



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique
Université Saad Dahleb Blida 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie et Physiologie Cellulaire

**Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention
du Diplôme de Master 2**

Option : Microbiologie et Toxicologie Alimentaire (MTA)

Thème

**Etude microbiologique et dosage des contaminants :
pesticides par RRA et métaux lourds par SAA dans une
culture maraichère tomate *Lycopersicon esculentum*
alimentée par des eaux usées et épurées de la Step de
Baraki**

Présenté le 26/10/2015 par:

Mlle AMRIOU FatmaZohra.

Mlle BENKADDOUR Ichrak.

Devant le jury :

Mme OUARAB S.	MCA	(FSNV)	Présidente
Mme HAMZI W.	MAB	(FSNV)	Examinatrice
Mme BOUJEMA N.	MCB	(FSNV)	Promotrice
Mme AZOUZ M.	MAA	(INRAA)	Co-promotrice

REMERCIEMENTS

Nous remercions Dieu, le Tout Puissant, qui nous a guidé de sa miséricorde de mener à bien ce travail et de nous avoir guidé dans nos recherches.

*Nous tenons tout d'abord à exprimer notre reconnaissance à **Mme BOUDJEMAA**, notre promotrice et **Mme AZOUZ**, notre co-promotrice. Qu'elles trouvent ici l'expression de notre profond respect et notre gratitude pour leur confiance, leur soutien, leur patience et leur encouragement pour l'accomplissement à merveille de notre labeur ; sans omettre l'abnégation dans le travail, la rigueur et les valeurs humaine qu'elles nous ont inculquées. Elles ont su, par l'amour de leur fonction et la détermination à nous donner confiance et sensibilisation qui ont motivé nos compétences.*

Nous tenons également à exprimer honorablement notre reconnaissance à tous les membres du jury pour leur dévouement de bien vouloir accepter d'apprécier à sa juste valeur ce travail de fin de cycle que nous avons mené inlassablement.

*Que **Mme OUARAB**, trouve ici l'expression de nos vifs remerciements pour l'honneur qu'elle nous fait en président ce jury, pour sa douceur, son savoir faire et son professionnalisme de diriger les cours.*

*Nous sommes très enthousiastes de compter dans ce jury **Mme HAMZI**, qui nous fait l'honneur de juger ce labeur. Ses remarques nous seront certainement profitables et enrichissantes.*

*Il est de notre devoir de remercier vivement **Mme DOUZANE** responsable de la division de technologie agroalimentaire (INRAA) pour son aide ainsi qu'à **Mme MEHDID** et **M. FOUZI** pour leurs encouragements et leur disponibilité, nos remerciements distingués à tout le personnel du laboratoire.*

*Nos sincères remerciements vont aussi à toute l'équipe de la Step de Baraki pour leurs précieux conseils, leurs disponibilités et surtout leurs sourires, en particulier **Mlle AMIRA et Mlle BOUHALOUANE**.*

*Nos remerciements les plus vifs sont adressés à **Mme HAKEM**, responsable du laboratoire d'hygiène HURBAL d'Alger, pour son assistance et son soutien, ainsi qu'à tout le staff du laboratoire.*

*Toutefois, nous exprimons ici notre gratitude à **Mme BOUCHEFAR**, responsable du laboratoire d'analyses physico-chimiques (ONA) pour son aide à l'accomplissement de ce travail ; nos remerciements distingués à tout le personnel du laboratoire et surtout à **Mme BELAID** pour ses efforts et sa disponibilité.*

*Nous exprimons dans ces lignes nos sincères remerciements à tous les enseignants pour leur précieuse formation, et surtout à **Mme AMAROUCHE** pour nous avoir transmis et inculqué l'amour de la recherche scientifique.*

*Aux **Etudiants de notre promotion**, nous leur disons **MERCI** pour les moments de joies et de stress passés ensemble. Ces moments partagés ensemble demeureront gravés dans nos mémoires.*

Nos remerciements vont à toute personne ayant participé de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail qui ponctuera tout notre cursus scolaire à l'aboutissement de notre rêve d'étudiante.

A TOUS ET A TOUTES ; MERCI ...

Dédicace

Je dédie ce modeste travail...

A ceux que j'aime le plus dans ce monde, à ma source de vie,

A mon cher père, ma fierté et ma dignité. Tu étais de ceux qui ne rechignaient devant rien. Tu répondais positivement à toutes mes doléances.

A toi chère mère, je n'aurais jamais pu réussir sans tes prières. Je te savais patiente et indulgente avec un caractère d'acier.

A mes chères sœurs, Nawel et Nassima. Vous m'avez apporté le réconfort et la force de réussite.

A mon frère, Nabil. Tu es mon confident et mon soutien moral.

A mes adorables neveux Akram, Sohaib, Rayan qui me procuraient une force de tempérament quand je suis exténuée.

A mes chères cousines, Radia et Ikram

A toute ma famille

A toi ma chère binôme, chère sœur Fatma Zohra AMRIOU. Pour ta patience, ton aide et ta gentillesse durant toutes ces années. Tu as été ma complice dans tout ce que nous avons entrepris. Ta compagnie a renforcé mon instinct de réussite. Tu resteras gravée dans ma mémoire. Ensemble pour la vie.

A tous mes Amis : Chourouk, Yousra, Sabrine, Marwa, Wail, Akram, Chahrazed, Meriem, Souhila, Noudjoud, Mouatez, Hamidou, Omar, Mouloud, Oussama.

A toute personne qui m'a donné le courage et prêté main forte pour mener à bien mon travail

A tous les étudiants de la promotion MTA 2014 – 2015.

Ichrak

Dédicace

Je dédie ce travail de recherche

D'emblée et à priori, **A** mes très chers parents qui ont su et pu me donner une bonne éducation et m'inculquer les bases de l'enseignement et de la vie afin de pouvoir réussir dans mes projets d'avenir.

A mon père, le conseiller, le fidèle protecteur, l'infatigable assistant de caractère indulgent a fait que sans son soutien indéfectible, je ne pourrais prétendre à ce résultat.

A ma mère, la confidente, la patiente et la plus aguerrie, celle qui n'a jamais douté un instant de ma réussite. Certes, elle était très confiante, néanmoins elle m'a accordé toute sa patience et son expérience dans le domaine de l'éducation.

A ma mère adoptive qui m'encourageait et me pousser à aller de l'avant .Elle avait de tout temps un pressentiment inouï de ma réussite durant toute ma vie estudiantine.

A mon frère unique Kamel qui, malgré son tempérament intempestif, il n'a ménagé aucun effort pour me prêter main forte. Sa femme Fatma m'a été d'un grand secours .Elle m'a facilité la tâche, moi qui était très prise dans mes études.

A mes sœurs Karima, Najet et Imène, à qui je ne saurai les remercier pour leur compréhension et leur soutien moral. A leurs maris respectifs, Adlane, Boualem et Farouk, en particulier Boualem qui me procurait livres et documentation.

A tous mes neveux : Hamza – Mouataz – Mohamed Said – Anés – Rachid et Rami et ma nièce Fériel Nour el houda.

A TATA Anissa qui me prodiguait des conseils utiles et me guidait dans mes démarches.

A ma "Binôme" ma très chère amie et sœur **ICHRAK BENKADDOUR**, une vraie compagne, elle était de tout temps à mes côtés, disposée H 24 à me rendre service, à m'écouter et à me supporter .Tu étais, tu es et tu seras éternellement mon amie.

A vous mes amies Chourouk et Chahrazad. Je vous souhaite que de la réussite dans vos études. vous étiez un réconfort en me prêtant aide et assistance.

A vous tous et toutes qui avez partagé les bancs de l'université à mes côtés, auxquels je souhaite plein de réussite.

FATMAZOHRA

Résumé

L'objectif de notre travail vise à évaluer la qualité sanitaire d'une culture maraichère Tomate Dawcen alimentée par trois types d'eau (eau brute, eau traitée d'une station d'épuration de Baraki, et eau de ville) afin d'inciter que sa consommation est avec ou sans danger sur la santé public. Cette étude est basée sur l'analyse des paramètres physico-chimique, microbiologique et toxicologique (métaux lourds et pesticides) de l'eau et de la tomate.

Les résultats obtenus ont montré que la majorité des paramètres physico-chimiques et toxicologiques des trois types d'eau répondent aux normes algériennes en vigueur. La qualité microbiologique des eaux brutes est d'une forte pollution microbienne. La présence d'*E. coli* de salmonelle au niveau des eaux traitées interprète une contamination fécale et un risque public peut être engendrer par la présence de bactérie pathogène.

L'irrigation de la tomate par les trois types d'eaux a mené à une croissance et un rendement similaires mais encore meilleur avec l'eau traitée. Nous avons noté par la méthode Charm 2 la présence des pesticides (organophosorés et carbamates) dans les deux traitements (T1et T2) et une qualité microbiologique satisfaisante pour le produit fini (tomate).

Mots clés : contamination, eaux traitées, eaux usées, risque sanitaire, tomate dawcen, pesticides, métaux lourds

Summary

The aim of our work is to assess the health quality of a vegetable growing Tomato Dawcen cultivation fueled by three types of water (raw water, treated water to a treatment plant Baraki and city water) to encourage its consumption is with or without danger to public health. This study is based on the analysis of the physico-chemical parameters, microbiological and toxicological (heavy metals and pesticides) water and tomato.

The results obtained showed that the majority of the physico-chemical and toxicological parameters of the three types of water meet the Algerian standards. The microbiological quality of raw water is of high microbial pollution. Presence of *E. coli* and *Salmonella* in treated water interpreter fecal contamination and public risk can be generating by the presence also of pathogenic bacteria.

Tomato Irrigation by three type of water has led to growth and yield similar but even better with the treated water. We noted that with the Charm 2 method the presence of pesticides (organophosphorés and carbamates) in both treatments (T1 and T2) and a satisfactory microbiological quality for the finished product (tomato).

Keywords: contamination, treated water, wastewater, health risk, tomato dawcen, pesticides, heavy metals

ملخص

الهدف من عملنا هو اكتشاف ما إذا كان استهلاك زراعة الخضراوات كطماطم Dawcen المغذات بثلاثة أنواع من المياه (المياه الخام، والمياه المعالجة لمحطة معالجة المياه براقي ومياه المدينة) يعد استهلاكاً مع أو بدون خطراً على الصحة العامة وتستند هذه الدراسة على تحليل العوامل الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية والتسممية (المعادن الثقيلة والمبيدات الحشرية) للماء والطماطم.

وأظهرت النتائج أن غالبية العوامل الفيزيائية والسمية لثلاثة أنواع من المياه تفي بالمعايير الجزائرية المطلوبة. التحليل الميكروبيولوجي أظهر تلوث برازي عالي بحضور القولونية كولاي السالمونيلا في المياه المعالجة وغياب معظم الجراثيم المسببة للأمراض.

ري الطماطم عن طريق ثلاثة أنواع من المياه أدى إلى نمو وإنتاجية مماثلة ولكن حتى أفضل مع المياه المعالجة. لاحظنا باستعمال طريقة (Charm 2) وجود المبيدات (الفوسفات العضوية والكاربانيت) في كل من العلاجات (T1 و T2) والجودة الميكروبيولوجية مرضية للمنتج النهائي (الطماطم).

الكلمات الرئيسية: التلوث، المياه المعالجة، مياه الصرف الصحي، المخاطر الصحية، طماطم dawcen، المبيدات الحشرية، المعادن الثقيلة.

LISTE DES ABREVIATIONS

CE : Conductivité Electrique

CF : Coliformes Fécaux

CM : N-methyl carbamate

CT : Coliformes Totaux

DBO₅ : Demande Biochimique en Oxygène

DCO : Demande Chimique en Oxygène

EB : Eau Usée Brute

ET : Eau Usée Traitée

ETM : Éléments Traces Métalliques

EV : Eau de Ville

FAO : Food and Agriculture Organisation

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne

MES : Matières En Suspension

OMS : Organisation Mondial de la Santé

ONA : Office National d'Assainissement

OP : Organophosphorés

pH : Potentiel d'Hydrogène

RRA : Radio Receptor Assay

SAA : Spectométrie d'Absorption Atomique

Step : Station d'épuration

UFC : Unité Formant Colonie

Tableau 01 : Classification des pesticides selon le degré de toxicité	06
Tableau 02 : Valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de tomate	15
Tableau 03 : Echantillonnage des trois types d'eaux.....	21
Tableau 04 : Echantillonnage des tomates.....	21
Tableau 05 : Différents paramètres effectués pour l'analyse des trois types d'eaux et les tomates	23
Tableau 06 : Extraction de l'échantillon (tomate) pour le dosage des pesticides par RRA....	39
Tableau 07 : Procédure de Charm 2 du dosage des pesticides.....	40
Tableau 08 : Mode de traitement en fonction du rapport DCO/DBO5.....	48

Annexe I

Tableau 09 : Charge polluantes des eaux à l'entrée et à la sortie de la Step de Baraki	
Tableau 10 : Caractéristiques des vis du PR1	
Tableau 11 : Caractéristiques des vis du PR2	
Tableau 12 : Caractéristiques des dégrilleurs	
Tableau 13 : Caractéristiques du dessableur / Déshuileur	
Tableau 14 : Caractéristiques des bassins d'aération	
Tableau 15 : Caractéristiques des clarificateurs	

Annexe II

Tableau 16 : Matériel pour les analyses physicochimiques	
Tableau 17 : Matériel pour les analyses microbiologiques	
Tableau 18 : Composition des milieux de culture	

Tableau 19 : Matériel pour le dosage des éléments traces

Tableau 20 : Matériel pour le dosage des pesticides

Annexe III

Tableau 21 : Normes de réutilisation des eaux usées épurées

Tableau 22 : Normes des éléments toxiques des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation

Tableau 23 : Estimation de la minéralisation à partir de la conductivité

Tableau 24 : Norme microbiologique des légumes frais et autres végétaux crus

Tableau 25 : Directives concernant la qualité microbiologique et parasitologique des eaux usées utilisées en agriculture

Annexe IV

Tableau 26 : Résultats des analyses physico-chimiques des eaux usées et traitées (EB et ET)

Tableau 27 : Rapport de biodégradabilité (DCO/DBO₅)

Tableau 28 : Résultats des analyses microbiologiques des trois types d'eaux (EV, EB et ET)

Tableau 29 : Moyenne des résultats des analyses bactériologiques : germes pathogènes des trois types d'eaux

Tableau 30 : Concentration des métaux lourds dans d'eau de ville, usée et traitée de la Step de Baraki.

Figure 01 : Deux types de croissance.....	13
Figure 02 : Installation de l'essai de tomate <i>Lycopersicon esculentum</i> à l'INRAA	18
Figure 03 : Etapes de plantation.....	19
Figure 04 : Echantillonnage et transport des tomates	22
Figure 05 : Variation mensuelle de la température des eaux brutes et traitées	42
Figure 06 : variation mensuelle du pH des eaux usées brutes et traitées	43
Figure 07 : Variation mensuelle de la conductivité électrique des eaux brutes et traitées.....	44
Figure 08 : variation mensuelle des MES des eaux usées brutes et traitées	45
Figure 09 : Rendement de l'élimination des MES	45
Figure 10 : variation mensuelle de la DCO des eaux usées brutes et traitée.....	46
Figure 11 : variation mensuelle de la DBO ₅ des eaux usées brutes et traitées.....	47
Figure 12 : Variation de rapport DCO/DBO ₅ des eaux brutes et traitées.....	48
Figure 13 : Evaluation de la densité des CT dans les trois types d'eaux (EV, EB et ET)	49
Figure 14 : Evaluation de la densité des CF dans les trois types d'eaux (EV, EB et ET).....	50
Figure 15 : Evaluation de la densité d' <i>E. coli</i> dans les trois types d'eau (EV, EB et ET)	51
Figure 16 : Evaluation de la densité des Entérocoques dans les trois type d'eaux (EV, EB et ET).....	52
Figure 17 : Variations mensuelles des concentrations des éléments traces des trois échantillons d'eaux (EV, EB et ET)	53
Figure 18 : Evolution de la hauteur des plants des tomates pour les trois traitements.....	54
Figure 19 : Traitement T0 (alimentée par l'EV), Traitement T1 (alimenté par l'EB), Traitement T2 (alimenté par l'ET)	55
Figure 20 : Rendement des tomates pour les trois traitements T0, T1 et T2	56

Figure 21: Maturation des fruits : (A) traitement T0, (B) traitement T1, (C) traitement T2 ..57

Figure 22 : Ordination des variables environnementales et bactériologiques des trois types d'eau étudiés (ET, EB, EV) le long deux axes principaux après l'analyse en composante principale.....59

Annexe I

Figure 23 : Synoptique de la station d'épuration de Baraki

Figure 24 : Poste de relevage numéro 1 (PR1)

Figure 25 : poste de relèvement numéro 2 (PR2)

Figure 26 : Deux types de dégrilleurs, (a) Dégrilleur grossier, (b) Dégrilleur fin

Figure 27 : Déssableur / Déshuileur

Figure 28 : Le bassin d'aération

Figure 29 : Le clarificateur

Figure 30 : Poste de recirculation et d'extraction des boues

Annexe V

Figure 31 : Technique de filtration sur membrane

Figure 32 : Etapes d'identification de la *Salmonella spp* trouvée dans l'ET

Figure 33 : Spectromètre d'Absorption Atomique (SAA) A 400 PERKIN ELMER

Figure 34 : Dispositif de la RRA (Charm II 6600/7600 Analyzers)

