Paris: Le moniteur. 680P.
- **SERVAIS, P., PASSERAT, J. 2009.** Antimicrobial resistance of fecal bacteria in waters of the Seine River watershed (France). *Science of the Total Environment*, 408, pp: 365-372.
- **SEVENO, N., KALLIFIDAS, D., SMALLA, K., VAN ELSAS. J., COLLARD, J., KARAGOUNI, A., WELLINGTON, M. 2002.** Occurrence and reservoirs of antibiotic resistance genes in the environment. *Rev Med Microbiol* **13** pp: 15–27.
- **SILVA, J., CASTILLO, G., CALLEJAS, L., LOPEZ, H., OLMOS, J. 2006.** Frequency of Transferable Multiple Antibiotic Resistances amongst Coliform Bacteria Isolated from Treated Sewage Effluent in Antofagasta, Chile. *Elect. J. Biotechn.* **9** pp: 533-540.
- **SIMMONS, G., HOPE, V., LEWIS, G., WHITMORE, J., GAO, W. 2001.** Contamination of potable roof-collected rainwater in Auckland, New Zealand. *Water Research* 35 pp: 1518-1524.
- **SMAOUI, S. 2010.** Purification et caractérisation de biomolécules à partir des microorganismes nouvellement isolés et identifiés. Thèse de Doctorat en Génie de Procédés et Environnement. Université de Toulouse. France. 251P.
- **STALDER, T. 2012.** Implication des effluents d'activités hospitalières et de la filière carnée sur la dissémination de l'antibiorésistance : dynamique des intégrons de l'émission au rejet. Thèse de doctorat. Université de Limoges. 4 P.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- **SCHWARTZ, G., KOHNEN, W., JANSEN, B et OBST, U. 2003.** Detection of antibiotic resistant bacteria and their resistance genes in wastewater, surface water, and drinking water biofilms. *FEMS Microbiology Ecology*, 43, 3, pp: 325-335

### T

- **TARTORA, G.J., FUNKE, B.R., CASE, C.L. 2003.** Introduction à la microbiologie. Editions du Renouveau Pédagogique. France.
- **TAMBEKAR, D.H., HIRULKAR. N.B., WAGHMARE, A.S. 2005.** MAR indexing to discriminate the source of faecal contamination in drinking water. *Nat Environ Poll Tech* 4. pp: 525-528.
- **TENOVER, F.C. 2006.** Mechanisms of Antimicrobial Resistance in Bacteria. *The American Journal of Medicine*. 119 (6), pp : 3-10.
- **TRAD-RAIS, M. 1989.** Surveillance bactériologique et parasitologie des eaux usées brutes et traitées de la ville de Tunis. *Archs. Inst. Pasteur, Tunis*. 65( 3-4).pp : 293-305
- **TUMEO, E., GBAGUIDI-HAORE, H., PARTY, I., BERTRAND, X., THOUVEREZ, M., TALON, D. 2008.** Are antibiotic-resistant *Pseudomonas aeruginosa* isolated from hospitalised patients recovered in the hospital effluents? *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 211, pp. 200-204.

### V

- **VEDEL, G. 2005.** Simple method to determine  $\beta$ -lactam resistance phenotypes in *Pseudomonas aeruginosa* using the disc agar diffusion test. *Journal of antimicrobial chemotherapy*. 56(4) pp: 657-664.

### W

- **WILLCOX, M.D. 2007.** *Pseudomonas aeruginosa* infection and inflammation during contact lens wear: a review, *Optometry and vision science: Official Publication of the American Academy of Optometry*.
- **WISE, R. 2002.** Antimicrobial resistance: priorities for action. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 49(4) pp: 585–586.
- **WRIGHT, G. D. 2007.** The antibiotic resistance: the nexus of chemical and genetic diversity. *Nature Rev. Microbial*.5 pp: 175-186.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- **WWW.SEAAL.DZ** (Consulté le 22 février 2016).

### $\gamma$

- **YALA, D., MERAD, A.S., MOHAMEDI, D., OUARKORICH, M.N. 2001.** Classification et mode d'action des antibiotiques. *Médecine du Maghreb*, n° 91.
- **YANG, C.M., LIN, M.F., LIAO, P.C., YEH, H.W., CHANG, B.V., TANG, T.K., CHENG, C., SUNG, C.H., LIOU, M.L.2009.** Comparison of antimicrobial resistance patterns between clinical and sewage isolates in a regional hospital in Taiwan. *Letters in Applied Microbiology*, 48, pp: 560-565

**Tableau XXXII:** Valeurs critiques des diamètres des zones d'inhibition et des CMI pour les Entérobactéries.**Table de lecture 2\* :** Valeurs critiques des diamètres des zones d'inhibition et des CMI pour *Entérobactéries*

Conditions du test :

Milieu : Gélose Mueller- Hinton

Inoculum : Colonies en suspension, 0,5 Mc Farland

Incubation : 35°C, atmosphère ordinaire ; 18h.