Sommaire

Partie 1 : Etude Bibliographique

Chapitre I : Généralités	03
I.1. Qualité sanitaire des fruits et légumes	03
I.1.1. Qualité microbiologique	03
I.1.2. Qualité chimique	04
I.2.1. Les pesticides	04
I.2.1.1. Classification des pesticides	04
I.2.1.2. Impact des pesticides sur l'environnement et sur l'homme.....	06
I.2.2. Les métaux traces	08
I.2.2.1. Définition et classification.....	08
I.2.2.2. Origine des métaux	09
I.2.2.3. Danger des métaux lourds et le lien avec l'agroalimentaire	10
Chapitre II : Généralités sur la tomate <i>Lycopersicon esculentum</i>	11
II.1. Historique et origine de la tomate.....	11
II.2. Classification de la tomate.....	11
II.2.1. Classification botanique (Systématique)	11
II.2.2. Classification variétale selon le mode de croissance	12
II.3. Caractéristiques physiologiques de la tomate.....	13
II.3.1. Cycle biologique de la tomate.....	13
II.4. Valeur nutritionnelle des fruits de tomate	14
II.5. Effets thérapeutiques de la tomate	16
II.6. Situation de la tomate dans le monde et en Algérie	16

Partie 2 : Matériel et Méthodes

I. Objectifs	18
II. Protocole expérimentale	18
III. Site d'échantillonnage	20
IV. Echantillonnage	20
IV.1.Eau	20
IV.2.Tomate	21
V. Méthodes d'analyses	24
V.1. Etude des paramètres physico-chimiques de l'eau	24
V.1.1.Température et pH	24
V.1.3. Matières en suspension (MES)	24
V.1.4.Demande chimique en oxygène (DCO)	25
V.1.5.Demande biologique en oxygène (DBO₅)	26
V.2. Etude des paramètres microbiologiques	27
V.2.1. Etude des paramètres bactériologiques de l'eau	27
V.2.1.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux	28
V.2.1.2. Recherche d'<i>Escherichia coli</i>	29
V.2.1.3. Recherche et dénombrement des Entérocoques	29
V.2.1.4. Recherche des Salmonelles	30
V.2.1.5. Recherche des Staphylocoques	31
V.2.1.6. Recherche des Vibrions	32
V.2.2. Etude des paramètres microbiologique de la tomate	32
V.2.2.1.Recherche et dénombrement de la flore aérobie mésophile à 30°C	32
V.2.2.2.Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux	33
V.2.2.3.Recherche des Staphylocoques	34

V.2.2.4. Recherche et dénombrement des Levures et Moisissures	35
V.3. Etude des paramètres toxicologiques.....	36
V.3.1. Dosage des métaux lourds dans l'eau	36
V.3.2. Dosage des Pesticides dans les tomates	38
VI. Etude statistique.....	41

Partie 3 : Résultats et Discussion

I. Résultats des analyses physico-chimiques, bactériologiques et toxicologiques de l'eau	42
I.1. Paramètres physico-chimiques	42
I.1.1. Température.....	42
I.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)	43
I.1.3. Conductivité électrique (CE)	43
I.1.4. Matières en suspension (MES)	44
I.1.5. Demande chimique en oxygène (DCO)	46
I.1.6. Demande biologique en oxygène (DBO ₅)	46
I.1.7. Rapport de biodégradabilité (DCO/DBO ₅)	47
I.2. Paramètres bactériologiques	48
I.2.1. Coliformes totaux.....	49
I.2.2. Coliformes fécaux	50
I.2.3. <i>E. coli</i>	50
I.2.4. Entérocoques	51
I.2.5. Germes pathogènes	52
I.3. Paramètres toxicologiques	53

I.3.1. Dosage des éléments traces dans les trois types d'eaux.....	53
II. Tomates	54
II.1. Effets sur la culture	54
II.1.1. Evolution de la croissance des plantes.....	54
II.1.2. Rendement de la tomate	56
II.2. Qualité bactériologique des tomates.....	58
II.3. Qualité toxicologique des tomates.....	58
II.3.1. Dosage des pesticides dans les tomates	58
III. Etude des Composantes Principales (ACP)	58
Conclusion et Perspectives	60
Références Bibliographiques	
Annexes	

Introduction

Dans le contexte actuel de l'agriculture mondiale (concurrence exacerbée, exigences croissantes des consommateurs, principe de précaution), la qualité des produits agro-alimentaires prend de plus en plus d'importance, notamment en ce qui concerne les productions légumières à raison de leurs disponibilités en toutes saisons et leurs richesses en fibres, vitamine, minéraux qui sont devenus un élément de base dans notre alimentation. **(Kebir, 2012).**

La notion de sécurité alimentaire correspondait autrefois à la nécessité d'assurer un apport alimentaire suffisant aux besoins de la population. Aujourd'hui, dans les pays développés, la sécurité sanitaire vise à garantir aux consommateurs que les denrées alimentaires répondent à des normes de sécurité et de qualité sanitaire strictes. C'est pourquoi on parle ces dernières années de « sécurité sanitaire des aliments » **(Brémaud et al., 2010).**

Parmi les produits alimentaires le plus consommés au monde et en Algérie après la pomme de terre; *Lycopersicon esculentum* appelé communément tomate. Ce fruit répond bien aux attentes nutritionnelles de l'organisme car il est relativement pauvre en calories mais riche en eau et en éléments minéraux **(Ranc, 2010).**

En Algérie, la tomate est en pleine expansion, à la faveur de nombreux programmes mis en place par le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Pour son développement, de nouvelles techniques de production sont introduites ces dernières années permettant plus de rendement à l'hectare. En 2009, l'Algérie a eu un rendement de 6,5 millions de quintaux de tomate **(Chougar, 2011).**

La réutilisation agricole des eaux usées a toujours existé et est aujourd'hui une pratique largement répandue dans le domaine. Cette réutilisation faite avec ces eaux présentes des risques sanitaires majeurs pour les populations localisées dans ces périmètres et en contact permanent avec ces eaux ou consommant les produits agricoles sans contrôle sanitaire **(Berdai et al., 1998).** L'irrigation des cultures maraichères à l'eau usée est interdite en Algérie **(JORA, 2005 ; ONA, 2006).** Cependant, nous constatons que l'interdiction n'est pas respectée, ce qui peut provoquer des risques de contamination microbiologique et physico-chimique. Pour cette raison nous avons orienté notre travail sur ce contexte.

Pour assurer aux consommateurs algériens les besoins en consommation de la tomate pendant toute l'année en sécurité et en qualité, nous avons essayé dans cette étude de savoir si la consommation d'une culture maraichère : Tomate Dawcen alimentée par des eaux usées brutes et des eaux usées traitées d'une station d'épuration est sans risque, et ce, en évaluant la qualité sanitaire de cette culture par le dosage de quelque contaminants tels que les pesticides (organophosphorés et Carbamate) et les métaux lourds, sans négliger les paramètres microbiologiques.

Ce travail comporte trois parties :

- la première partie aborde une description générale de la tomate *Lycopersicon esculentum* ainsi que des rappels sur les pesticides, les métaux traces et la contamination microbiologique et toxicologique.
- la deuxième partie résume la méthodologie du travail expérimental,
- la troisième partie est consacrée à la présentation des résultats et leur discussion.

Enfin, une conclusion générale vient clore ce mémoire.

Chapitre I. Généralités

I.1. Qualité sanitaire des fruits et légumes

En Algérie, la réutilisation des eaux usées épurées est pratiquée essentiellement par les agriculteurs, soit directement (13%) à partir des stations d'épuration ou indirectement (87%) à partir des oueds alimentant les barrages (**Lehtihet, 2005**). Selon **Hartani (2004)**, 8% des terres irriguées reçoivent des eaux usées non traitées. L'irrigation des cultures maraichères à l'eau usée est interdite en Algérie (**JORA, 2005 ; ONA, 2006**). Cependant, nous constatons que l'interdiction n'est pas respectée, la pratique d'irrigation n'est pas faite dans des conditions convenables ; soumettant ainsi le consommateur des produits agricoles et l'agriculteur à des risques de contaminations microbiologiques et chimiques considérables (**Lehtihet, 2005**).

I.1.1. Qualité microbiologique

Les fruits et légumes frais constituent un milieu favorable à la croissance des microorganismes. La microflore hébergé par les légumes et fruits est en relation directe avec celle du sol, des traitements des cultures (arrosage, irrigation, fertilisation minérale et organique, etc.). Les produits végétaux serviront alors de support et de vecteur des microorganismes qu'ils abritent. A ce titre ils pourront être un réservoir de microorganismes d'altérations tels que les levures et de bactéries pathogènes pour l'homme et les animaux qui les consomment (**Bourgeois, 1996**).

L'un des principaux indicateurs de contamination fécale est la présence *d'Escherichia coli* mais dans la plupart des études réalisées, sa concentration est faible. Alors que certaines études associent la présence *d'Escherichia coli*, sur les légumes crus, à une fréquence plus élevée de *Salmonella*, d'autres recherches n'ont réussi à prouver aucune relation entre ces deux germes. Même s'ils restent moins contaminés par des organismes pathogènes que la viande, les produits laitiers et les produits de la mer, les principaux agents à l'origine d'intoxications alimentaires ont été détectés sur des légumes. Les légumes présentent en effet des conditions idéales à la survie et à la croissance de ces germes (**Desbordes, 2003**).

I.1.2. Qualité chimique

I.2.1. Les pesticides

Le terme pesticide désigne de manière générique l'ensemble des produits destinés à lutter contre les parasites des animaux ou des végétaux (**Regnault-Roger et al., 2005**).

Les pesticides sont des substances dont la composition élémentaire et la structure chimique présentent une très grande variété et dont l'étude et la description nécessitent la mise en œuvre de nombreuses méthodes chimiques et physiques (**Calvet et al., 2005**).

I.2.1.1. Classification des pesticides

Il existe plusieurs classifications selon la nature, le degré de toxicité et le domaine d'utilisation des pesticides.

A. Classification biologique

Les pesticides ou les produits phytosanitaires peuvent être classés selon le nombre de l'espèce nuisible que l'on veut contrôler (**Bougdah, 2007**).

- **Herbicides** : Au sens étymologique du terme, les herbicides représentent des préparations utilisées pour combattre les plantes nuisibles à l'homme, afin d'éviter leurs actions néfastes sur tout ce qui est utile à son existence (**Fournier, 1988**). Ils sont destinés à détruire les mauvaises herbes qui gênent ou empêchent le développement des implantations.
- **Insecticides** : Les insecticides sont destinés à lutter contre les insectes nuisibles (**Martine et al., 1976**).
- **Fongicides** : On appelle fongicides toutes substances conçues pour combattre les maladies des plantes provoquées par les champignons (**Fournier, 1988**). On distingue (**Knowles, 1998**) :
 - Les fongicides préventifs, qui empêchent le développement des maladies ;
 - Les fongicides curatifs, qui exercent leur effet sur les maladies déjà établies.

B. Classification selon le domaine d'utilisation

Les pesticides sont utilisés dans plusieurs domaines d'activités pour lutter contre des organismes vivants nuisibles. Il existe six catégories de pesticides selon leur destination de traitement, à savoir (Calvet et al., 2005):

- **Les cultures** : utilisées en agriculture, principalement comme insecticides, fongicides, et herbicides ;
- **Les bâtiments d'élevage** : surtout des insecticides et des bactéricides ;
- **Les locaux de stockage des produits végétaux** : des insecticides et des fongicides ;
- **Les zones agricoles** : principalement des herbicides ;
- **Les bâtiments d'habitation** : des insecticides, des rodenticides et des fongicides ;
- **L'homme et les animaux** : il s'agit d'insecticides, et fongicides.

C. Classification selon le degré de toxicité

Cette classification est basée sur les expériences appliquées sur les animaux de laboratoire (les rats et les souris sont des espèces préférées) et pour lesquelles est fixé un paramètre sur le lequel est basé le degré de toxicité : la DL 50 et la CL 50 (Tableau 01).

- **DL 50** : est la quantité de substance nécessaire pour tuer 50% de la population de rats en tests de laboratoire elle est exprimée en mg de substance par kg de poids vif de l'animal.
- **CL 50** : représente la concentration d'une substance potentiellement toxique dans un milieu qui peut causer la mort de 50% d'une population d'essai après une période d'exposition donnée (Calvet et al., 2005).

Tableau 01 : Classification des pesticides selon le degré de toxicité (Calvet et al., 2005).

Classe	DL 50 pour le rat en mg/kg de vifs		CL 50 pour le rat en mg/l		
	Voie orale		Voie cutanée		Voie respiratoire
Forte dose	solide	liquide	solide	liquide	gaz
	5 ou en dessous	5 ou en dessous	10 ou en dessous	50 ou en dessous	0,5 ou en dessous
	Moyenne dose	5-50	25-200	10-100	50-400
Faible dose	5-500	200-500	100-1000	400-4000	2-20

I.2.1.2. Impact des pesticides sur l'environnement et sur l'homme

A. Sur l'environnement

Les pesticides ont été depuis près de cinquante d'années mis en évidence dans tous les compartiments environnementaux aussi bien, dans les eaux de rivières, les nappes phréatiques, l'air, les eaux de pluie, mais aussi dans les fruits, les légumes, les céréales et les produits d'origine animale. Le non-respect des bonnes pratiques agricoles peut entraîner la contamination des trois compartiments de la biosphère, à savoir : l'eau, le sol et l'air. La mort des mammifères imputables aux pesticides sont généralement la conséquence de l'ingestion d'une nourriture contaminée. Les prédateurs accumulent des quantités de résidus plus élevées que les herbivores. Des mortalités massives ont été observées lors de grandes opérations de lutte menée avec des organochlorés (Majewski et Capel, 1995).

Pour ce qui est des oiseaux, de nombreux cas mortels ont été recensés par ingestion directe de granulés ou d'insectes ayant ingéré des toxiques (Rasmussen, 1995). Bien que la plupart des traitements soit appliqués sur les parties aériennes des plantes, une bonne partie du produit atteint toujours le sol.

Durant les épisodes pluvieux, les pesticides présents sur les plantes ou absorbés sur les particules du sol, peuvent rejoindre les écosystèmes aquatique par l'intermédiaire des phénomènes de ruissellement et par conséquent impliquer une pollution des eaux des nappes phréatiques. Les propriétés phytotoxiques des pesticides peuvent également détruire les phytoplanctons du milieu et briser ainsi la chaine trophique, cette microflore étant essentielle au maintien de la fertilité (**Paris-palacios et al., 2001**).

B. Sur l'homme

L'utilisation des pesticides fournit des avantages en augmentant la production agricole cependant, des résidus de pesticides peuvent être retrouvés dans les aliments et constituent un risque potentiel pour les consommateurs. La contamination par les pesticides peut s'effectuer par une multiplicité de voies d'exposition, en effet ces substances peuvent pénétrer dans l'organisme par inhalation, par ingestion ou par contact avec la peau (**Scheyer, 2004**)

- **Les effets aigus :** En population générale, les effets aigus des pesticides, faisant suite à une exposition à de fortes doses, s'observent rarement, Ils surviennent en cas d'empoisonnements accidentels ou volontaires. Chez les professionnels, le risque d'exposition est important chez les agriculteurs qui utilisent fréquemment des doses importantes de produits. Les effets observées sont des brulures au niveau des yeux, des lésions cutanées, des troubles neurologiques et hépatiques, des manifestations digestives, des troubles cutané-muqueux et rhino-pharyngiques (**OMS, 1991**).
- **Les effets chroniques :** Les intoxications chroniques constituent un véritable facteur de risque sanitaire. Il s'agit d'un risque à long terme, lié à une consommation répétée de doses très faibles, et leur accumulation dans l'organisme pouvant dépasser le seuil de la concentration toxique (**ORBS, 2001**). Les effets chroniques peuvent être classés en plusieurs catégories :
 - ✓ Les cancers (leucémies)
 - ✓ Les troubles de la reproduction
 - ✓ Les troubles endocriniens
 - ✓ Les troubles neurologiques
 - ✓ Les maladies cardiovasculaires

Des études scientifiques ont montré que l'exposition à certains pesticides affaiblit le système immunitaire, hormonal et nerveux (**EL-Merabet, 2008**) ainsi que les principales pathologies étudiées sont le risque de stérilité masculine et féminine, un excès d'avortements spontanés, de mort-nés de retard de croissance et de certaines malformation fœtales telles (**Baldi, 1998**).

I.2.2. Les métaux traces

I.2.2.1. Définition et classification

Un métal est un élément chimique naturel, issu le plus souvent d'un minerai. Bon conducteur de chaleur et d'électricité, ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité. Il se combine aisément avec d'autres éléments pour former des alliages utilisés par l'homme depuis l'antiquité (**Cassas, 2005**). Le terme «métaux traces» (MT) est actuellement utilisé pour décrire les «les métaux lourds», car ceux-ci se retrouvent souvent à l'état de traces dans les eaux et les solides. On les appelle également éléments traces métalliques (ETM).

D'un point de vue purement scientifique et technique, les métaux lourds peuvent être également définis comme :

- tout métal ayant une densité supérieure à 5 ;
- tout métal ayant un numéro atomique élevé, en général supérieur à celui du Sodium ($Z=11$) ;
- tout métal pouvant être toxique pour les systèmes biologiques (**Di Benedetto, 1997**).