Contrôle de qualité :

*Escherichia coli* ATCC 25922

Antibiotiques testés	Charge des Disques	Diamètres critiques (mm)			CMI critiques (µg/ml)	
		Résistant	Intermédiaire	Sensible	Résistant	Sensible
<b><u>β-lactamines :</u></b>						
Ampicilline	10µg	≤ 13	14 – 16	≥ 17	≥ 32	≤ 8
Amoxicilline + Ac. clavulanique	20/10µg	≤ 13	14 – 17	≥ 18	≥ 32/16	≤ 8/4
Cefazoline	30µg	≤ 14	15 – 17	≥ 18	≥ 32	≤ 8
Cefalotine	30µg	≤ 14	15 – 17	≥ 18	≥ 32	≤ 8
Cefoxitine	30µg	≤ 14	15 – 17	≥ 18	≥ 32	≤ 8
Cefotaxime	30µg	≤ 14	15 – 22	≥ 23	≥ 64	≤ 8
Ceftriaxone	30µg	≤ 13	14 – 20	≥ 21	≥ 64	≤ 8
Imipenem	10µg	≤ 13	14 - 15	≥ 16	≥ 16	≤ 4
<b><u>Aminosides</u></b>						
Amikacine	30µg	≤ 14	15 – 16	≥ 17	≥ 32	≤ 16
Gentamicine	10µg	≤ 12	13 – 14	≥ 15	≥ 8	≤ 4
<b><u>Quinolones</u></b>						
Acide nalidixique	30µg	≤ 13	14 – 18	≥ 19	≥ 32	≤ 8
Ciprofloxacine	5µg	≤ 15	16 – 20	≥ 21	≥ 4	≤ 1
<b><u>Autres</u></b>						
Chloramphenicol	30µg	≤ 12	13 – 17	≥ 18	≥ 32	≤ 8
Furanes	300µg	≤ 14	15 – 16	≥ 17	≥ 128	≤ 32
Fosfomycine	200µg	≤ 12	13 – 15	≥ 16	≥ 256	≤ 64
Trimethoprim + sulfamethoxazole	1.25/23.75µg	≤ 10	11 – 15	≥ 16	≥ 8/152	≤ 2/38

\* Tableau extrait du Document M100 – S16. Vol. 26, n°3. 2006. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing ; Sixteenth informational supplement.



**Tableau XXXIII** : Valeurs critiques des diamètres des zones d'inhibition et des CMI pour *Staphylococcus spp.***Table de lecture 5\*** : Valeurs critiques des diamètres des zones d'inhibition et des CMI pour *Staphylococcus spp.*

Conditions du test :

Milieu : Gélose Mueller- Hinton ;

Inoculum : Colonies en suspension, 0,5 Mc Farland

Incubation : 35°C, atmosphère ordinaire ; 18 à 24h.

Contrôle de qualité :

*Staphylococcus aureus* ATCC 25923*Staphylococcus aureus* ATCC 29213 :*Staphylococcus aureus* ATCC 43300

Antibiotiques testés	Charge des disques	Diamètres critiques (mm)			CMI critiques (µg/ml)	
		Résistant	Intermédiaire	Sensible	Résistant	Sensible
<b>β-lactamines :</b>						
Penicilline	10 UI	≤ 28	—	≥29	β-lactamase	≤ 0,12
Oxacilline** - <i>S.aureus</i>	1 µg	≤ 10	11 – 12	≥13	≥4	≤ 2
- Staphylocoque coagulase négative***		≤ 17	—	≥18	≥0,5	≤ 0,25
Cefoxitine	30µg	≤ 19	—	≥20		
- <i>S. aureus</i> et <i>S. lugdunensis</i>						
- Staphylocoque à coagulase négative		≤ 24	—	≥25		
<b>Aminosides :</b>						
Gentamicine	10µg	≤ 12	13 – 14	≥ 15	≥ 8	≤4
Amikacine	30µg	≤ 14	15 – 16	≥17	≥32	≤16
Kanamycine	30µg	≤ 13	14 – 17	≥18	≥25	≤6
<b>Macrolides :</b>						
Erythromycine	15µg	≤ 13	14 – 22	≥23	≥ 8	≤0.5
Clindamycine	2µg	≤ 14	15 – 20	≥21	≥4	≤ 0,5

\* Tableau extrait du Document M 100 – S16. Vol. 26, n°3. 2006. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing ; Sixteenth informational supplement.

\*\* Incuber pendant 24h.

\*\*\* Autre que *S. lugdunensis*

**Tableau XXXIV** : Valeurs critiques des diamètres des zones d'inhibition et des CMI pour *Pseudomonas aeruginosa*.**Table de lecture 3\*** : Valeurs critiques des diamètres des zones d'inhibition et des CMI pour *Pseudomonas aeruginosa*

Conditions du test :

Milieu : Gélose Mueller- Hinton

Inoculum : Colonies en suspension, 0,5 Mc Farland

Incubation : 35°C, atmosphère ordinaire ; 18h.

Contrôle de qualité :

*Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853

Antibiotiques testés	Charge des disques	Diamètres critiques (mm)			CMI critiques (µg/ml)	
		Résistant	Intermédiaire	Sensible	Résistant	Sensible
<b><u>β-lactamines :</u></b>						
Ticarcilline	75 µg	≤ 14	---	≥ 15	≥ 128	≤ 64
Ticarcilline + ac.clavulanique	75/10 µg	≤ 14	---	≥ 15	≥ 128/2	≤ 64/2
Piperacilline	100 µg	≤ 17	---	≥ 18	≥ 128	≤ 64
Ceftazidime	30 µg	≤ 14	15 – 17	≥ 18	≥ 32	≤ 8
Aztreonam	30 µg	≤ 15	16 – 21	≥ 22	≥ 32	≤ 8
Imipenem	10 µg	≤ 13	14 - 15	≥ 16	≥ 16	≤ 4
<b><u>Aminosides</u></b>						
Amikacine	30 µg	≤ 14	15 – 16	≥ 17	≥ 32	≤ 16
Gentamicine	10 µg	≤ 12	13 – 14	≥ 15	≥ 8	≤ 4
Netilmicine	30 µg	≤ 12	13 – 14	≥ 15	≥ 32	≤ 12
Tobramycine	10 µg	≤ 12	13 - 14	≥ 15	≥ 8	≤ 4
<b><u>Quinolones</u></b>						
Ciprofloxacine	5µg	≤ 15	16 - 20	≥21	≥4	≤ 1

\* Tableau extrait du Document M 100 – S16. Vol. 26, n°3. 2006. .Performance standards for antimicrobial susceptibility testing; Sixteenth informational supplement.

## Annexe III

Tableau XXXV : Résultats des analyses bactériologiques de l'Oued Beni Aza.

Germes	C T		C F		S F		ASR		S		SA		PA		V C	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Prélèvements																
20/01/2016	1,8×10 <sup>6</sup>	1,8×10 <sup>6</sup>	1,1×10 <sup>6</sup>	1×10 <sup>5</sup>	1,8×10 <sup>6</sup>	1,8×10 <sup>6</sup>	10×10 <sup>4</sup>	1,8×10 <sup>5</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
03/02/2016	1,8×10 <sup>6</sup>	1,8×10 <sup>6</sup>	5×10 <sup>5</sup>	7×10 <sup>5</sup>	1,8×10 <sup>6</sup>	1,8×10 <sup>6</sup>	8×10 <sup>4</sup>	1,6×10 <sup>5</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
21/02/2016	5×10 <sup>5</sup>	5×10 <sup>5</sup>	1×10 <sup>5</sup>	1×10 <sup>5</sup>	1×10 <sup>6</sup>	1,4×10 <sup>6</sup>	6×10 <sup>4</sup>	1,8×10 <sup>5</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
06/03/2016	1,1×10 <sup>6</sup>	1,4×10 <sup>6</sup>	1×10 <sup>5</sup>	0	1,2×10 <sup>6</sup>	1,8×10 <sup>6</sup>	0	3×10 <sup>4</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
20/03/2016	8×10 <sup>5</sup>	1,8×10 <sup>6</sup>	0	0	5×10 <sup>5</sup>	8×10 <sup>5</sup>	0	0	0	10	0	250	0	0	0	0
03/04/2016	7×10 <sup>5</sup>	9×10 <sup>5</sup>	0	2×10 <sup>5</sup>	5×10 <sup>5</sup>	1,8×10 <sup>6</sup>	0	1×10 <sup>4</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
17/04/2016	1×10 <sup>6</sup>	1,8×10 <sup>6</sup>	2×10 <sup>5</sup>	1×10 <sup>5</sup>	1×10 <sup>6</sup>	1,8×10 <sup>6</sup>	0	0	0	0	0	360	5	9	0	0
02/05/2016	1,8×10 <sup>6</sup>	1,8×10 <sup>6</sup>	0	1,1×10 <sup>6</sup>	0	7×10 <sup>5</sup>	0	2×10 <sup>4</sup>	0	0	0	0	3	7	0	0
<b>Moyenne</b>	1187500	1475000	250000	287500	862500	1487500	187500	72500	0	1,25	0	76,25	1	2	0	0
<b>Ecart type</b>	101,93	1136,05	467,70	501,56	868,72	1140,86	405,04	251,86	0	1,04	0	8,16	0,93	1,32	0	0

**CT** : Coliformes totaux, **CF** : Coliformes fécaux, **SF** : Streptocoques fécaux, **ASR** : Anaérobies Sulfite Réducteurs, **S** : Salmonelles, **SA** : *Staphylococcus aureus*, **PA** : *Pseudomonas aeruginosa*, **VC** : Vibrions cholériques, **U.F.C** : Unité Formant Colonie, **S1** : Station n°1, **S2** : Station n°2, l'unité de mesure : **UFC/100 ml** pour tous les germes et **spores/20 ml** pour les ASR

Tableau XXXVI : Résultats bactériologiques de la STEP Chenoua.