Les métaux traces peuvent être classés en fonction de leur caractère essentiel pour les organismes vivants en deux groupes :

- **Les métaux traces essentiels ou oligoéléments**

Certains métaux traces sont essentiels pour les organismes vivants et sont souvent liés à des protéines. Leur rôle est important en tant qu'activateurs enzymatiques et sont impliqués dans la biosynthèse de certaines enzymes et dans la croissance hormonale (**Da Silva, 1978**). Des symptômes pathologiques apparaissent lorsque leur teneur diminue ou qu'ils sont absents, ces symptômes disparaissent lorsqu'ils sont rajoutés. Cependant ces éléments essentiels peuvent également être toxiques lorsqu'ils sont présents à de trop fortes concentrations (**Forstner et Wittman, 1979**). Parmi ces oligoéléments, on note le sodium, le calcium, le zinc, le fer, le nickel, le cuivre et le magnésium.

- **Les métaux lourds non essentiels ou toxiques**

A l'inverse des oligoéléments, ces métaux n'entrent pas dans les systèmes métaboliques et n'ont aucun rôle biologique. Certaines protéines (métallothionéines pour le cas du mercure) peuvent les fixer. Le métal ainsi stocké entre en compétition avec certains groupements (-SH pour le cas du mercure). Il s'ensuit une désorganisation de l'activité cellulaire. Ces métaux présentent des effets délétères même à des doses très faibles. Ils sont représentés principalement par le plomb (Pb), le cadmium (Cd), le mercure (Hg), etc. (**Legoff et Bonnomet, 2004**).

I.2.2.2 Origine des métaux

Les éléments métalliques sont des polluants de nature chimique inorganique ayant différentes sources. Ils peuvent provenir de sources naturelles et de sources anthropogènes ; les apports atmosphériques sont également importants. Parmi les importantes sources naturelles, citons l'érosion et le lessivage des sols, l'activité volcanique et sismique, les incendies de forêts et le dégazage naturel de l'écorce terrestre.

Les sources anthropiques sont liées à leur utilisation dans différents secteurs :

- Industries de papier : elles sont susceptibles d'émettre du cuivre, du zinc, du mercure, du plomb et du cadmium ;
- Industries de céramique et tanneries : les colorants rejetés par ce type d'industrie renferment du chrome et du cobalt ;
- Industries pétrochimiques : cette activité industrielle génère du mercure, du plomb, du cobalt, du cadmium et du manganèse ;
- Usines d'incinération de déchets : les métaux émis par ce type d'industrie sont le cuivre, le zinc, le plomb, le cadmium, le nickel et l'arsenic ;
- Extractions minières : elles sont source de zinc, de cuivre, de mercure, de plomb et d'arsenic qui proviennent des décharges des effluents des mines ;
- Fabrication de peintures : le mercure, le cuivre, le zinc, le cobalt et le manganèse ;
- Agriculture : certains fertilisants et herbicides utilisés dans ce secteur contiennent du zinc, du cuivre et du manganèse.

Le degré de toxicité des métaux traces est associé à plusieurs facteurs dont la nature de la combinaison chimique dans laquelle ils entrent ainsi qu'aux conditions physiques du milieu (pH, salinité, acidité) (**Guilizzoni, 1991**).

I.2.2.3. Danger des métaux lourds et le lien avec l'agroalimentaire

Les origines de contaminations par les métaux lourds sont multiples. Au niveau des légumes, les apports des métaux sont très variés : sol, engrais, produits phytosanitaires, boues résiduaires, irrigation, pollution urbaine ou industrielles, etc. l'absorption des métaux lourds par la plante, qui dépend déjà des caractéristiques du sol (pH, température, taux de matières organique, etc.), est différentes selon les légumes.

La répartition et l'accumulation de ces éléments dans la plante sont également différentes selon les organes (racines, tige, tubercules, feuilles et fruit) (**Drechsel, 2011**).

Le cadmium est placé sur la liste des métaux particulièrement préoccupants en raison de son niveau élevé de toxicité et de bioaccumulation dans les légumes (**De Villers, 2005**).

Le plomb pose un risque minimal à la chaîne alimentaire, pour le cuivre et le zinc théoriquement, la barrière sol-plante protège la chaîne alimentaire de ces éléments. Le danger apporté par ces métaux est lié à leur possibilité d'accumulation dans des organes comme le foie et le rein (**Goethberg, 2002**).

Pour prévenir les troubles sanitaires liés à la réutilisation des eaux usées traitées il existe des traitements, l'épuration des eaux usées avant de les rejeter dans les écosystèmes suivant plusieurs étapes (annexe I).

Chapitre II. Généralités sur la tomate *Lycopersicon esculentum*

La tomate est en réalité un fruit. On la mange crue, cuite, séchée au soleil ou en conserve ; elle entre dans la composition de nombreuses préparations, parmi lesquelles le jus, soupes, sauces, ketchups, chutneys et autres purées (Ursell, 2002).

II.1. Historique et origine de la tomate

La tomate du genre *Lycopersicon* est une plante cultivée dans le monde entier pour son fruit. Elle est originaires des régions Andines de côtières nord-ouest de l'Amérique du sud, dans une zone allant du Sud de la Colombie au Nord du Chili et de la cote Pacifique, aux contreforts des Andes (Equateur, Pérou) (Chaux et Foury, 1994).

Elle fut introduite en Europe au XVI^{ème} siècle par les Espagnoles avant même la pomme de terre et le tabac. Au début les Européens l'exploitèrent pour un usage purement ornemental et évitèrent sa consommation, à cause des liens de parenté botanique très étroits avec certaines espèces végétales connues comme plantes vénéneuses (Kolev, 1976).

En Algérie, ce sont les cultivateurs du Sud de l'Espagne (Tomateros), qui l'on introduite étant donné les conditions qui lui sont propices. Sa consommation est commencée dans la région d'Oran en 1905 puis, elle s'étendit vers le centre, notamment au littoral Algérois (Latigui, 1984).

II.2. Classification de la tomate

II.2.1. Classification botanique (Systématique)

La tomate dont l'appartenance à la famille des Solanacées avait été reconnue par les botanistes et classée par LINNE en 1753, comme *Solanum lycopersicon*. D'autres botanistes lui ont attribué différents noms: *Solanum lycopersicum*, *Solanum esculentum*, *Lycopersicon licopersicum*, c'est finalement *Lycopersicon esculentum* attribué par Philip Miller en 1754, qui a été retenue (Munroe et Small, 1997).

La systématique de la tomate selon **Cronquist (1981)** est la suivante :

Règne : Plantae

Sous règne : Trachenobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous classe : Asteridae

Ordre : Solonales

Famille : Solanaceae

Genre : *Solanum* ou *Lycopersicon*

Espèce : *Lycopersicon esculentum* Mill

II.2.2. Classification variétale selon le mode de croissance

Il existe de très nombreuses variétés cultivées de tomates. La sélection faite par les hommes a privilégié les plantes à gros fruits. On distingue cependant, plusieurs catégories de tomates qui sont classées selon leurs caractères botaniques, morphologiques et selon le mode de croissance de la plante (la formation des feuilles, inflorescences et bourgeons), qui déterminent l'aspect et le port que revêt le plant. Ainsi, la plupart des variétés ont un port dit indéterminé, à l'opposé des autres dites à port déterminé et des variétés buissonnantes (**Naika et al., 2005**).

◆ Variété à croissance indéterminée

Ces variétés sont plus nombreuses. Elles continuent de pousser et de produire des bouquets floraux, tant que les conditions sont favorables. Comme leur développement est exubérant, leur tige doit être attachée à un tuteur, sous peine de s'affaisser au sol. Il est également nécessaire de les tailler et les ébourgeonner régulièrement. Elles ont une production plus échelonnée et plus étalée. Elles sont plus productives en général que les tomates à port déterminé (**Polese, 2007**).

◆ Variété à croissance déterminée

Dans ce groupe et selon la variété, la tige émet 2 à 6 bouquets floraux, puis la croissance s'arrête naturellement (figure 01). Elle est caractérisée par l'absence de la dominance apicale. Ce type est destiné à l'industrie agro-alimentaire sous le nom de variété industrielle (**Laumonier, 1979**).

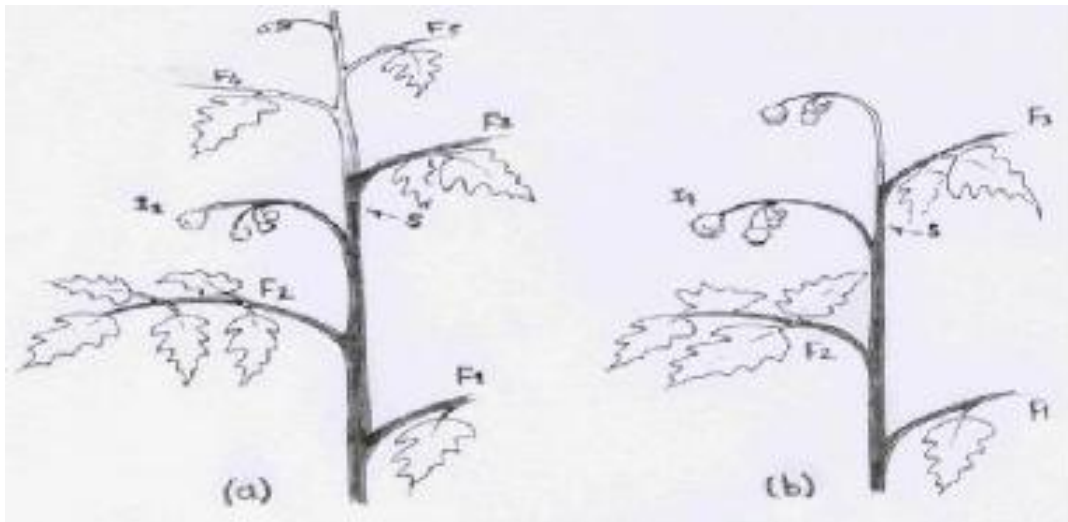


Figure 01 : Deux types de croissance selon **Atherton et Harris (1986)**: (a) indéterminée, (b) déterminée (F1 à F5) : Feuille 1 à 5, (I1) : Inflorescence, (S) : Sympode

II.3. Caractéristiques physiologiques de la tomate

De nombreux travaux ont été faits sur la tomate, ce qui nous a permis de connaître assez bien son cycle biologique, ses exigences ainsi que ses conditions de milieu, lui permettant un développement optimum et une bonne productivité (**Heller, 1981**).

II.3.1. Cycle biologique de la tomate

D'après **Gallais et Bannerot (1992)**, le cycle végétatif complet de la graine à la graine de tomate varie selon les variétés, l'époque et les conditions de culture; mais il s'étend généralement en moyenne de 3,5 à 4 mois du semis, jusqu'à la dernière récolte (7 à 8 semaines de la graine à la fleur et 7 à 9 semaines de la fleur au fruit). Le cycle comprend six phases qui sont les suivantes :

A. Germination

La germination est le stade de lever qui mène la graine jusqu'à la jeune plante capable de croître normalement (**Corbineau et Core, 2006**).

B. Croissance

La croissance c'est l'augmentation de dimension d'un végétal (**Laumonier, 1979**).

C. Floraison

A un certain moment de la croissance de la plante qui dure environ 1 mois, la tomate entre en parallèle avec la mise à fleur. Ces fleurs étaient auparavant des boutons floraux.

D. Pollinisation

La pollinisation nécessite l'intervention des agents extérieurs, le vent ou certains insectes comme le bourdon qui est capable de faire vibrer les anthères et de libérer le pollen (**Chaux et Foury, 1994**). La libération et la fixation du pollen reste sous la dépendance des facteurs climatiques.

E. Fructification et nouaison des fleurs

La nouaison est l'ensemble de gaméto-genèse, pollinisation, croissance du tube pollinique, la fécondation des ovules et le développement des fruits « fructification » (**Chaux et Foury, 1994**).

F. Maturation du fruit

La maturation du fruit se caractérise par grossissement du fruit, changement de couleur, du vert ou rouge (**Rey et Costes, 1965**).

II.4. Valeur nutritionnelle des fruits de tomate

La tomate largement consommée, joue un rôle bénéfique dans notre alimentation. Ce fruit contenant 93% à 95% d'eau, très pauvre en calories, ne fournit guère plus de 19K calories aux 100g, soit 63K Joules.

Elle est riche en carotène, elle fournit des quantités appréciables de vitamines C, ainsi que de la provitamine A et de nombreuses vitamines du groupe B. Ses minéraux sont abondants (notamment en potassium, magnésium et phosphore) (Tableau 02).

Tableau 02 : Valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de tomate (Favier et al., 2003)

Comportement de la tomate crue valeur nutritionnelle pour 100 g		
EAU		93.80
Valeur calorique		19.00 Kcal
Eléments énergétiques	Protéines	0.80 g
	Glucides	3.50 g
	Lipides	0.30 g
Vitamines	Provitamine A	0.00 mg
	Vitamine B1	0.06 mg
	Vitamine B2	0.05 mg
	Vitamine B6	0.00 mg
	Vitamine C	18.00 mg
	Vitamine PP	0.60 mg
Minéraux	Fer	0.40 mg
	Calcium	9.00 mg
	Magnésium	11.00 mg
	Phosphore	24.00 mg
	Potassium	226.00 mg
	Sodium	5.00 mg
	Soufre	11.00 mg
	Zinc	0.24 mg
	Chlore	40.00 mg
Fibres	1.20 g	
Cellulose	0.60	

II.5. Effets thérapeutiques de la tomate

Les tomates sont utilisées depuis longtemps en médecine orientale pour purifier le foie et pour leurs vertus « rafraichissantes ». Ces fruits au gout à la fois acide et sucré sont sensés agir sur les fluides de l'organisme, soulageant les sensations de sécheresse et de soif. Une bonne consommation de tomate est aussi réputée tonifier l'estomac et améliorer la digestion. On pense également qu'elles alcalinisent le sang, permettant ainsi de traiter goutte et rhumatisme (Ursell, 2002).

Cancer de la prostate : des recherches menées aux Etats-Unis ont tentées de mettre en évidence les relations entre le cancer de la prostate et la consommation de différents fruits et légumes. Parmi les 46 variétés étudiées, les tomates et leurs dérivés, comme la sauce tomate, ont été nettement associés à une réduction du risque de contracter ce cancer (Ursell, 2002).

Autres cancers : des études menées en Italie ont démontrées que les personnes consommant aux moins sept portions de tomates par semaine avaient un risque de développer des cancers de la langue, de l'œsophage, du colon et du rectum réduit d'environ 60%. Les tomates contiennent des acides coumarique et chlorogénique dont on pense qu'ils préviendraient la formation de substances potentiellement cancérigènes, les nitrosamines (Ursell, 2002).

Maladies cardio-vasculaires : des recherches menées en Europe ont démontré que les hommes ayant un fort taux de lycopène dans le sang présentaient deux fois moins de risque d'infarctus que les autres. Le lycopène des tomates semble protéger contre ce risque en désactivant les radicaux libres qui endommagent le LDL cholestérol. Lorsqu'il est abimé, ce dernier semble bloquer le flux sanguin, ce qui peut éventuellement mener à l'infarctus (Ursell, 2002).

II.6. Situation de la tomate dans le monde et en Algérie

La tomate est un produit de très grande consommation. Le marché mondial de la production de la tomate fraîche aurait dépassé en 2010 les 160 millions de tonnes. Selon les chiffres de la FAO, la chine venant en tête avec une production de 30 millions de tonnes (Brémaud et al., 2010).

En Algérie, l'étude statistique de l'année 2009 établie par le Ministère de l'Agriculture du Développement Rural, font état d'une superficie globale de tomate maraîchère cultivée de 21 320 ha, dont 186 200 ha pour la tomate maraîchère en plein champ et seulement 2 699 ha pour la tomate maraîchère sous serre. Ce rendement est de 6 459 904 quintaux, dont 4 460 371 quintaux pour la tomate maraîchère cultivée en plein champ et 1 999 533 quintaux pour la production de la tomate sous serres. Soulignons que les wilayas potentielles pour la production de la tomate sont Annaba, Skikda, El Taref et Guelma (**Chogar, 2011**).

I. Objectifs

Le but de ce travail est de déterminer la qualité sanitaire et toxicologique d'une culture maraichère ; la tomate *Lycopersicon esculentum* alimentée par trois types d'eaux : les eaux usées, les eaux épurées de la station de Baraki et les eaux de ville de Baraki. La culture maraichère a été cultivée et alimentée au sein de l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (I.N.R.A.A) sur une période de 06 mois du 18 Janvier 2015 jusqu'au 18 juin 2015. Ce travail est basé sur l'étude des paramètres physicochimiques, microbiologiques et dosage des métaux lourds pour l'eau et la tomate et sur une étude toxicologique. Cette dernière porte sur le dosage des contaminants tels que les pesticides (les organophosphorés et les N-méthyl carbamate).

II. Protocole expérimentale

L'étude a porté sur une variété hybride de tomate *Lycopersicon esculentum* : Dawcen qui a été achetée au niveau d'une pépinière -Route de Moretti BP 50 STAOUELI – ALGER.

a. Installation de l'essai : l'essai a été installé à l'**INRAA** (Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie), Division technologies agroalimentaire. Le semis a été réalisé le 18/01/2015 sous serre dans des pots en plastiques selon un dispositif en blocs aléatoire complet. Ce dispositif comprenant trois traitements :

- **T0 :** irrigation 60 pots avec une eau témoin (eau de ville)
- **T1:** irrigation 60 pots avec une eau usée brute
- **T2 :** irrigation 60 pots avec une eau traitée par la station d'épuration de Baraki



Figure 02 : Installation de l'essai de tomate *Lycopersicon esculentum* au niveau de l'INRAA

b. Conduite de l'essai

Les 180 pots (60 pour chaque type d'eau) ont été remplis d'abord par une couche de gravier, puis d'un mélange composé de sable, sol et de tourbe dont les proportions suivantes 1-2-1 respectivement (figure 03).