Germes	C T		C F		S F		ASR		S		SA		PA		VC	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE
18/01/2016	1,8×10 <sup>5</sup>	1,8×10 <sup>4</sup>	3×10 <sup>4</sup>	2×10 <sup>3</sup>	1,8×10 <sup>5</sup>	1,8×10 <sup>4</sup>	1×10 <sup>4</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/02/2016	1,8×10 <sup>5</sup>	1,8×10 <sup>4</sup>	1×10 <sup>4</sup>	1×10 <sup>3</sup>	1,8×10 <sup>5</sup>	1,8×10 <sup>4</sup>	5×10 <sup>4</sup>	1×10 <sup>4</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
22/02/2016	7×10 <sup>4</sup>	5×10 <sup>3</sup>	0	0	1,8×10 <sup>5</sup>	1×10 <sup>3</sup>	1×10 <sup>4</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06/03/2016	1,2×10 <sup>5</sup>	1,0×10 <sup>4</sup>	4×10 <sup>4</sup>	1×10 <sup>3</sup>	1,1×10 <sup>5</sup>	5×10 <sup>3</sup>	4×10 <sup>4</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21/03/2016	1,2×10 <sup>5</sup>	1,4×10 <sup>4</sup>	1×10 <sup>4</sup>	0	1,4×10 <sup>5</sup>	7×10 <sup>3</sup>	1×10 <sup>4</sup>	1×10 <sup>4</sup>	5	0	0	0	0	0	0	0
03/04/2016	5×10 <sup>4</sup>	1×10 <sup>3</sup>	1×10 <sup>4</sup>	0	1,8×10 <sup>5</sup>	3×10 <sup>3</sup>	1,1×10 <sup>5</sup>	1×10 <sup>4</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
17/04/2016	1,2×10 <sup>5</sup>	1,1×10 <sup>4</sup>	1×10 <sup>5</sup>	0	1,8×10 <sup>5</sup>	1×10 <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02/05/2016	1,2×10 <sup>5</sup>	1,8×10 <sup>4</sup>	0	4×10 <sup>5</sup>	1,8×10 <sup>5</sup>	3×10 <sup>3</sup>	5×10 <sup>4</sup>	2×10 <sup>4</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Moyenne</b>	120000	11875	25000	1000	166250	7000	35000	6250	0,625	0	0	0	0	0	0	0
<b>Ecart type</b>	324,03	101,93	147,90	29,58	381,40	78,26	175	73,95	0	0	0	0	0	0	0	0

**CT** : Coliformes totaux, **CF** : Coliformes fécaux, **SF** : Streptocoques fécaux, **ASR** : Anaérobies Sulfite Réducteurs, **S** : Salmonelles, **SA** : *Staphylococcus aureus*, **PA** : *Pseudomonas aeruginosa*, **VC** : Vibrions cholériques, **U.F.C** : Unité Formant Colonie, **EB** : Eau Brute, **EE** : Eau Epurée.

Unité de mesure : **UFC/100 ml** pour tous les germes et **spores/20 ml** pour les ASR





	Cbr	Esc	Esc	Ksp	Ksp	Ksp	Ksp
AM	0	0	0	0	0	0	0
	R	R	R	R	R	R	R
CZ	0	21	26	0	0	0	0
	R	I	S	R	R	R	R
P	15	0	0	0	0	0	0
	I	R	R	R	R	R	R
FA	0	0	0	0	0	0	0
	R	R	R	R	R	R	R
CT	0	15	14	14	10	13	12
	R	I	I	I	I	I	I
CTX	35	33	30	24	29	30	26
	S	S	S	S	S	S	S
OFX	28	0	29	30	25	35	29
	S	R	S	S	S	S	S
MT	0	0	0	0	0	0	0
	R	R	R	R	R	R	R
K	25	0	20	0	25	0	0
	S	R	I	R	S	R	R
C	35	25	28	14	18	28	0
	S	S	S	I	S	S	R
AMC	0	0	0	0	0	0	0
	R	R	R	R	R	R	R
IMP	0	0	0	0	0	19	0
	R	R	R	R	R	I	R
E	11	0	0				
	I	R	R	R	R	R	R
OX	0	0	0	0	0	0	0
	R	R	R	R	R	R	R
VA	0	0	0	0	0	0	0
	R	R	R	R	R	R	R
L	12	0	0	0	0	0	0
	I	R	R	R	R	R	R
TOB	29	19	24	33	24	20	28
	S	S	S	S	S	S	S
AX	0	0	0	0	0	0	0
	R	R	R	R	R	R	R

**Tableau XXXVIII** : Résultats de mesure des zones d'inhibition pour *Pseudomonas aeruginosa* détectées, exprimés en millimètre.

	<i>Pseudomonas</i>	<i>Pseudomonas</i>	<i>Pseudomonas</i>	<i>Pseudomonas</i>
OX	0	0	0	0
	R	R	R	R
P	0	0	0	
	R	R	R	R
L	0	0	0	
	R	R	R	R
E	14	0	0	
	I	R	R	R
MT	0	0	0	
	R	R	R	R
AX	0	0	0	
	R	R	R	R
VA	0	0	0	
	R	R	R	R
OFX	20	22	27	24
	S	S	S	S
AMC	0	0	0	
	R	R	R	R
FA	0	0	0	
	R	R	R	R
K	9	9	15	17
	R	R	I	I
TCC	0	0	0	0
	R	R	R	R



**Tableau XXXIX:** Résultats de mesure des zones d'inhibition pour *Staphylococcus aureus* détectées, exprimés en millimètre.