-a-



- b-



-c-



-d-

Figure 03 : Etapes de plantation **a)** pot en plastique vide, **b)** pot avec une couche de gravier, **c)** pot remplie de terre sable et tourbe, **d)** plant de la tomate Planter dans le pot

c. Système d'arrosage

Suivant les 3 phases physiologiques correspondant à des besoins en eau différents, Le système d'arrosage a été établi comme suit :

- **De la plantation à la 1ère floraison** (Janvier, Février et Mars) : phase de croissance lente, les besoins en eau sont peu élevés. Un arrosage de deux fois par semaine à raison de 500 ml/pot.
- **De la floraison à la maturation** (Avril et Mai) : phase de croissance rapide, les besoins en eau sont élevés. Un arrosage de jour par jour à raison de 1 à 1.5 L/pot.
- **En fin de récolte** (Juin) : phase de vieillissement, les besoins en eau sont réduits. L'arrosage a été effectué 2 fois par semaine avec une dose de 800 ml/pot jusqu'à la dernière récolte (18 Juin 2015).

III. Site d'échantillonnage

Le choix d'étude a été porté sur la station d'épuration de Baraki qui est de type boue activée avec une capacité nominale de 900 000 équivalent habitant, et un débit moyen journalier d'environ 140 000 m³/j (**Amrani et Lounes, 2012**). Les eaux usées reçues dans cette station sont d'origine urbaines (égouts), industrielles (production pharmaceutique SAIDAL, centrale électrique de Sonelgaz, etc.) et domestique de l'agglomération des communes environnantes (El-Harrach, Birtouta, Bab Ezzouar, Baba Ali, Oued Samar, Hussein dey et Dar El-Beida). Les eaux usées traitées de cette station d'épuration sont acheminées vers l'oued El-Harrach qui se déverse au centre de la baie d'Alger.

IV. Echantillonnage

IV.1. Eau

L'échantillonnage des eaux a été effectué du 30 Avril au 07 Juin 2015 à raison d'un prélèvement par semaine (tableau 03). Les échantillons sont prélevés manuellement à l'aide d'une tige dans des bouteilles en polyéthylène pour des analyses physico-chimiques qui sont effectuées au sein du laboratoire de la Step de Baraki) et dosage des métaux lourds au niveau de laboratoire central de l'Office National d'Assainissement (ONA). Un autre échantillon a été effectué dans des flacons stériles pour des analyses microbiologiques qui ont été effectuées au niveau de laboratoire d'établissement d'hygiène urbaine de la wilaya d'Alger-Bab EL Oued (H.U.R.B.A.L.). Tous les échantillons ont été conservés immédiatement dans une glacière avec une réserve de froid suffisante pour garder une température inférieure à 4°C jusqu'à l'arrivée au laboratoire.

Trois points de prélèvement ont été choisis à savoir :

- Premier point : l'eau brute n'ayant subi aucun traitement (EB)
- Deuxième point : l'eau traitée qui sort du clarificateur de la Step de Baraki (ET)
- Troisième point : l'eau de ville de Baraki (EV)

Tableau 03 : Echantillonnage des trois types d'eaux

	Etude microbiologiques			Etude physicochimiques			Dosage des métaux lourds		
	EB	ET	EV	EB	ET	EV	EB	ET	EV
Quantités par prélèvement	1L	1L	1L	1L	1L	1L	500 ml	500 ml	500 ml
Nombre d'analyse	05	05	05	22	22	02	03	03	03

IV.2. Tomate

L'échantillonnage des tomates a été réalisé du 18 Mai au 18 juin 2015 à raison d'une récolte par semaine (tableau 04). La récolte s'est effectuée deux jours après l'appréciation du stade de maturation du fruit. Cinq récoltes différentes ont été effectuées sur chaque traitement (pour les trois types d'eau) à une semaine d'intervalle. Pour chaque récolte, dix fruits ont été prélevés pour les accessions produisant des petits et gros fruits. Les tomates sont immédiatement mises dans des sachets stériles et transportées au laboratoire d'analyse microbiologiques HURBAL, INRAA pour le dosage des pesticides dans une glacière à la température de 4°C (figure 04).

Tableau 04 : Echantillonnage des tomates

	Etude microbiologiques	Dosage des pesticides
Nombre d'échantillon	10 fruits/analyse	10 fruits/analyse
Nombre d'analyse	04	01



Figure 04 : Echantillonnage et transport des tomates

V. Méthodes d'analyses

L'évaluation de la qualité des trois types d'eaux, et le contrôle de la qualité sanitaire de la tomate ont été effectuées par le biais d'un ensemble de paramètres physicochimiques, microbiologiques et toxicologiques (tableau 05).

Tableau 05 : Différents paramètres effectués pour l'analyse des trois types d'eaux et les tomates.

Echantillons Paramètres	Eaux (EV, EB, ET)	Tomates
Paramètres Microbiologiques	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Les germes de contamination coliformes totaux ; coliformes fécaux ; <i>Escherichia coli</i>, Streptocoques fécaux ; ➤ les germes pathogènes. Salmonelles, Vibrions, Staphylocoques 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ les germes de contamination flore mésophiles aérobies à 30°C (flore totale), <i>Escherichia coli</i>. ➤ les germes pathogènes. Salmonelles, Staphylocoques ➤ la flore fongique Levure et moisissure
Paramètres Physico-chimiques	<ul style="list-style-type: none"> • Demande chimique en oxygène (DCO) • Demande biologique en oxygène (DBO) • Matières en suspension (MES) • Conductivité électrique (CE) • Potentiel d'hydrogène (pH) • Température (T°) 	/
Paramètres Toxicologiques	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Les métaux lourds <ul style="list-style-type: none"> • Cadmium • Cobalt • Cuivre • Fer • Nickel • Plomb • Zinc 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ les pesticides <ul style="list-style-type: none"> • Les organophosphorés (OP) • Les N-méthyl carbamate (CM)

V.1. Etude des paramètres physico-chimiques de l'eau

V.1.1. Température et pH (NF T90-008)

◆ Principe

C'est une mesure de la différence de potentiel existant entre un électrode de référence plongeant dans une même solution.

◆ Mode opératoire

- Allumer le pH-mètre puis rincer les 2 électrodes avec l'eau distillée ;
- Etalonner l'appareil au moyen de deux solutions tampon de pH connu et de préférence située de part et d'autre à mesurer. L'étalonnage se fait sur place juste avant la mesure ;
- Prendre environ 100ml d'eau à analyser et faire la correction de la température ;
- Tremper l'électrode avec les précautions habituelles dans le bécher, laisser stabiliser un moment, puis noter le résultat. L'appareil donne la valeur de la température exprimée en degré Celsius (°C) ainsi que la valeur du pH.

IV.1.2. Conductivité électrique (NF T90-031)

◆ Principe

La conductivité électrique est une mesure du courant conduit par les ions présents dans l'eau (phénomène conducteur dépend de la concentration et de la nature des ions, de la température et de la viscosité de la solution). La détermination directe se fait grâce à un instrument approprié de la conductivité électrique de solution aqueuse.

◆ Mode opératoire

- Allumer le conductimètre puis rincer les deux électrodes avec l'eau distillée ;
- Plonger la sonde dans le bécher contenant l'eau à analyser ;
- Régler la température puis appuyer sur la touche (COND) pour mesurer la conductivité ;
- Lecture finale se fait lorsque la valeur devient stable, la conductivité électrique est exprimée en siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{Cm}$).

V.1.3. Matières en suspension (MES) (NFT 90-105)

La détermination des matières en suspensions est réalisée par la méthode de filtration.

◆ Mode opératoire

On utilise cette méthode pour l'eau traitée car elle est de faible charge.

- Sécher les papiers filtres MES dans une étuve à 105°C ;
- Laisser refroidir en dessiccateur et on pèse ;
- Placer le filtre dans l'équipement de filtration et mettre en marche le dispositif d'aspiration ;
- Verser ensuite progressivement un volume bien déterminé d'eau à analyser (200ml) sur le filtre ;
- Sécher le filtre à 105 °C, jusqu'à une masse constante.

◆ Expression des résultats

La teneur en milligrammes de matière en suspension (MES) est donnée par l'expression :

$$\text{MES (mg/l)} = \frac{M_1 - M_0}{V}$$

V : volume en millimètres d'eau traitée (prise d'essai).

M₀ : masse en milligrammes du disque filtrant avant utilisation (filtre vide).

M₁ : masse en milligrammes du disque filtrant après utilisation.

IV.1.4.Demande chimique en oxygène (DCO) (ISO 6060)

◆ Principe

Les matières contenues dans l'eau sont oxydées par un excès de dichromate de potassium, en milieu acide et en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de fer et d'ammonium.

◆ Mode opératoire

- Transvaser 10ml de l'échantillon à analyser, diluer si nécessaire dans un tube à DCO mètre (le volume totale est toujours de 10 ml) ;
- Mettre 10 ml d'eau distillée dans un tube à DCO mètre : le blanc (effectuer 2 essais à blanc) ;
- Mettre 10 ml d'hydrogénéphthalate de potassium dans un tube à DCO mètre (c'est le témoin) ;
- Ajouter pour chaque tube 5ml de dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) et quelques billes en verre (régulateur d'ébullition) et agiter soigneusement.

- Ajouter lentement 15 ml d'acide sulfurique-sulfate d'argent sous hotte ;
- Mettre le DCO en marche à une température 150°C pendant 120 minutes ;
- Une fois les 120 minutes entamées, éteindre le DCO mètre et les tubes refroidir ;
- Diluer le contenu de chaque tube dans une éprouvette de 100 ml à environ 75ml ;
- Mettre 1 à 2 gouttes de l'indicateur ferroïne, et tirer avec la solution sulfate de fer et d'ammonium (sel de Mohr), la coloration passe du vert au rouge violacé.

◆ Expression des résultats

La DCO, exprimée en milligrammes par litre, est donnée par la formule :

$$\text{DCO (mg/l)} = \frac{8000 \times C(V_1 - V_2)}{V_0}$$

C : la concentration en quantité de matière, exprimée en mole par litre, de la solution de sulfate de fer et d'ammonium.

V₀ : le volume en millilitres, de la prise d'essai avant dilution (s'il y a lieu).

V₁ : le volume en millilitres de la solution de sulfate de fer et d'ammonium utilisé pour l'essai à blanc.

V₂ : le volume en millilitres de la solution de sulfate de fer et d'ammonium utilisé pour l'échantillon.

8000 : c'est la masse molaire en milligrammes par mole de 1/2 O₂.

V.1.5.Demande biologique en oxygène (DBO₅) (ISO 5815)

◆ Principe

Les micro-organismes présents dans un échantillon d'eau qui contient la matière organique biodégradable, consommant l'oxygène et produisent une quantité équivalente en anhydride carbonique (CO₂), si on travaille dans une installation fermée et que l'on utilise une matière alcaline (KOH par exemple) pour piéger le CO₂, on aura une diminution progressive de la pression du gaz, qui est par la suite mesurée avec une élévation de niveau de mercure.

◆ Mode opératoire

- Choisir le volume de l'échantillon qui correspond à la gamme de mesure adéquat
- Verser le volume d'échantillon dans le flacon DBO ;

- Ajouter de la soude pour absorber le CO₂ formé ;
- Ajouter un barreau magnétique pour assurer l'agitation et insérer le flacon dans un incubateur de DBO ; et mettre une étiquette sur chaque bouteille contenant la date de prélèvement ;
- Mettre le DBO en marche à 20°C pendant 5 jours.

◆ Expression des résultats

La lecture est effectuée après 5 jours d'incubation à 20°C. On calcule la concentration en DBO par la formule suivante :

$$[\text{DBO5}] \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) = V \times f$$

V : la valeur indiquée après 5 jours sur l'afficheur du flacon DBO

f : le facteur qui correspond aux volumes de l'échantillon choisie.

V.2. Etude des paramètres microbiologiques

Nous avons effectué l'étude des paramètres bactériologiques pour les trois types d'eaux par la méthode de filtration sur membrane. Concernant la tomate nous avons réalisé la méthode de nombre le plus probable (NPP) pour la recherche des germes de contamination et dénombrement direct sur gélose pour la recherche des germes pathogènes et la flore fongique.

V.2.1. Etude des paramètres bactériologiques de l'eau

Durant notre étude, les analyses bactériologiques des eaux ont été effectuées par la méthode filtration sur membrane en esters de cellulose, de porosité 0,22 µm ou 0,45 µm, susceptibles de retenir les bactéries.

Technique de la filtration sur membrane

- ◆ Flamber la face supérieure (plaque poreuse) de l'appareil. Fermer le robinet du support et mettre en marche la pompe à vide ;
- ◆ Prélever une membrane stérile en la saisissant par son bord extérieur, avec une pince flambée et refroidie ; la déposer sur la plaque poreuse ;
- ◆ L'entonnoir-réservoir flambé et refroidi est placé au-dessus de la membrane ;
- ◆ Agiter soigneusement le flacon d'eau à analyser et verser l'eau, stérilement, dans le réservoir jusqu'au repère (100 ml) ;

- ◆ Ouvrir le robinet du support suffisamment pour laisser l'eau s'écouler lentement sous l'action du vide. Si le contenu du réservoir correspond à la prise d'essai nécessaire, fermer le robinet à ce moment-là, remplir à nouveau le réservoir avec de l'eau à analyser, et rincer lorsque tout l'échantillon a été filtré ;
- ◆ Dès que la membrane paraît sèche, fermer le robinet, enlever le dispositif de fixation et, avec la pince à creuset, le réservoir ;
- ◆ Prélever la membrane avec une pince flambée en la saisissant par son extrême bord, et l'introduire sur le milieu de culture choisi.

V.2.1.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux (NF EN ISO 9308-1)

◆ Mode opératoire

Première étape : test de présomption

Elle conduit à un dénombrement présomptif des coliformes totaux et fécaux.

- Filtrer sur deux membranes différentes, dans les conditions précisées antérieurement, deux prises d'essai de l'eau à analyser soigneusement homogénéisée par agitation (les prises d'essai ne devant pas être inférieures à 20 ml, dilué si nécessaire);
- Placer chacune des deux membranes sur une boîte de gélose lactosé au TTC au Tergitol;
- Mettre ces boîtes à incuber durant 24 heures l'une à 37 °C pour les coliformes totaux, l'autre à 44 ($\pm 0,5$ °C) pour les coliformes fécaux.

◆ Lecture

Les colonies sont de petites tailles lisses légèrement bombées à contour réguliers et pigmenté en jaune orange.

Deuxième étape : test de confirmation

Les colonies caractéristiques sont isolées pour pratiquer des tests simples confirmatifs sur un bouillon tryptophane et test d'oxydase.

Impérativement repiquage sur les milieux confirmatifs liquides :

- a) Bouillon lactosé bilié au vert brillant à cloche, incubé à 37 °C ; l'existence d'un virage au jaune et de gaz dans la cloche correspond à une réaction positive pour la présence de coliformes.

b) Même milieu, incubé à 44 °C ; une réaction positive correspond à la présence de coliformes fécaux.

Recherche de l'oxydase : Prélever à l'aide d'une pipette Pasteur un peu d'une colonie choisie et l'étaler sur un papier filtre imprégné de quelques gouttes de solution à 1 % de chlorhydrate de tétra-méthyl-paraphénylènediamine préparée extemporanément.

Lecture : En présence d'oxydase, une coloration violet-brun apparaît immédiatement.

V.2.1.2. Recherche d'*Escherichia coli* (NF EN ISO 9308-1)

◆ Mode opératoire

- Prélever quelques gouttes à partir des tubes de tryptophane contenant un virage de couleur vers le jaune plus dégagement de gaz dans la cloche de Durham ;
- Transférer les dans milieu Schubert, une incubation à 44°C pendant 24h.

◆ Lecture

L'existence de pousse bactérienne, de gaz dans la cloche (fermentation du mannitol avec gaz) et une coloration rouge après addition de réactif de Kowacs, correspondent à une réaction positive pour la présence d'*Escherichia coli* présumés.

V.2.1.3. Recherche et dénombrement des Entérocoques (NF ISO 7899-2)

◆ Principe

Après filtration sur membrane de cellulose, celle-ci est appliquée sur un support nutritif contenant des substances inhibitrices qui laissent se développer préférentiellement les colonies des entérocoques.

◆ Mode opératoire

- Filtrer 100ml selon les indications données ci-dessus ;
- Placer la membrane sur une boîte de milieu de Slanetz et Bartley ;
- incuber pendant 48 heures à 37 °C.

◆ Lecture

Compter alors toutes les colonies rouges, violettes ou roses visibles sur la boîte.

Il est cependant possible d'obtenir une confirmation rapide en déposant une goutte de solution de peroxyde d'hydrogène à 3 % sur les colonies suspectes (test de catalase). Si celles-ci contenaient une catalase, des bulles de gaz se dégageraient spontanément.

Elles ne pourraient alors être considérées comme étant des colonies de streptocoques du groupe D présumés (la cause d'erreur la plus fréquente provient des staphylocoques qui sont à catalase +).

Il est possible, pour plus de précision, de repiquer les colonies suspectes (Ou de transférer la membrane) sur milieu BEA (Bile Esculine Agar). Lecture après quelques heures du halo noir.

V.2.1.4. Recherche des Salmonelles (NF EN ISO 6579/A1)

◆ Mode opératoire

Pré enrichissement

- Un volume de 100ml d'eau usée a été filtré, à l'aide d'une pince stérile, le filtre a été introduit dans un bouillon (eau peptonnée tamponnée), l'incubation se fait à 37°C pendant 24h (ISO 6579).