	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
P	13	20
	I	S
E	15	30
	I	S
C	35	25
	S	S
FA	0	0
	R	R
AMC	0	0
	R	R
K	21	16
	S	I
OFX	30	26
	S	S
TCC	15	14
	I	I
MT	0	0
	R	R
VA	0	16
	R	I
OX	0	0
	R	R
AX	19	27
	S	S

## Annexe I

### ❖ Appareillages et verreries

- Bain marie 80°C
- Bec Bunsen
- Boîtes de Pétri
- Etuves
- Glacière
- Pince stérile
- Pipettes Pasteur
- Portoir
- Réfrigérateur
- Tubes à essai

### ❖ Réactif, additifs et solution

- Eau physiologique stérile
- Eau de Javel
- Réactif kowacs
- TDA (Tryptophane désaminase)
- Alun de fer
- Sulfite de sodium
- Additif SFB

### ❖ Milieux de culture

#### ❖ Recherche des coliformes

- **Bouillon lactosé au bromocrésol pourpre (BCPL, milieu simple et double concentration)**

✓ Peptone.....	5g
✓ Extrait de viande.....	3g
✓ Lactose.....	10g
✓ Pourpre de bromocrésol.....	0,3g
✓ Bacto agar difco.....	15g
✓ Eau distillée.....	1000ml

pH final = 6,9 ± 0,2

- **Bouillon de Schubert en g/l d'eau distillée**

✓ Tryptophane.....	0,2g
✓ Acide glutamique.....	0,2g
✓ Sulfate de magnésium.....	0,7g
✓ Citrate de sodium.....	0,5g
✓ Sulfate d'ammonium.....	0,4g
✓ Chlorure de sodium.....	2g
✓ Peptone.....	10g
✓ Mannitol.....	7,5g
✓ Phosphate disodique.....	4g
✓ Phosphate monopotassique.....	0,6g
✓ Eau distillée.....	500ml

pH final = 7,4 ± 0,2

- ❖ **Recherche des Streptocoques fécaux**

- **Milieu ROTHE (milieu simple concentration et double concentration) en g/l d'eau distillée**

	<b>milieu S/C</b>	<b>milieu D/C</b>
✓ Hydrolysats tryptique de caséine.....	12,6g	25,2g
✓ Peptone bactériologique.....	8 g	16g
✓ Glucose.....	5g	10g
✓ Chlorure de sodium.....	5g	10g
✓ Phosphate dipotassique.....	2,7g	5,4g
✓ Phosphate monopotassique.....	2,7g	5,4g
✓ Azide de sodium.....	0,2g	0,4g

pH final = 6,8 ± 0,2

- **Milieu Litsky (EVA BROTH) en g/l d'eau distillée**

✓ Peptone.....	20g
✓ Glucose.....	5g
✓ Chlorure de sodium.....	5g
✓ Phosphate dipotassique.....	2,7g
✓ Phosphate monopotassique.....	2,7g
✓ Azohydrate de sodium.....	0,3g
✓ Ethyl violet.....	5ml

✓ Eau distillée.....1000ml

pH final=  $6,8 \pm 0,2$

• **Bouillon au sélénite de sodium cystéine SFB**

✓ Lactose..... 4g  
✓ Tryptophane.....5g  
✓ Phosphate disodique..... 10g  
✓ Sélénite de sodium.....0,01g  
✓ L-Cystine.....0,01g  
✓ Eau distillée.....1000ml

pH=  $7,2 \pm 0,2$

• **Gélose Heckoten**

✓ Peptone..... 12g  
✓ Extrait de viande.....3g  
✓ Lactose..... 12g  
✓ Saccharose..... 12g  
✓ Salicine.....2g  
✓ Citrate de fer III et d'ammonium.....2g  
✓ Sels biliaires.....9g  
✓ Fuchsine acide.....0,1g  
✓ Bleu de bromothymol.....0,065g  
✓ Agar.....13g

pH =  $7,6 \pm 0,2$

• **Gélose Viande Foie (VF)**

✓ Base viande foie.....30g  
✓ Glucose.....2g  
✓ Agar.....6g  
✓ Eau distillée.....1000ml

ph= 7,6

• **Gélose Chapman**

✓ Extrait de viande.....1g  
✓ Peptone..... 10g  
✓ Chlorure de sodium.....5g  
✓ Mannitol..... 10g  
✓ Rouge de phénol.....25g  
✓ Gélose.....15g