◆ Lecture

Présence de trouble dans l'eau peptonnée tamponnée.

Enrichissement

- Enrichissement sélectif est un transfert du pré enrichissement sur milieu sélectif différent, 0,1ml dans un tube contenant 10ml de milieu, et 1ml dans un tube contenant 10ml de bouillon sélénite acide de sodium et cystine (bouillon SFB) additionné à un disque SFB, incubé à 37°C pendant 24h.
- Un isolement sélectifs a été réalisé sur gélose Hektoen et incubé à 37°C pendant 24h. Lecture après 18 à 24h d'incubation, sur gélose Hektoen les colonies apparaissent avec un centre noir et un halo vert. Les colonies caractéristiques de chaque milieu gélosé positive sont repiquées sur milieu TSI en tube puis incubées à 37°C pendant 24h.

◆ Lecture

TSI suspecté avec un culot jaune, pente rouge, avec ou sans dégagement de gaz et H₂S. Un repiquage a été fait sur un tube contenant de l'urée et isolement sur un autre TSI incubé à 37°C pendant 24h pour des tests d'identification. Tout type de colonies dont l'aspect est caractéristique ou douteux doit être soumis à une confirmation.

- repiquer les colonies caractéristiques (au moins cinq) de chaque milieu gélosé positif sur un milieu gélosé TSI en tube, puis incubation à 37°C pendant 24h ;

- Si TSI suspect (culot jaune et pente rouge avec dégagement de gaz et/ou H_2S^{\pm}). faire un repiquage sur un tube contenant l'urée et l'isolement sur un autre TSI, incubation à $37^{\circ}C$ pendant 24h ;
- procédé à un ensemencement d'une galerie biochimique de type API 20E à incuber à $37^{\circ}C$ pendant 24h.

V.2.1.5. Recherche des Staphylocoques (NF T 90421)

◆ Principe

Après concentration des échantillons par filtration sur membrane, celle-ci est déposée sur un milieu sélectif pour bactéries tolérant de hautes concentrations en NaCl, tel le milieu de Chapman au mannitol. Les colonies présentant l'aspect de *Staphylococcus aureus* sont soumises alors aux essais de «pathogénicité», coagulase et éventuellement désoxyribonucléase et phosphatase.

◆ Mode opératoire

- Après filtration de la prise d'essai, appliquer la membrane sur la gélose chapman ;
- Incuber à $37^{\circ}C$ durant 24 h à 48 heures. Les souches de *Staphylococcus aureus* sont de taille importante et élaborent leur propre pigment ; elles apparaissent en jaune, surmontant une zone jaune du milieu sous la membrane, par suite de la fermentation du mannitol. Les colonies suspectes sont confirmées par un test de catalase qui doit être positif.

Test de catalase

Technique : Déposer sur lame une goutte d'eau oxygénée à 10 volume et émulsionner un peu de la colonie suspectée ou de la culture obtenue sur gélose.

◆ Lecture

Le dégagement des bulles de gaz indique la présence de la catalase, le test est catalase positive, absence de dégagement de bulles de gaz, le test est catalase négatif.

V.2.1.6. Recherche des Vibrions (ISO /TS 21872-1) (NF ISO 7218)

Enrichissement primaire : Un volume de 450ml d'eau à analyser estensemencé dans un flacon contenant le milieu eau peptonée alcaline 10 fois concentré, l'incubation se fait à 37°C pendant 24h.

Enrichissement secondaire : A partir de l'enrichissement primaire, nous avons procédé comme suit d'une part à l'enrichissement secondaire sur milieu EPA en tube à raison de 1ml, d'autre part à l'isolement sur gélose GNAB le tout est incubé à 37°C pendant 24h. La boîte de gélose GNAB a fait l'objet d'une lecture en recherchant les colonies caractéristiques grosses colonies transparentes.

V.2.2. Etude des paramètres microbiologique de la tomate

Préparation des dilutions : 25 g de chaque échantillon sont transférés dans un sachet stomacher et sont mélangés avec 225 ml d'eau peptonée stérile TSE (Tryptone Sel Eau) constituant la suspension mère (SM). Le prélèvement des échantillons est effectué avec du matériel stérile et dans des conditions aseptiques.

Cette suspension constitue alors la dilution mère (DM) qui correspond donc à la dilution 10^{-1} . Introduire ensuite aseptiquement à l'aide d'une pipette en verre graduée et stérile 1ml de la SM, dans un tube à vis stérile contenant au préalable 9 ml du même diluant : c'est la dilution 10^{-2} . 1ml de la dilution (10^{-2}) est introduit dans un tube à vis stérile contenant au préalable 9 ml du même diluant : c'est la dilution 10^{-3} .

V.2.2.1.Recherche et dénombrement de la flore aérobies mésophiles à 30°C (flore totale) (ISO 4833-2)

◆ Mode opératoire

A partir des dilutions décimales allant de 10^{-3} à 10^{-1} , porter aseptiquement 1 ml dans trois boîtes de Pétri (pour chaque dilution) vide préparée à cet usage et numérotée. Compléter ensuite avec environ 20 ml de gélose PCA (Plate Count Agar) fondue puis refroidie à $45\pm 1^\circ\text{C}$.

Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose utilisée. Laisser solidifier sur pailleasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose ou de gélose blanche. Cette double

couche a un rôle protecteur contre les contaminations diverses. Les boîtes seront incubées couvercle en bas à 30°C pendant 72 h. la lecture se fait caque 24h pendant 3jours.

◆ Lecture

Les colonies des germes aérobies mésophiles totaux se présentent sous forme lenticulaire en masse. Il s'agit de compter toutes les colonies ayant poussé sur les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies.

V.2.2.2.Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux (NF ISO 4832)

La recherche et le dénombrement des coliformes est faite en milieu liquide par la technique du NPP (Nombre le Plus Probable) par la série de trois tubes.

◆ Mode opératoire

Cette technique fait appel à deux tests consécutifs à savoir : le test de présomption : réservé à la recherche des Coliformes totaux et le test de confirmation : appelé encore test de Mac Kenzie et réservé à la recherche des Coliformes fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

Test de présomption

Préparer dans un portoir une série de tubes contenant le milieu sélectif (VBL) à raison de trois tubes par dilution (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}).

A partir des dilutions décimales, porter aseptiquement 1 ml dans chacun des trois tubes correspondant à une dilution donnée. Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

• Lecture

Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- un dégagement gazeux (supérieur au 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).

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites. La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady.

Test de confirmation (Mac Kenzie)

Les tubes de VBL trouvés positifs lors du dénombrement des Coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans à la fois sur un tube de VBL muni d'une cloche, et sur un tube d'eau peptonée exempte d'indole.

Chasser le gaz présent éventuellement dans les Cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait cette fois-ci au bain marie à 44°C pendant 24 heures.

- **Lecture**

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

- un dégagement gazeux dans les tubes de VBL,
- un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par Escherichia Coli après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kowacs dans le tube d'eau peptonée exempte d'indole.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table de Mac Grady en tenant compte du fait qu'Escherichia Coli est à la fois productrice de gaz et d'indole à 44°C.

Etant donné que les Coliformes fécaux font partie des Coliformes totaux, il est pratiquement impossible de trouver plus de Coliformes fécaux que de Coliformes totaux.

V.2.2.3. Recherche des Staphylocoques (NFT 90-421)

- ◆ **Mode opératoire**

Préparation du milieu d'enrichissement

- Au moment de l'emploi, ouvrir aseptiquement le flacon contenant le milieu de Giolitti Cantoni pour y ajouter 15ml d'une solution de Tellurite de Potassium ;
- Mélange soigné : le milieu alors est prêt à l'emploi ;
- Ajouter aseptiquement à l'aide d'une pipette graduée 1 ml de la suspension mère et les dilutions décimales dans chaque tube correspondants. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.
- **Lecture 1**

Seront présumés positifs les tubes ayant virés au noir.

Pour s'assurer qu'il s'agit bien d'un développement de *Staphylococcus aureus*, ces tubes feront l'objet d'une confirmation par isolement sur gélose Chapman préalablement fondue, coulée en boîtes de pétri et bien séchée. Lecture Les boîtes de Chapman ainsiensemencées seront incubées à leurs tours à 37°C pendant 24 heures.

- **Lecture 2**

Après ce délai, repérer les colonies suspectes à savoir les colonies de taille moyenne, lisses, brillantes, pigmentées en jaune. Pour s'assurer qu'il s'agit bien de colonies de *Staphylococcus aureus*, effectuer sur 2 à 3 colonies de chaque boîte des tests biochimiques (catalase et coagulase).

V.2.2.4. Recherche et dénombrement des Levures et Moisissures (NF V0-059)

La recherche des levures et moisissures a été réalisées sur gélose OGA ou Sabouraud au Chloramphénicol, ce milieu permet la croissance des levures et moisissures en inhibant le développement des bactéries.

- **Mode opératoire**

A partir des dilutions décimales, 10^{-3} à 10^{-1} , porter aseptiquement 4 gouttes dans une boîte de pétri contenant de la gélose OGA ou Sabouraud au Chloramphénicol, Etaler les gouttes à l'aide d'un râteau stérile, puis incubé à 22°C pendant 5 jours.

Opérer de la même façon et dans les mêmes conditions, avec le diluant (TSE) et une autre boîte du milieu utilisé à savoir OGA ou Sabouraud, c'est-à-dire qu'il faut prendre quatre gouttes du diluant, les étaler avec un râteau à part et les incubé dans le même endroit que les boîtes tests, ces deux boîtes constituent le témoin diluant et le témoin du milieu. Dans le souci de ne pas se trouver en face de boîtes envahies soit par les Levures soit par les Moisissures, on doit effectuer des lectures et des dénombrements tous les jours, levures sont des colonies lisses à bordures régulières et les moisissures sont des colonies filamenteuses et cotonneuses.

- **Interprétation des résultats**

Calculer le nombre de colonies à l'aide de la formule ci-dessous :

$$N \text{ UFC/ ml} = \text{nombre de colonies} \times 5 \times \frac{1}{\text{dilution}}$$

Trois répétitions ont été réalisées pour chaque dilution (10^{-1} , 10^{-2} et 10^{-3}) pour tous les paramètres microbiologiques.

V.3. Etude des paramètres toxicologiques

V.3.1. Dosage des métaux lourds dans l'eau

La méthode de dosage utilisée dans cette étude est la Spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme (SAA).

La Spectrométrie d'Absorption Atomique (SAA)

La spectrométrie d'absorption atomique est une technique d'analyse quantitative fondée sur le phénomène d'absorption de radiations lumineuses par des atomes libres. Elle est largement appliquée et recommandée pour l'analyse des métaux traces (Aiea, 2001). Elle permet la détection de faibles teneurs en métaux éléments et éléments minéraux en solution.

Principe

Au cours des analyses de Spectrophotométrie d'Absorption Atomique, une solution contenant des éléments métalliques est introduite dans le brûleur de l'appareil, celle-ci est convertie dans une flamme air-acétylène et un atomiseur électrothermique sous forme de vapeur constituée d'atomes libres.

Une source lumineuse émise d'une lampe à cathode creuse faite du métal à analyser est dirigée à travers la vapeur ; les atomes de l'échantillon dispersés dans la vapeur absorbent une partie de la radiation, ce qui entraînera une diminution de cette dernière (FAO, 1977).

Cette absorption se fera à une longueur d'onde spécifique aux atomes formés (au métal considéré), elle est dite densité optique (DO) et est liée à la concentration de l'élément considéré. Cette relation émanant de la loi générale de la spectrophotométrie est la loi de BEER- LAMBERT.

Nous avons dosé les sept éléments métalliques (Co, Cu, Fe, Pb, Ni et Zn) (FD T90-1) et le cadmium (Cd) (ISO 5961) par spectrométrie d'absorption atomique dans les flammes de type A 400 PERKIN ELMER.

◆ Mode opératoire

A la réception, l'échantillon d'eau est filtré sur papier filtre plissé ou sur une membrane filtrante de 0,45 µm, si on va doser la concentration des métaux dissous. Le filtrage est fixé avec l'acide nitrique jusqu'à un pH < 2 à peu près 0.5 ml / 100 ml d'échantillon.

Etablissement des courbes d'étalonnages :

Préparations des solutions étalons des éléments à doser dans leur domaine linéaire.

- Sept étalons en mg/l sont préparés à partir de la solution étalon de travail de 100 mg/l sur chaque élément à doser.
- Préparation des solutions étalons du Cd dans un intervalle linéaire (324,7 nm linéaire de 0 à 5 mg/l).

Mesure :

- Faire passer la solution à analyser jusqu'à enregistrement des résultats ;
- Diluer la solution lorsque la teneur de l'élément à doser est trop élevée ;
- Rincer avec de l'acide nitrique 0,03 mol / l à chaque passage d'échantillon ;
- Après avoir terminé le passage des échantillons, rincer l'ensemble capillaire-Bruleur avec de l'eau distillée.

◆ Expression des résultats

La concentration des éléments analysés dans un échantillon d'eau est exprimée en milligramme par litre à partir de leurs courbes d'étalonnage en tenant compte du facteur de dilution.

$$[\text{ML}] \text{ mg / l} = \frac{\text{CML} \times \text{V}_m}{\text{V}_s} \times \text{F}$$

F: facteur de dilution

V_m : volume de fiole jaugée en ml (100 ml)

V_s : volume de l'échantillon à analyser en ml

CML : concentration du métal exprimée en mg/l obtenus par la courbe d'étalonnage. Avec

ML : (Cd, Co, Cu, Fe, Pb, Ni et Zn)

V.3.2. Dosage des Pesticides dans les tomates

Le dosage des pesticides dans cette étude a été réalisé par la technique de RRA (Radio Recepteur Assay) Charm2 CideLite Système de charme2 (6000, 6600 et 7600).

Le kit Charm 2 Cide Lite pour analyse des pesticides dans les fruits et légumes et Jus est un diagnostic rapide pour la détection des insecticides N-méthyl carbamate (CM) et des organophosphorés (OP). Ce test consiste en une seule analyse qui permet de détecter des niveaux cumulatifs de tous les insecticides (CM) et (OP) ainsi que leurs métabolites. Les échantillons de fruits et légumes et des jus requiert une procédure d'extraction simple.

Principe

Le test Charm 2 pour les pesticides utilise des réactions Enzymes /récepteurs spécifiques sensibles à la présence des insecticides (CM) et (OP). La bio-activité résiduelle est mesurée dans l'analyseur Charm 2. Les Echantillons négatifs donnent des lectures élevées qui résultent de leur activité, quand les échantillons donnent des lectures basses ceci indique la présence d'insecticides de (CM) et de (OP).

Mode opératoire


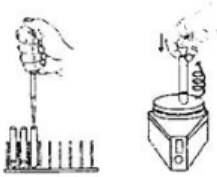
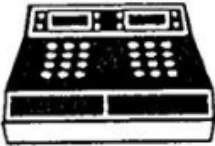
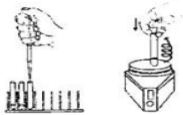
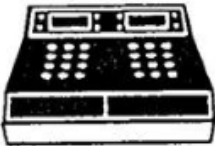
Préparation des réactifs

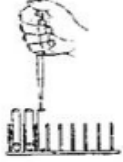
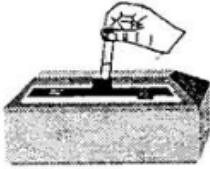
- Le Contrôle zéro : Utiliser le sulfate de sodium comme étant le zéro contrôle.
- Le standard contrôle positif : Les pastilles des contrôles positifs contiennent 100 ng de Carbaryl. Pour préparer le standard control positif : ajouter une pastille de control positif à 2ml du Zéro control (sulfate de sodium) dans un tube à essai mélanger et laisser le solide se déposer.
- Solution de Sulfate de Sodium : Pour préparer la solution de sulfate de sodium, dissoudre 200g de sulfate de sodium dans 1000 ml d'eau distillée exempt de pesticides (bi distillée) à 30°C tout en remuant (agitateur) Solvant
- Le solvant est 5% d'Acétone dans de l'éthyle acétate. : Pour préparer ce solvant, ajouter 5 ml d'acétone à 95 ml d'éthyle acétate, bien mélanger et mettre dans un distributeur en verre de 2 ml.