- ✓ Eau distillée.....1000ml  
pH = 7,4
- **Bouillon cœur-cerveau (BHIB)**
  - ✓ Protéose-peptone.....10g
  - ✓ Infusion de cervelle de veau.....12,5g
  - ✓ Infusion de cœur de bœuf.....5g
  - ✓ Glucose.....2g
  - ✓ Chlorure de sodium.....5g
  - ✓ Hydrogénophosphate de sodium.....2,5g  
pH = 7,4
- **Eau peptonée alcaline (EPA)**
  - ✓ Peptone.....20g
  - ✓ Chlorure de sodium.....30g
  - ✓ Eau distillée.....1000ml  
pH= 8,6
- **Gélose nutritive alcaline et biliée (GNAB)**
  - ✓ Peptone de viande.....10g
  - ✓ Extrait de viande..... 3g
  - ✓ Chlorure de sodium.....5g
  - ✓ Bile de bœuf desséchée.....2g
  - ✓ Agar.....18g
  - ✓ Eau distillée.....1000ml  
pH= 9
- **Gélose King A**
  - ✓ Peptone bactériologique « A ».....20g
  - ✓ Glycérol.....10g
  - ✓ K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.....10g
  - ✓ MgCl<sub>2</sub>.....1,4g
  - ✓ Agar purifié.....1,2g  
  
pH 7,2± 0,2 à 25°C
- **Gélose King B**
  - ✓ Peptone bactériologique « B ».....20g
  - ✓ Glycérol.....10ml
  - ✓ Hydrogénophosphate de potassium (K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>).....1,5g

## Annexes

---

- ✓ Sulfate de magnésium hydraté ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ).....1,5g
- ✓ Agar purifié.....12g

pH  $7,2 \pm 0,2$  à  $25^\circ\text{C}$

- **Gélose au Cétrimide**

- ✓ Peptone de gélatine.....16g
- ✓ Peptone de caséine.....10g
- ✓ Bromure de tétradonium (cétrimide).....0,2g
- ✓ Acide nalidixique.....0,015g
- ✓ Sulfate de potassium.....10g
- ✓ Chlorure de magnésium.....0,4g
- ✓ Agar.....10g

pH= 7,1

- **Gélose Mueller-Hinton**

- ✓ Infusion de viande de bœuf.....300ml
- ✓ Peptone de caséine.....17,5g
- ✓ Amidon de maïs.....1,5g
- ✓ Agar.....10g

pH= 7,4

## Annexe II

**Tableau I :** Infections transmissibles par l'eau ou étroitement liées à l'eau. (Leclerc et al., 1982).

Microorganismes	Pathologie	Origine de contamination
<i>Aeromonas</i> spp	GE et syndromes cholériques.	I
<i>Campylobacter jejuni</i> <i>Campylobacter coli</i>	GE	I
<i>Clostridium perfringens</i>	GE	I
<i>E.coli</i> entéropathogènes, entérotoxiques, entéroinvasives	GE et syndromes cholériformes.	I
<i>Legionella pneumophila</i>	Pneumopathie, fièvre.	Inhalation d'aérosols
<i>Leptospira</i> spp.	Leptospiroses ictérohémorragiques.	C (baignade, eaux, aliments)
<i>Salmonella typhimurium</i> <i>Salmonella enteridis</i>	GE Infection systémiques.	I
<i>Shigella dysenteriae</i>	GE et dysenterie.	I
<i>Shigella</i> sp	GE	C (baignades)
<i>Staphylococcus aureus</i>	Infections cutanées suppuratives.	C
<i>Vibrio cholerae</i>	GE et choléra	I (eaux et coquillages)
<i>Yersinia enterocolitica</i>	GE	I

**I :** Contamination par ingestion d'eau.

**C :** Contamination par contact avec l'eau contaminée.

**GE :** gastro-entérites.

**spp :** Divers espèces.

Tableau XXVIII : Table de N.P.P (table de Mac Grady).

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			NPP dans 100 ml	Limites de confiance à 95%	
3 tubes de 10 ml	3 tubes de 1 ml	3 tubes de 0,1 ml		Limite inférieure	Limite supérieure
0	0	1	3	<0,5	9
0	1	0	3	<0,5	13
1	0	0	4	<0,5	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	149
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	379
3	1	0	43	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	36	1300
3	3	1	460	71	2400
3	3	2	1100	150	4800
3	3	3	1400	/	/



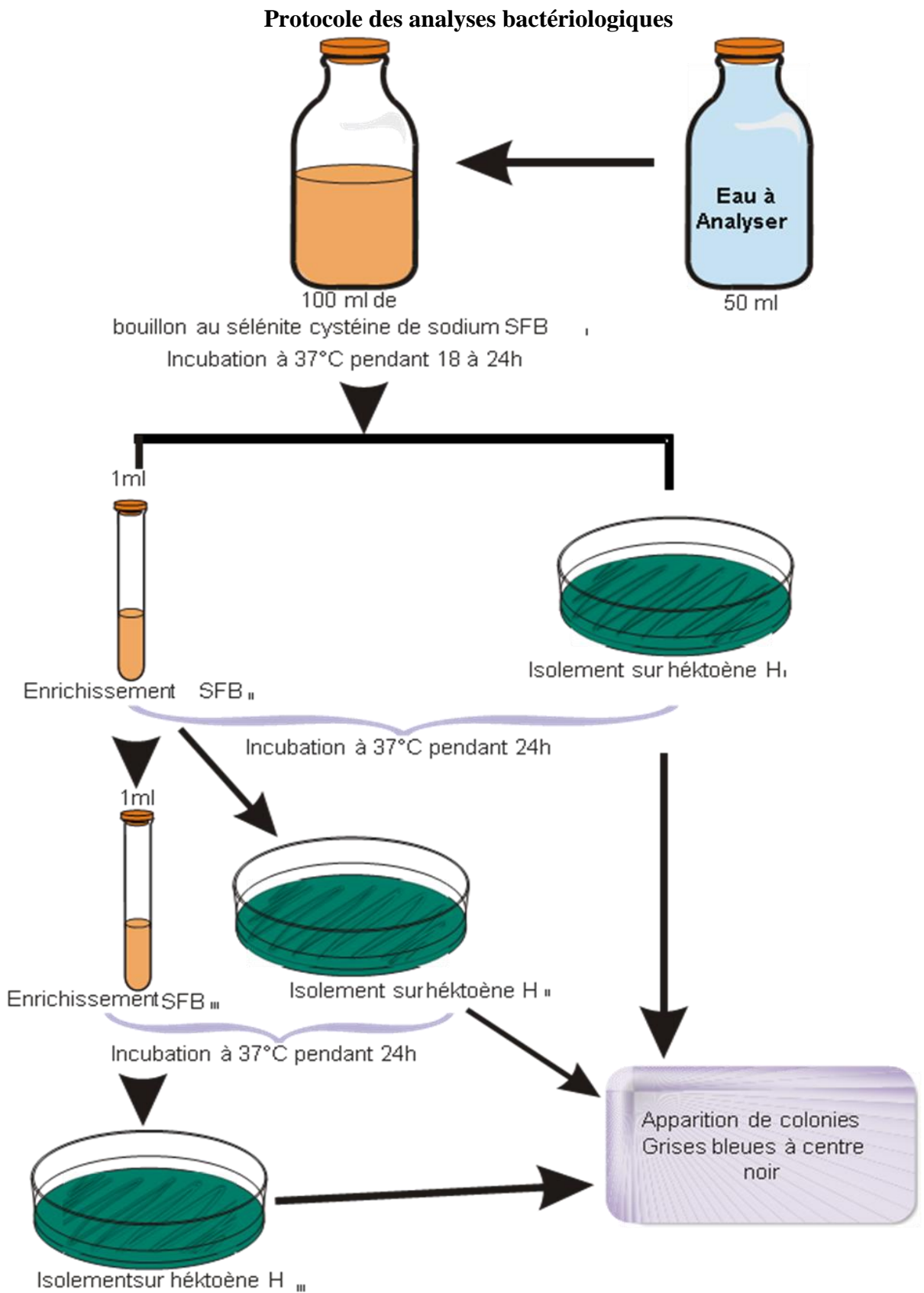
**Tableau XXIX** : table de lecture de la galerie Api 20 E.

Tests	Reactions/Enzymes	Résultats négatifs	Résultats positifs
ONPG	B-Galactosidase	Incolore	Jaune
ADH	Arginine dihydrolase	Jaune	Rouge/orange
LDC	Lysine décarboxylase	Jaune	Rouge/ orange
ODC	Ornithine décarboxylase	Jaune	Rouge/ orange
CIT	Citrate utilisation	Vert pâle/ jaune	Bleu-vert/ bleu
H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S production	Incolore/ grisâtre	Dépôt noir/fin liseré
URE	Urease	Jaune	Rouge/orange
TDA	Tryptophane desaminase	TDA/ immédiat	
		Jaune	Marron- rougeâtre
IND	Indole production	James/ Immédiat	
		Incolore	Vert-pâle / jaune
VP	Acetoin production	VP 1 + VP 2 / 10 min	
		Incolore	Rose/ rouge
GEL	Gelatinase	Aucune diffusion	Diffusion du pigment noir
GLU	Glucose fermentation/ oxydation	Bleu/ Bleu- vert	Jaune / jaune gris
MAN	Mannitol fermentation/ oxydation	Bleu	Bleu-vert / Jaune
INO	Inositol fermentation/ oxydation		
SOR	Sorbitol fermentation/ oxydation		
RHA	Rhamose fermentation/ oxydation		
SAC	Sucrose fermentation/ oxydation		
MEL	Melibiose fermentation/ oxydation		
AMY	Amygdalin fermentation/ oxydation		
ARA	Arabinose		