Tableau 06 : Extraction de l'échantillon (tomate) pour le dosage des pesticides par RRA

Note : L'étape 3 doit être effectuée sous Hotte chimique.	
Etape 1	Pour des fruits frais/légumes : mixer 50.0 ±0,1Gr avec 100ml de solution de sulfate de sodium à haute vitesse pendant 20 à 30 secondes.
Etape 2	<p>-Préparer les tubes à essais et les libeller au marqueur, un pour chaque échantillon. Jusqu'à 6 échantillons (ou bien 5 échantillons et un contrôle positif) peuvent être analysés en un seul passage avec un contrôle positif.</p> <p>-Libeller un tube à essai [0] pour le zéro control.</p> <p>-Mesurer 2,0 ml de l'échantillon de l'étape 1 dans les tubes à essais libellés. Dans le tube à essai libellé [0], ajouter 2,0 ml de la solution de Sulfate de Sodium.</p>
Etape 3	<p>-Sous hotte à fumée, utiliser le distributeur pour solvant et ajouter 2,0 ml de solvant à chaque tube à essais.</p> <p>-Bien fermer avec des bouchons et bien agiter en inversant les tubes 10 fois.</p> <p>-Centrifuger pour 2 minutes à 1200 ±200g.</p>
Etape 4	<p>-Libeller un second set de tubes à essais propres pour les échantillons et le zéro contrôle.</p> <p>-Après la centrifugation, prélever 100µl de l'extrait clair de la partie supérieure du solvant, et l'ajouter aux tubes propres.</p> <p>-Répéter pour chaque échantillon et pour le zéro contrôle, utiliser des cônes de pipettes propres pour chaque échantillon.</p>
Etape 5	-Sécher les extraits dans un incubateur 45±1°C, sous un flux de nitrogène ou d'air jusqu'à ce qu'ils soient complètement secs.
Etape 6	<p>-Ajouter 1,0 ml d'eau déionisée ou distillée à chaque échantillon sec.</p> <p>-Bien mélanger avec vortex.</p>

Tableau 07: Procédure de Charm 2 du dosage des pesticides

<p>Etape 1</p> 	<p>Libeller les tubes à essais pour chaque extrait (voir extraction d'échantillon)</p> <p>Utiliser un cône de pipette propre pour chaque échantillon, ajouter 100µl de l'échantillon ou du contrôle (de l'étape 6 de l'extraction de l'échantillon) aux tubes libellés correspondants.</p> <p>Ajouter les réactifs aux tubes à essais dans le même ordre durant l'analyse.</p>
<p>Etape 2</p> 	<p>Préparation du Réactif, solution W :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dans un micro tube propre, ajouter 1,0ml du tampon W et une pastille W (blanche), fermer et mélanger en inversant 10 fois. Laisser reposer 30secondes, pour permettre au solide de se déposer. -Ajouter 50µl du réactif en solution W directement dans le fonds de chacun des tubes à essais, mélanger 3 fois avec vortex.
<p>Etape 3</p> 	<p>-Incuber les échantillons à 35 ± 1 ° C, commencer le minuteur pour 10 minutes.</p> <p>-A 8 minutes d'incubation, préparer la solution réactive Y : dans un micro tube propre ajouter 1,0ml d'eau exempt de pesticides et une pastille Y (jaune), fermer et mélanger en inversant 10 fois. Laisser reposer au moins 30secondes, pour que le solide se dépose.</p>
<p>Etape 4</p> 	<p>A 10 minutes d'incubation, ajouter 50µl de la solution directement au fond de chaque tube à essais dans l'incubateur. Mélanger dans l'ordre avec vortex 3 fois et remettre dans l'incubateur à 35 ± 1 ° C.</p>
<p>Etape 5</p> 	<p>-Incuber les tubes à essais à 35 ± 1 ° C pendant 5 minutes. (commencer le minuteur à 5 minutes)</p> <p>-Immédiatement après le début de l'incubation, préparer le réactif Z : prendre un tube conique de 15ml, ajouter 10ml de la solution tampon Z et une pastille Z (Bleue) fermer et mélanger en inversant 10 fois. Laisser le solide se déposer.</p> <p>-A 4 minutes et 30 secondes d'incubation, inverser et mélanger le tube conique avec la solution Z, cinq fois et laisser se déposer encore.</p>

<p>Etape 6</p> 	<p>-A 5 minutes d'incubation, enlever les tubes à essais de l'incubateur.</p> <p>-Mouiller une pipette avec la solution Z en aspirant et rejetant de la solution, puis prendre 1,0ml de la solution Z et la déposer en bas du tube à essai sur la paroi de chaque tube. Compléter de déposer la solution Z dans les 30secondes pour tous les tubes, fermer les tubes à essais et NE PAS MIXER.</p>
<p>Etape 7</p> 	<p>-Immédiatement faire le comptage des tubes à essais pour 5 secondes dans l'analyseur Charm2 en position LUM channel (bouton3), faire passer tous les échantillons dans les deux minutes et inscrire la valeur RLU (Relative light unit) résultat pour chaque tube à essai.</p> <p>Jeter le reste des solutions réhydratées.</p>

◆ Interprétation des résultats

1. **Présumé négatif** : le résultat de RLU de l'échantillon est plus grand que le point de contrôle
2. **Présumé positif** : le résultat de RLU de l'échantillon est inférieur ou égal au point de contrôle.

- **Point de Contrôle**

Le point de contrôle est un nombre de coupure entre un résultat négatif et un résultat positif. Établir un nouveau point de contrôle pour chaque set d'analyse.

Point contrôle : zéro contrôle (RLU) x 0.6

Remarque : Testez de nouveau tous les résultats présumés positifs avec un contrôle de zéro et un contrôle positif pour confirmer les résultats.

VI. Etude statistique

Nous avons réalisé une étude multivariée, l'analyse des composantes principales. C'est une étude de l'ensemble des corrélations entre les différentes variables du système. Elle a été réalisée à l'aide du logiciel Statistica 7.

I. Résultats des analyses physico-chimiques, bactériologiques et toxicologiques de l'eau

I.1. Paramètres physico-chimiques

L'évolution journalière des paramètres physico-chimiques des eaux usées brutes (EB) et traitées (ET) est illustrée dans le tableau 26, Annexe IV. Les moyennes mensuelles sont calculées pour interpréter les résultats des paramètres physiques et de pollution ensuite sont comparées aux normes recommandés par l'OMS (2006) et JORA (2012) afin d'évaluer la qualité de ces eaux.

I.1.1. Température

La figure 05 montre que les valeurs de la température des différents échantillons (EB et ET) sont très proches. Elles se situent dans un intervalle qui oscille entre un minimum 12,6°C et un maximum de 17,21°C pour les EB et entre 10,53°C et 14,86°C pour les ET.

Ces différentes valeurs enregistrées sont étroitement liées aux conditions climatiques et à la température de la saison et restent acceptables car en dessous de la norme fixée qui est de 30°C par l'OMS (2006) et le JORA (2012).

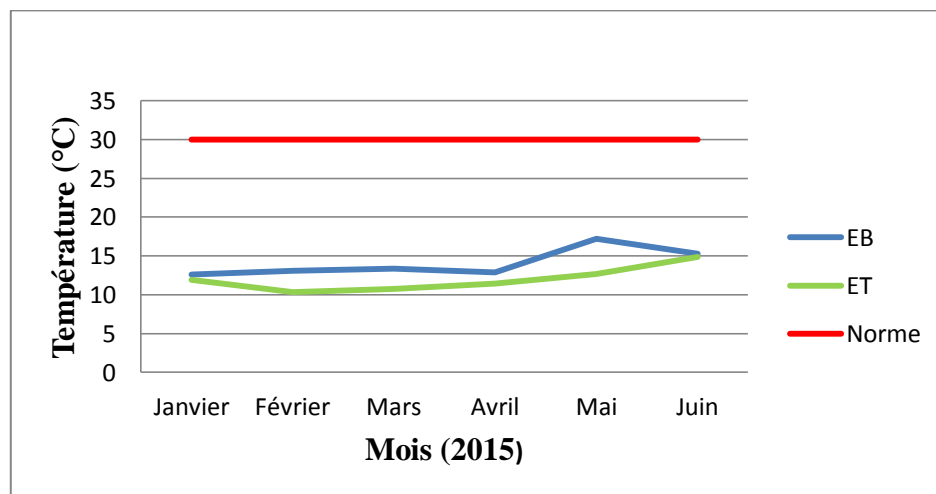


Figure 05 : Variation mensuelle de la température des eaux brutes et traitées de la Step de Baraki

I.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Les résultats obtenus durant la période d'étude sont illustrés dans la figure 06. Les valeurs des EB sont comprises entre 7,40 -7,55, ces dernières sont proches de celles des ET qui sont entre 7,10-7,66. Toutes les valeurs enregistrées sont conformes aux normes 6,5 et 8,5 de l'OMS (2006) et du JORA (2012).

D'après **Sevrin et al., (1995)**, un pH alcalin et une température modérée constituent des conditions de milieu idéal pour la prolifération des micro-organismes qui établissent un parfait équilibre biologique, permettant la dégradation de la matière organique ce qui conduit à la décontamination de l'eau.

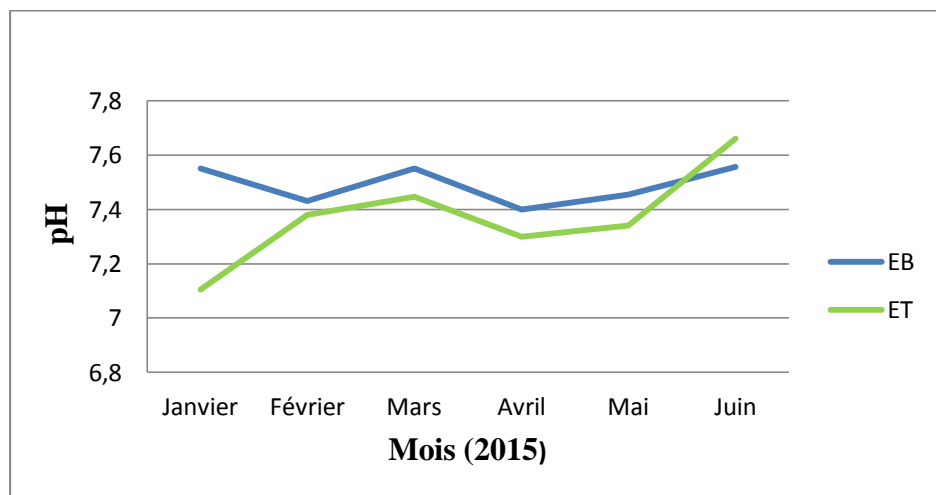


Figure 06 : Variation mensuelle du pH des eaux brutes et traitées de la Step de Baraki

I.1.3. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique est probablement l'une des plus importantes variables pour le contrôle de la qualité des eaux usées. Elle traduit le degré de minéralisation globale, elle nous renseigne sur le taux de salinité (**Salghi, 2007**).

Nous avons enregistré des moyennes mensuelles des usées brutes qui varient de 1290 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 1804 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (figure 07). En ce qui concerne les eaux traitées la valeur maximale enregistrée est de 1780 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et la valeur minimale est de 1269 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Les valeurs enregistrées au cours de cette étude indiquent que la conductivité électrique des eaux usées brutes et traitées se caractérise par des valeurs relativement élevées qui dépassent la norme donnée par l’OMS (2006).

Une légère augmentation a été enregistrée pour les deux types d’eau (EB et ET) durant la période printanière (Mars et Avril). Ceci est probablement dû à l’apport des éléments minéraux ce qui a fait augmenter le pH durant la saison estivale. D’après **Salghi (2007)** la CE d’une eau usée dépend essentiellement de la qualité de l’eau primaire potable utilisée, du régime alimentaire de la population et des activités industrielles et humaines.

En se référant au tableau 23 annexe III, la valeur moyenne de conductivité électrique des eaux usées brutes et épurées dépassent $1000\mu\text{S}/\text{cm}$ ce qui implique **Rodier et al., (2005)** que ces eaux présentent une minéralisation élevée, ceci est probablement dû à un rapport massif de détergents et produits chimiques apportés par les eaux usées.

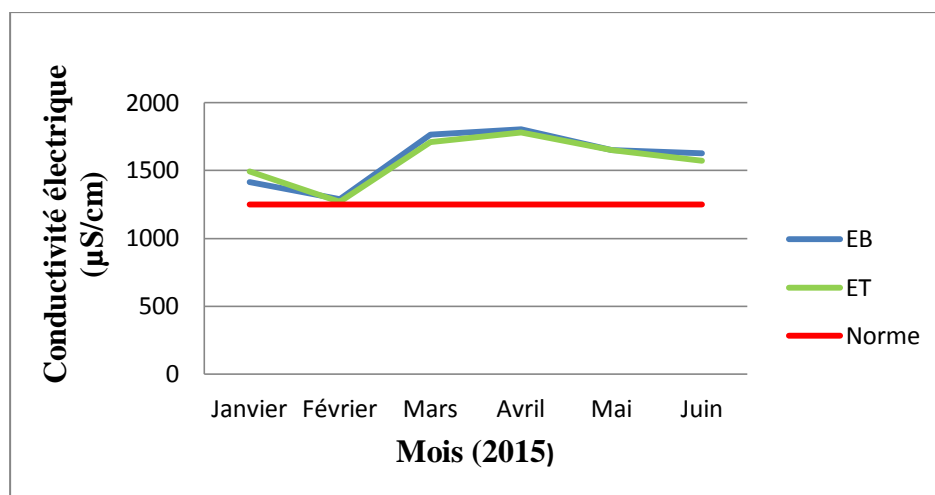


Figure 07 : Variation mensuelle de la conductivité électrique des eaux brutes et traitées de la Step de Baraki

I.1.4. Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension sont, en majeure partie, de nature biodégradable **FAO (2003)**. La figure 08 montre des valeurs de 121 mg/l à 791 mg/l pour les eaux brutes durant les trois saisons. Ces valeurs montrent une charge importante en matières organiques et minérales engendrées par la population (sont en fonction de la nature du rejet).

Concernant les eaux traitées, le taux des MES varie entre 7 mg/l et 27mg/l correspondant à un taux d'abattement de 96% (figure 09). Ces faibles valeurs sont dues à la décantation des matières en suspension après traitement.

Les valeurs enregistrées au cours de notre étude révèle une réduction importante des MES entre les eaux brutes et traitées, ceci est probablement dû à l'efficacité de la station dans l'élimination des matières en suspension. La valeur en MES des ET reste inférieure à la norme du rejet de l'OMS (30mg/l) et celle citée au journal officiel algérien limitée à 35 mg/l (JORA, 2012).

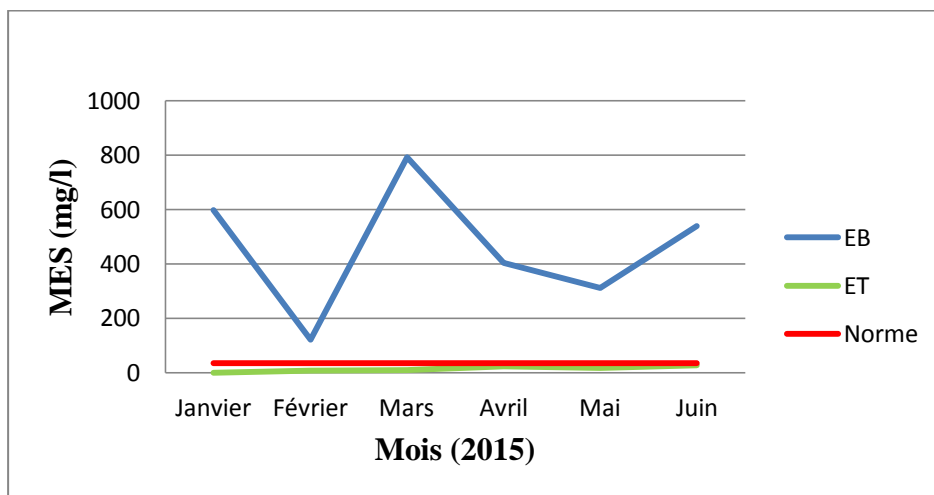


Figure 08 : Variation mensuelle de MES des eaux brutes et traitées de la Step de Baraki

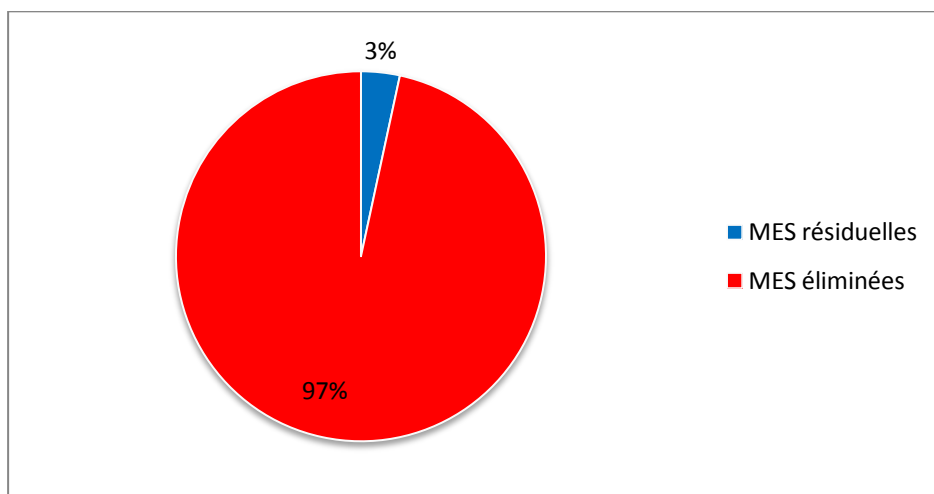


Figure 09: Rendement de l'élimination des MES des eaux traitées par la Step de Baraki

I.1.5. Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO représente la quantité d'oxygène consommée chimiquement par les matières oxydables contenues dans l'eau. Elle est représentative de la majeure partie des composés organiques (glucides, lipides, protéines) mais également des sels minéraux (sulfures, chlorures...) (Makhoukh et al., 2011).

Nous avons remarqué que les moyennes de la DCO de l'eau brute sont variables pour les trois saisons (hiver, printemps et été) durant la période d'étude. Elles oscillent entre 198 mg O₂/l et 1067 mg O₂/l. Ce qui prouve une pollution organique élevée en DCO. Il est à noter que nous avons enregistré une valeur moyenne de 1067 mg O₂/l en mois de janvier, elle est supérieure à 1000 mg O₂/l. D'après Cardot (1999), cette valeur élevée de la DCO s'explique par la présence d'une fraction des matières organiques non biodégradables provenant d'un rejet industriel. Cependant les eaux traitées, les valeurs enregistrées de la DCO sont largement inférieures à celle de l'eau brute. Elles varient entre 20 mg O₂/l et 82 mg O₂/l (figure 10). Ces valeurs ne dépassent pas la norme algérienne de rejet ainsi qu'à la norme de l'OMS (90 mg O₂/l).

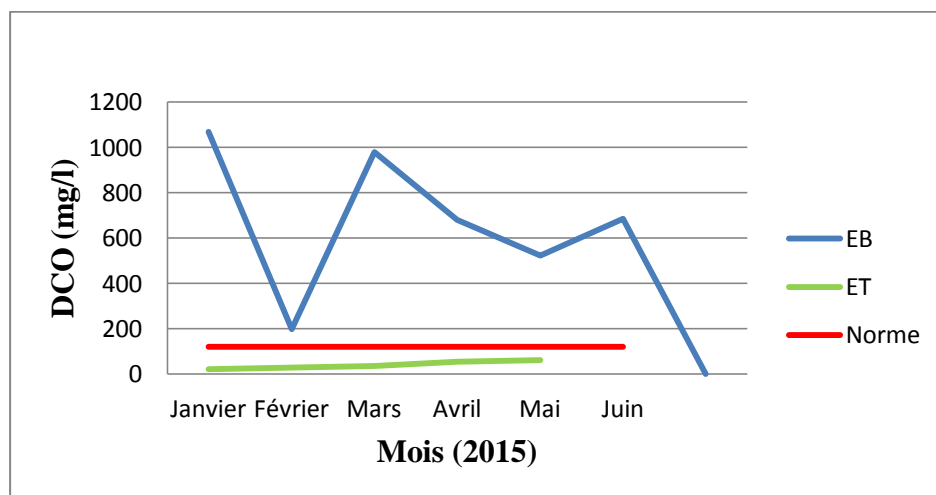


Figure 10 : Variation mensuelle de la DCO des eaux brutes et traitées de la Step de Baraki

I.1.6. Demande biologique en oxygène (DBO₅)

D'après la figure 11 représentant la variation de la DBO₅ de l'eau brute et de l'eau épurée, nous avons observé que l'eau brute de la Step présente une DBO₅ qui varie entre 120 mg O₂/l et 610 mg O₂/l et entre 9,5 mg O₂/l et 32,5 mg O₂/l pour les eaux usées traitées.

La diminution de la DBO_5 est due au bon développement des micro-organismes dans le bassin d'aération de la Step.

Selon **Cardot (1999)** la diminution de la DBO_5 est due à l'activité des micro-organismes épuratrices qui assurent la dégradation et la transformation de la matière organique en CO_2 , H_2O et NH_3 permettant donc l'élimination de la pollution organique, ainsi que le bon fonctionnement du clarificateur qui assure une décantation efficace favorisant la sédimentation des boues responsables à l'élimination de la quasi-totalité de la DBO_5 .

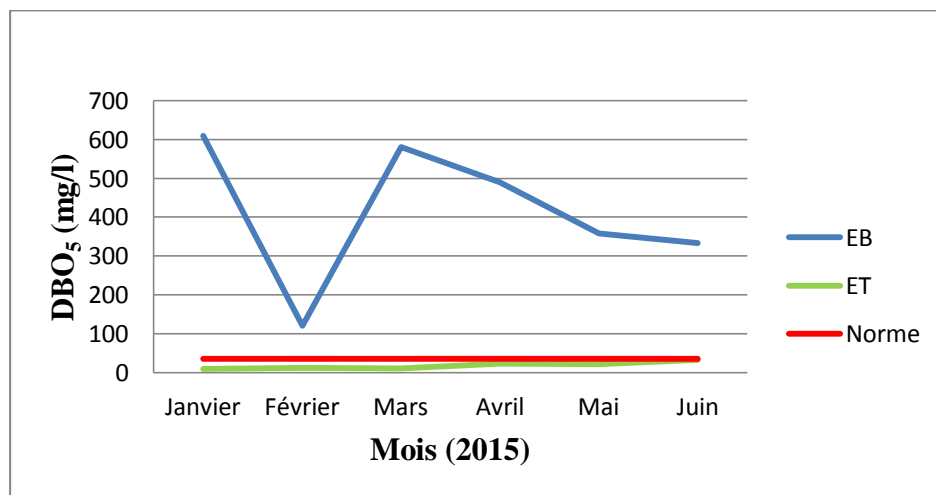


Figure 11 : Variation mensuelle de la DBO_5 des eaux brutes et traitées de la Step de Baraki

I.1.7. Rapport de biodégradabilité (DCO/DBO_5)

La biodégradabilité d'un rejet peut être exprimée par le rapport DCO/DBO_5 . Il permet d'apprécier la teneur en matière organique oxydables et leur origine ainsi que l'efficacité du traitement biologique. La dégradation de celle-ci dans le milieu naturel s'accompagne d'une consommation d'oxygène et peut entraîner un abaissement excessif de la concentration d'oxygène dissous (**Gaid, 1984**).

Les résultats relatifs au rapport de biodégradabilité (figure 12) montrent que la moyenne des rapports de biodégradabilité de l'eau brute dont la valeur est de 1,65, est inférieure à 3 indiquant selon **Cardot (1999)** que l'effluent a une bonne biodégradabilité. Ce rapport augmente dans les eaux épurées par des valeurs qui varient entre 2,20 et 2,77. Ce qui signifie l'élimination des matières biodégradables avec une grande efficacité d'épuration.

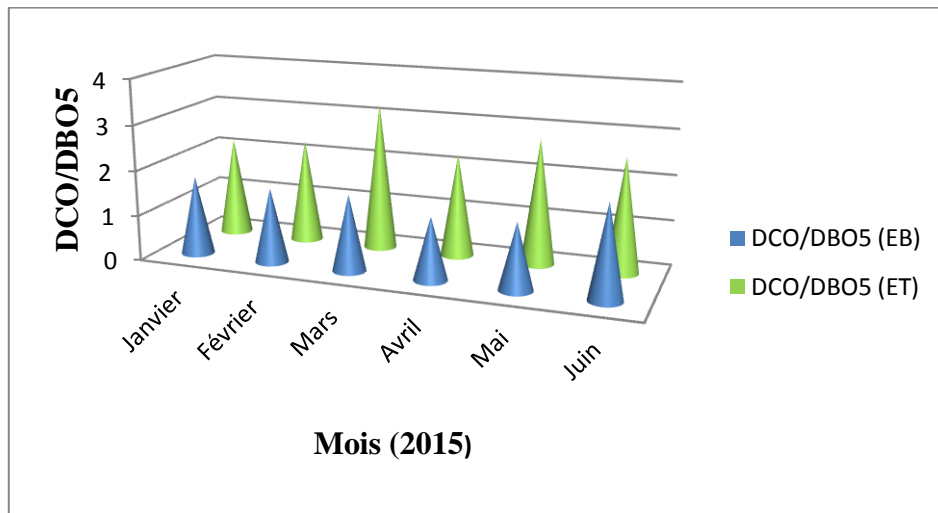


Figure 12 : Variation de rapport DCO/DBO₅ des eaux brutes et traitées de la Step de Baraki

Le rapport DCO/DBO₅ exprime le degré de biodégradabilité de l'eau usée et nous renseigne donc sur le type de traitement à adopté (tableau 08) (Gaïd, 1984). Ceci traduit l'efficacité du traitement biologique par des bassins d'aération dans la Step de Baraki.

Tableau 08 : Mode de traitement en fonction du rapport DCO/DBO₅

Rapport DCO/DBO ₅	Mode de traitement
$1 < \text{DCO/DBO}_5 < 2$	Facilement biodégradable ; traitement biologique (concerne un effluent urbain)
$2 < \text{DCO/DBO}_5 < 3$	Traitement biologique avec adaptation de la couche microbienne
$\text{DCO/DBO}_5 > 3$	Traitement physico-chimique (concerne un effluent industriel)

(Gaïd, 1984)

I.2. Paramètres bactériologiques

Nous avons évalué la densité bactérienne des trois types d'eaux, par la moyenne des résultats bactériologiques hebdomadaires obtenus pour chaque prélèvement. Les résultats des analyses bactériologiques hebdomadaires des eaux établis durant la période d'étude sont consignés dans le tableau 28 annexe IV.

I.2.1. Coliformes totaux

Sur la base des données représentées par la figure 13, nous avons constaté que les eaux usées brute et les eaux usées traitées sont caractérisées par des densités très élevées en coliformes totaux avec une moyenne de 308.10^5 /100 ml et de 25.10^4 /100ml respectivement pour les EB et les ET.

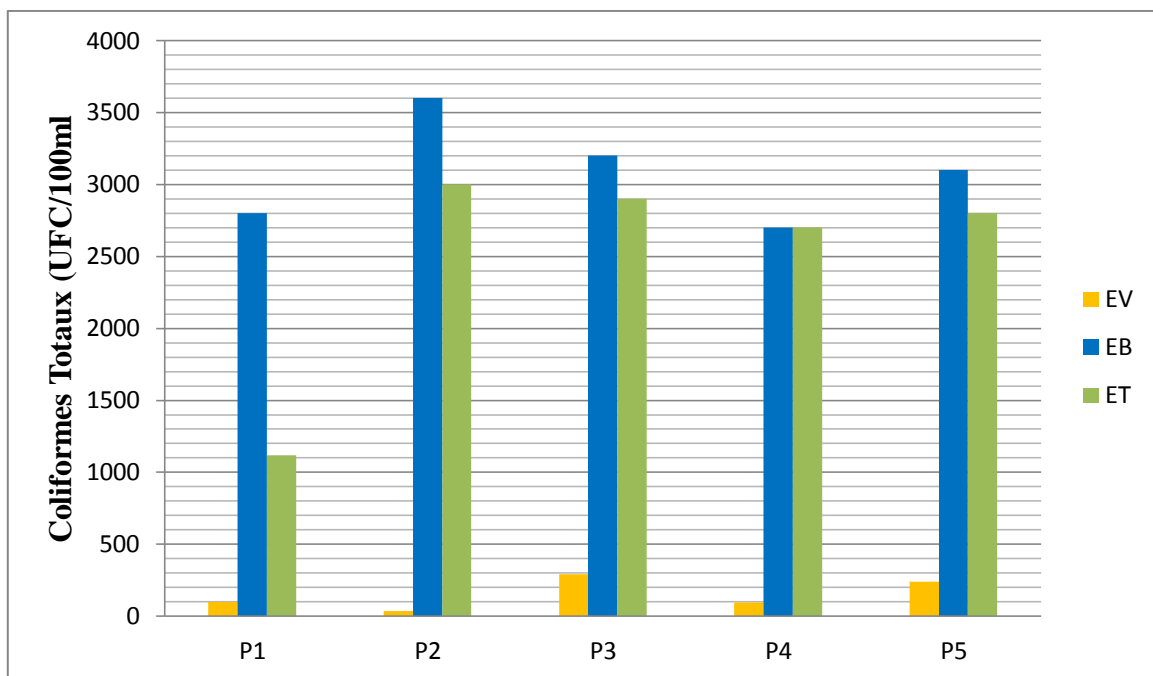


Figure 13 : Evaluation de la densité des coliformes totaux dans les trois types d'eaux (EV, EB et ET)

Selon **Sevrin et al., (1995)**, les concentrations très élevées des bactéries dans les EB résultent de l'abondance des nutriments, oxygène dissous, le pH alcalin et la température modérée ce qui constitue des conditions de milieu idéales pour la prolifération des bactéries. L'abondance en Coliformes totaux dans les ET, dépend de la qualité microbiologique des eaux brutes d'une part et probablement à la non efficacité de la filière de traitement à éliminer les bactéries.

Il faut noter que les eaux de villes sont moins chargées par les coliformes totaux avec une moyenne de 15.10^3 /100ml.

I.2.2. Coliformes fécaux

Les résultats obtenus dans la figure 14 montrent la présence des concentrations élevées des coliformes fécaux dans les EB et les ET avec une moyenne de 2.72×10^3 /100ml pour les EB et de 2.16×10^3 /100ml pour les ET dépassant la limite préconisée par l’OMS pour les eaux d’irrigation qui est de l’ordre de 10^3 germes / 100ml.

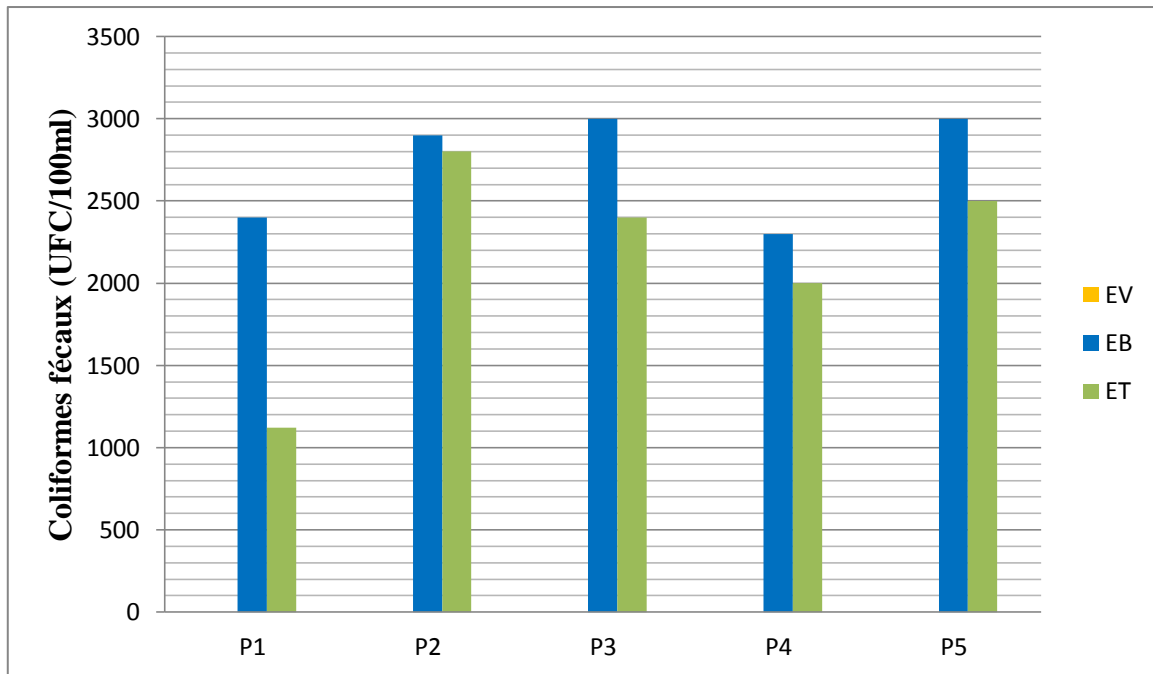


Figure 14 : Evaluation de la densité des coliformes fécaux dans les trois types d’eaux (EV, EB et ET)

D’après **Gleeson et Gray (1997)**, ces valeurs très élevées sont dues à la capacité de ces germes à résister aux conditions environnementales difficiles. Il faut noter aussi l’absence totale des coliformes fécaux dans les eaux de ville.

I.2.3. *E. coli*

D’après la figure 15, la densité d’*E. Coli* est de l’ordre de 2.32×10^3 /100ml pour les EB et de 1.8×10^3 /100ml pour les ET. La présence d’*E. Coli* est témoin d’une contamination fécale dans ces eaux.

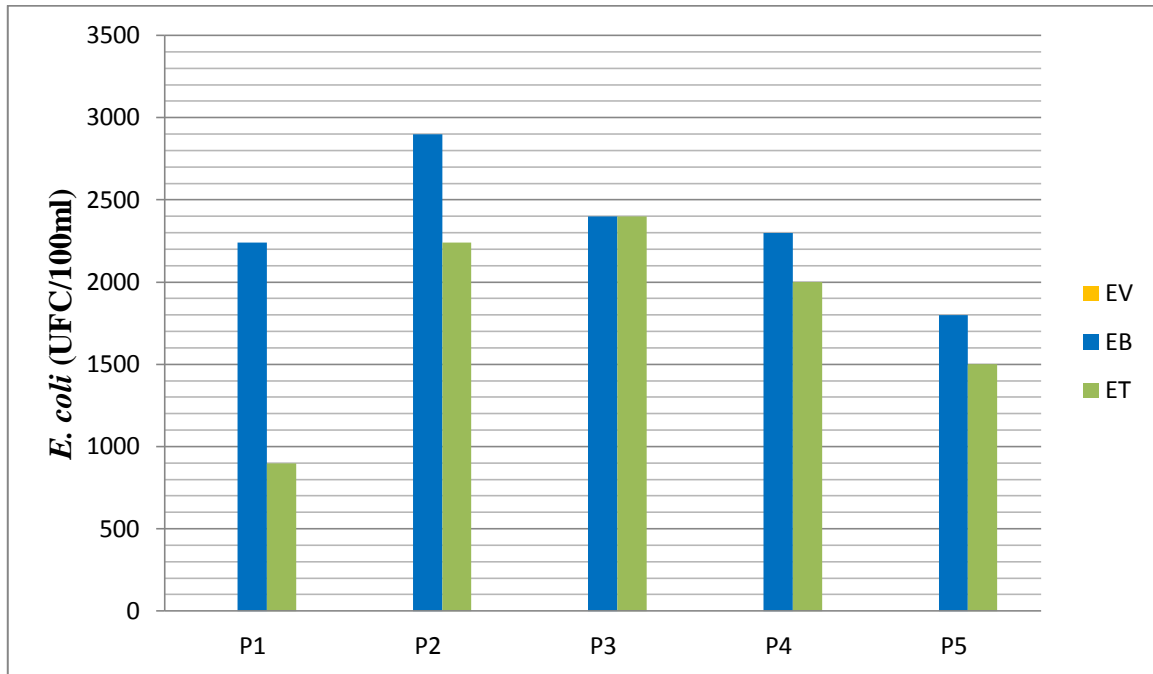


Figure 15 : Evaluation de la densité d'*E. Coli* dans les trois types d'eaux (EV, EB et ET)

Selon **Thomas (1995)**, la charge importante des nutriments dans les eaux usées brutes urbaines favorisent la multiplication de ces populations bactériennes. Le nombre élevé d'*E. Coli* dans les ET peut être expliqué par la non efficacité d'épuration par la Step de Baraki. Ceci est probablement dû à la résistance d'*E. Coli* au type du traitement appliqué par la Step.