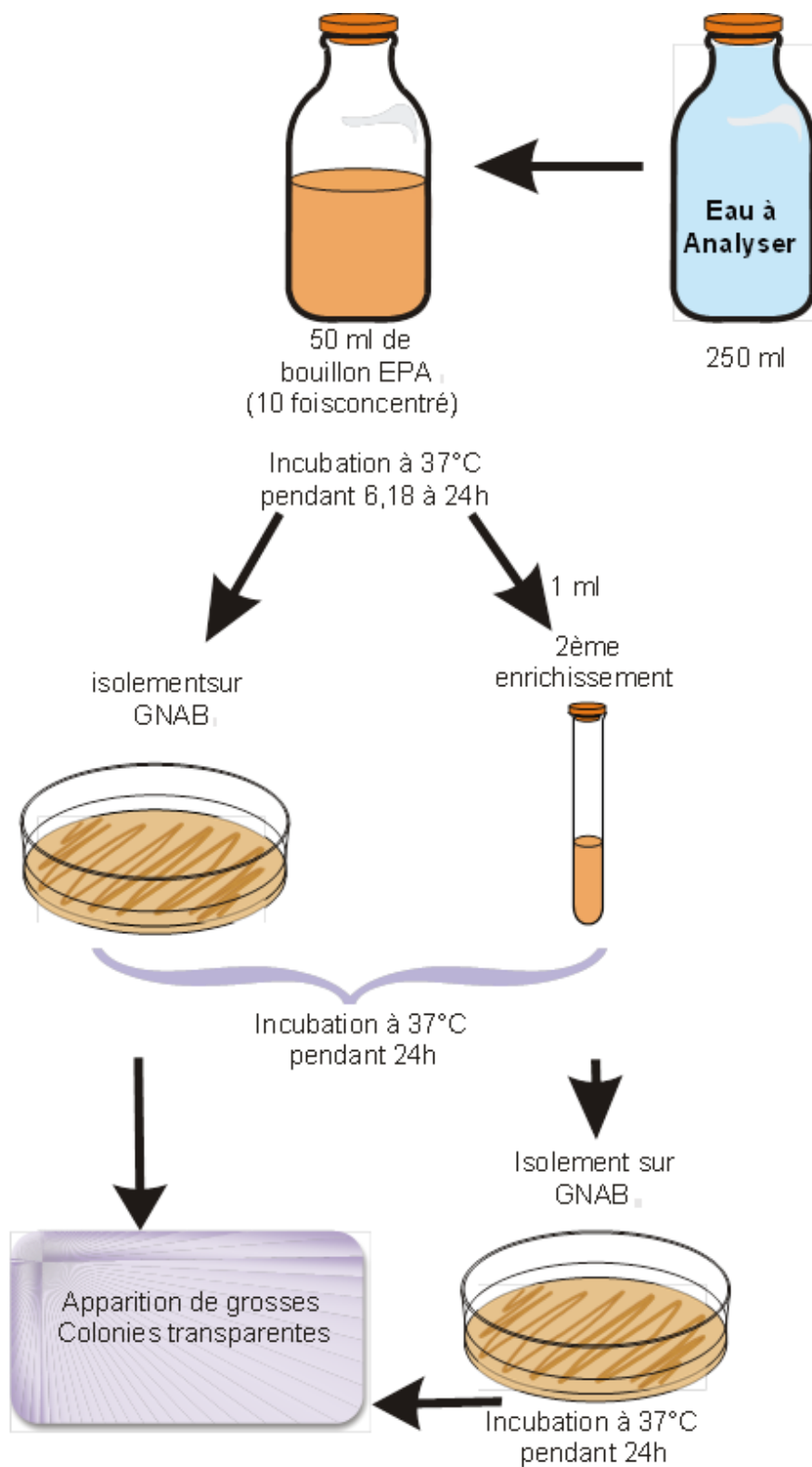
## Annexes

**Tableau XXX :** Noms, abréviations et charge d'antibiotiques utilisés.

Familles d'antibiotiques	Antibiotiques	Abréviation	Charge du disque
β – lactamines	Ampécilline	AM	10 µg
	Amoxicilline	AX	10 µg
	Amoxicilline + acide clavulanique	AMC	20 + 10 µg
	Céfazoline	CZ	30 µg
	Céfotaxime	CTX	30 µg
	Imipénème	IMP	10 µg
	Oxacilline	OX	10 µg
	Pénicilline G	P	10µg
	Ticarcicline + acide clavulanique	TCC	75 + 10 µg
Aminosides	Kanamycine	K	30 µg
	Tobramycine	TOB	10 µg
Quinolone	Ofloxacine	OFX	5 µg
Phénicolé	Chloramphénicol	C	30 µg
Macrolides	Erythromycine	E	15µg
	Lincomycine	L	15 µg
Polypeptide	Colistine	CT	25µg
Divers	Acide fusidique	FA	10µg
	Metronidazole	MT	5 µg
	Vancomycine	VA	30 µg



**Figure 49 :** Recherche des Salmonelles



**Recherche de Vibriion cholérique**

**Figure 50 :** Recherche des Vibrions cholériques

**Tableau XXXI : Normes microbiologiques des rejets des eaux usées (O.M.S, 2006)**

<b>Microorganismes</b>	<b>Concentration (en nombre par litre)</b>
Bactéries	
➤ Coliformes totaux	$10^3$ - $10^7$
➤ E.coli	$10$ - $10^6$
➤ Entérocoques	$10$ - $10^5$
➤ Salmonelles	0-10
➤ Vibrio cholériques	0-10