I.2.4. Entérocoques

Les entérocoques sont considérés comme indicateurs de contamination fécale, et leur principal intérêt réside dans le fait qu'ils soient résistants à la dessiccation et persistent plus longtemps dans l'eau (**Gleeson et Gray, 1997**). Ainsi, les analyses montrent des concentrations assez élevées dans l'EB avec une moyenne de 3.02×10^3 /100ml même dans les ET avec une moyenne de 1.9×10^3 /100ml (figure 16). Nous avons constaté que l'eau traitée ne répond pas aux recommandations de l'OMS fixée à 10^3 germes /100ml.

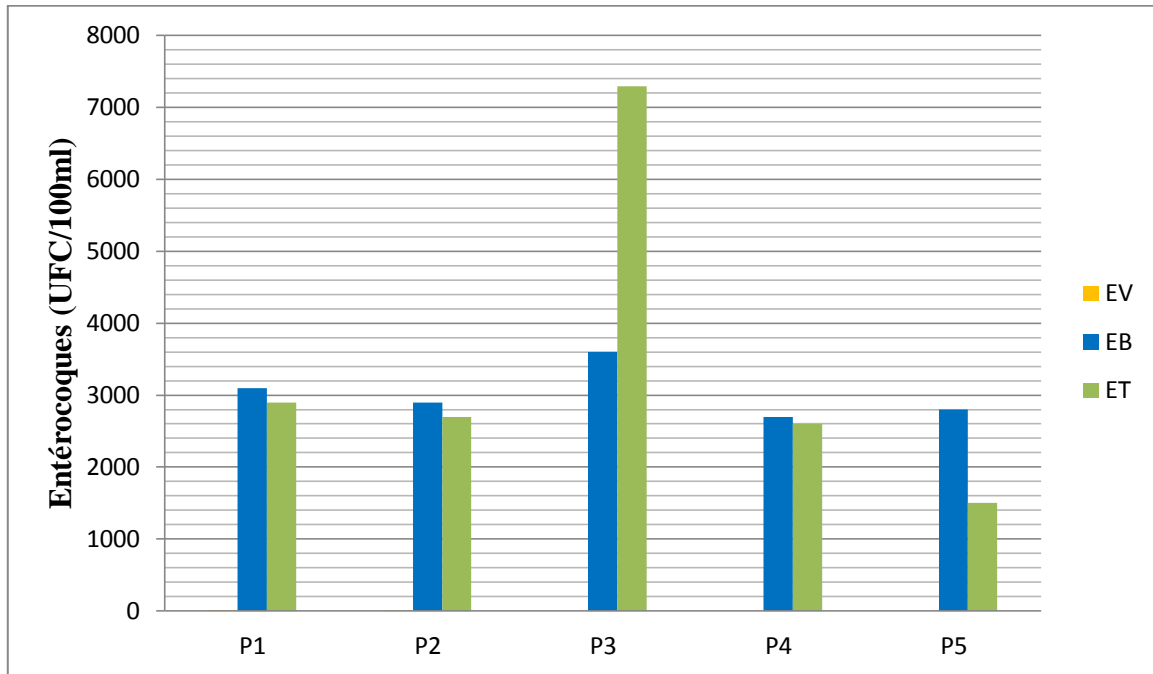


Figure 16: Evaluation de la densité des Entérocoques dans les trois type d'eaux (EV, EB et ET)

I.2.5. Germes pathogènes

Les bactéries pathogènes des genres Staphylocoques, et Vibrions cholériques n'ont pas été détectées. Cette absence a été mentionnée dans d'autres études aux niveaux des eaux usées en dépit de la présence d'une forte charge en bactérie d'origine fécale (**Abdoulkacem et al., 2007**). Ceci peut être expliqué par l'absence de porteurs asymptomatiques de la population habitante dans les régions environnantes d'une part et d'autre part la difficulté de la recherche de ces germes du fait de leur nombre très faible par rapport aux germes banales.

Cependant nous avons détectés la présence de la *Salmonella spp* dans l'ET pendant le troisième prélèvement après identification biochimique (figure 32, annexe V). Ceci est probablement dû à une contamination importante des eaux brute d'une part et d'autre part à la résistance de ces bactéries pathogènes aux conditions défavorables de l'eau. La présence des germes pathogènes dans l'eau tel que les Salmonelles posent un risque pour la santé de l'homme et même pour l'environnement.

I.3. Paramètres toxicologiques

I.3.1. Dosage des éléments traces dans les trois types d'eaux

Les résultats du dosage d'éléments traces recherchés (Cd, Co, Cu, Fe, Pb, Ni et Zn) dans les trois types d'eaux sont démontrés dans le tableau 30 annexe IV. Les résultats montrent des concentrations modérées pour les trois échantillons d'eaux étudiées (EV, EB, ET). En comparant aux normes fixées par le journal officiel algérien (**JORA, 2012**), les valeurs enregistrées sont conformes aux normes algériennes. Nous avons remarqué à travers la figure 17 que les teneurs en Cadmium, Cobalt, Cuivre, Plomb et Nickel restent pratiquement stables ou constant durant toute la période de prélèvement pour les trois types d'eau. Les teneurs en Fer ont montré des valeurs élevées dans les ET (2.3 mg/l) et des valeurs élevées de Zinc enregistrer pour l'EV. La concentration élevée du Fer dans les eaux traitées est probablement dû à l'oxydation du matériel.

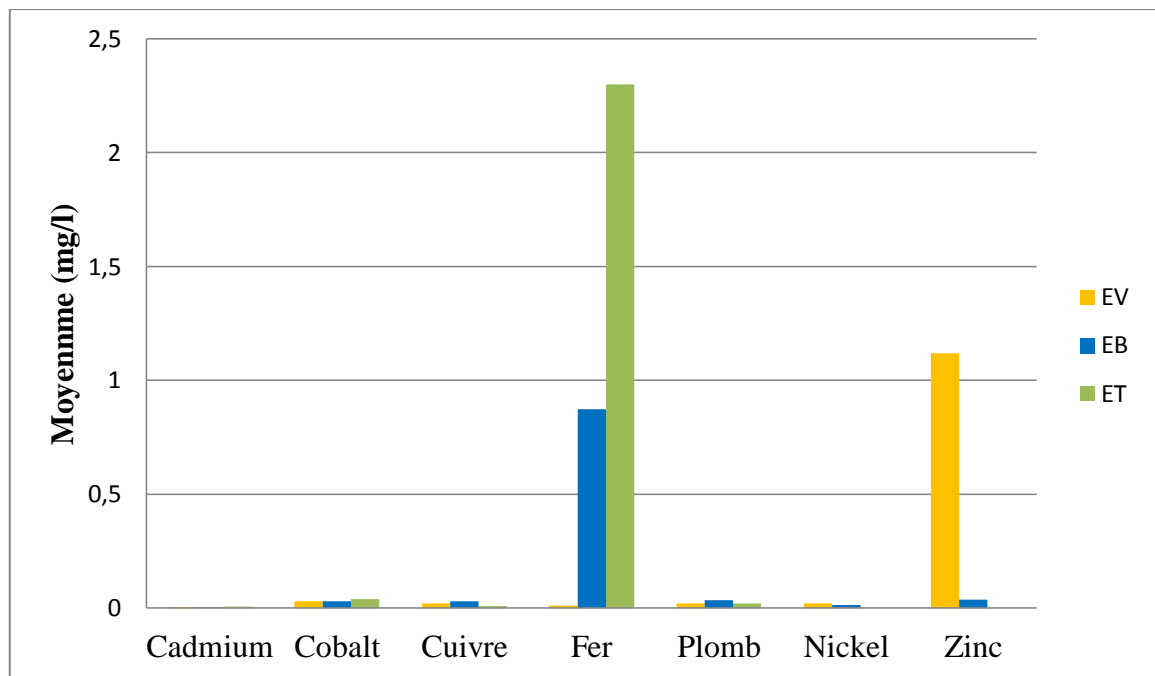


Figure 17 : Variations mensuelles des concentrations des éléments traces des trois échantillons d'eaux (EV, EB et ET)

II. Tomates

II.1. Effets sur la culture

II.1.1. Evolution de la croissance des plantes

D'après la figure 18, nous avons remarqué que la hauteur des plantes augmente avec le temps (12 cm en mois de Janvier jusqu'au environ 200 cm en mois de Juin). Un léger dépassement entre les trois traitements T0, T1 et T2 successivement a été noté. Cette bonne croissance est due à l'apport des éléments nutritifs venant de l'eau et du sol (figure 19).

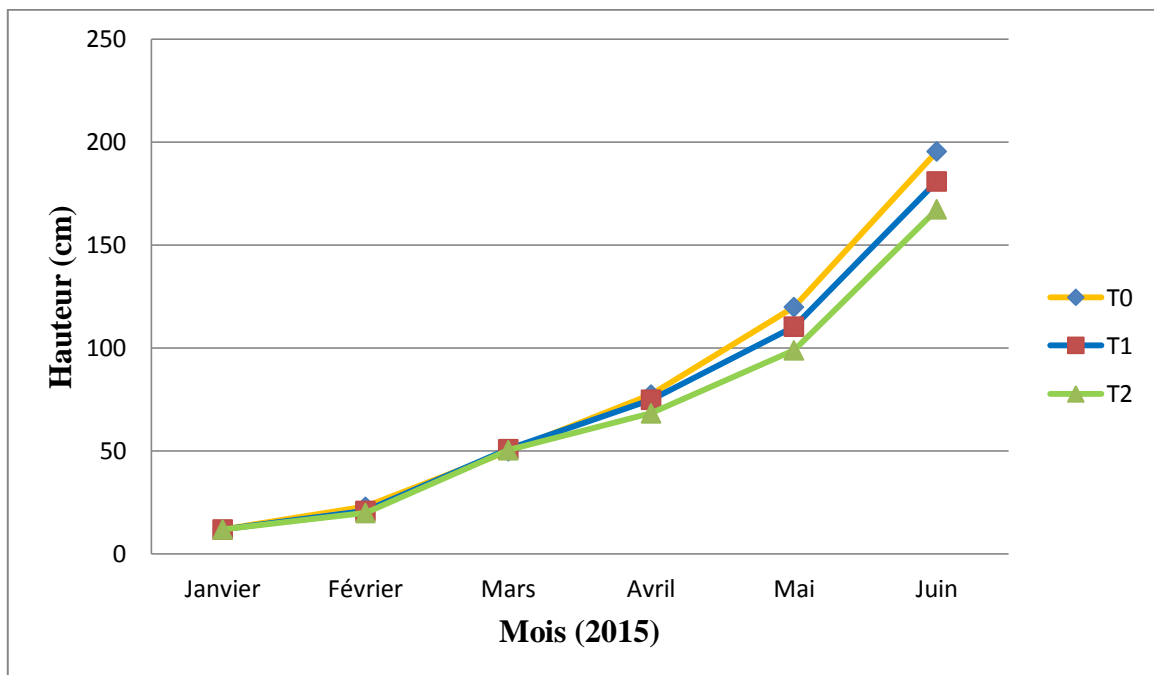


Figure 18 : Evolution de la hauteur des plants des tomates pour les trois traitements (T0, T1, T2)



(A)



(B)



(C)

Figure 19 : (A) Traitement T0 (alimenté par l'EV), (B) Traitement T1 (alimenté par l'EB), (C) Traitement T2 (alimenté par l'ET)

II.1.2. Rendement de la tomate

D'après les résultats obtenus, nous avons constaté que le rendement des tomates augmente en fonction du temps (figure 20). Le rendement le plus élevé est enregistré chez le T2 qui est alimenté par des eaux traitées (ET) avec 21 % en moi de Mars, 55% en mois d'Avril et 92% en moi de Mai (figure 20). Il est a noté que les ET présente une qualité physico-chimiques satisfaisante contrairement à la qualité microbiologique avec une moyenne de 2.16×10^3 de coliformes fécaux et une moyenne de 1.8×10^3 d'*E. Coli*. Ces teneures dépassent largement la norme algérienne.

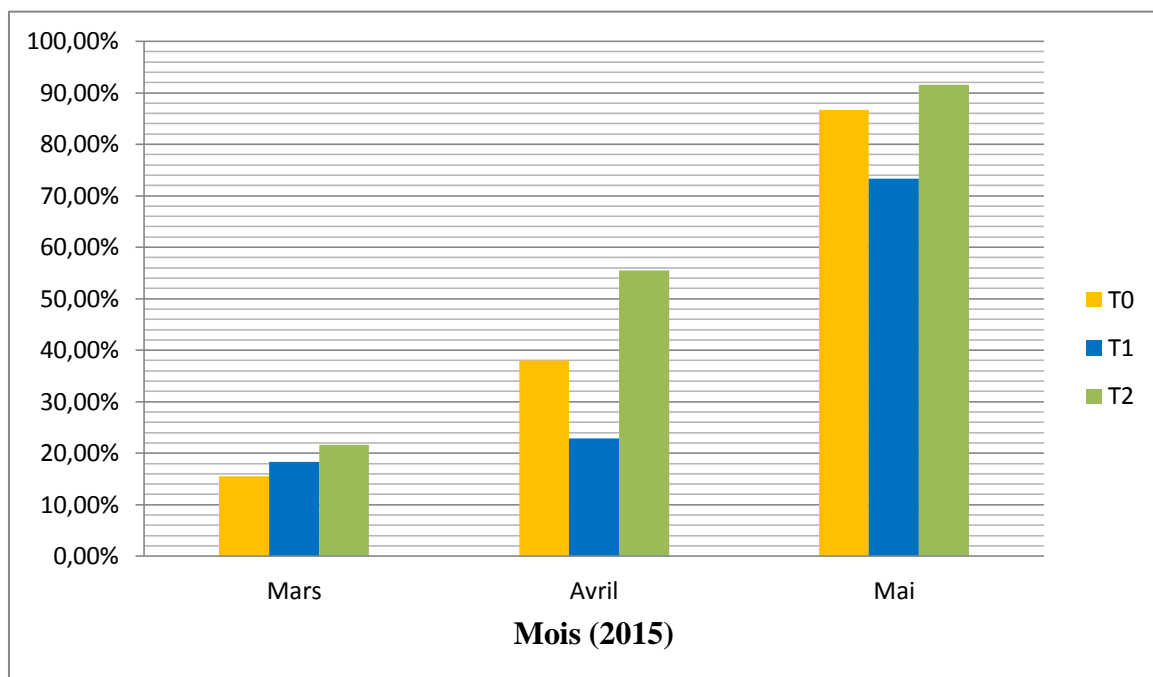


Figure 20 : Rendement des tomates pour les trois traitements (T0, T1 et T2)



(A)



(B)



(C)

Figure 21: Maturation des fruits : (A) traitement T0, (B) traitement T1, (C) traitement T2

II.2. Qualité bactériologique des tomates

Les résultats des analyses microbiologiques montrent qu'aucune contamination microbienne n'a été détectée chez les tomates traitées (T0, T1 et T2). Une absence totale a été notée que ce soit pour les germes de contamination (coliformes fécaux, *E. coli*) ou pour les germes pathogènes (Salmonelle et Staphylocoque). Absence des germes d'altération levure et moisissures montre une bonne qualité sanitaire de la tomate cultivée.

Nous avons noté que l'utilisation de l'eau brute (EB) et eau traitée (ET) ne semble pas d'avoir entraîné un risque supplémentaire pour le consommateur comparativement avec les tomates irriguées avec l'eau de ville qui répond aux normes algériennes d'irrigation (JORA 2012).

II.3. Qualité toxicologique des tomates

II.3.1. Dosage des pesticides dans les tomates

Les résultats de la détection des pesticides (organophosphorés et carbamates) par la méthode RRA (Charm 2) obtenus lors du diagnostic ont montré leur présence dans le fruit (tomate) et ce dans les traitements alimentées par des eaux brutes et des eaux traitées. Il est à noter que ces résultats ont été obtenus sans avoir appliqué des produits phytosanitaires, ceci peut être traduit par la présence de ces éléments dans les eaux d'arrosage. Ces résultats peuvent nous induire à penser que ces contaminants (OP et CM) ont franchis la barrière sol-plante et la plante n'a pas pu les filtrer.

III. Etude des Composantes Principales (ACP)

Une étude globale de plusieurs variables issues de différentes analyses des trois types d'eaux (figure 22), montre que sur le facteur 1 (79,48%), les variables biotiques (communauté bactérienne) sont corrélées positivement avec les facteurs abiotiques (facteur de pollution). La densité bactérienne est en interaction avec les facteurs environnementaux. La concentration élevées des MES, DCO et DBO₅ peut traduire les concentrations élevées des bactéries, particulièrement les CF et *E. coli*. Le pH, la température et la conductivité électrique sont aussi des facteurs qui interviennent dans la prolifération des bactéries dans les trois types d'eaux (EV, EB et ET).

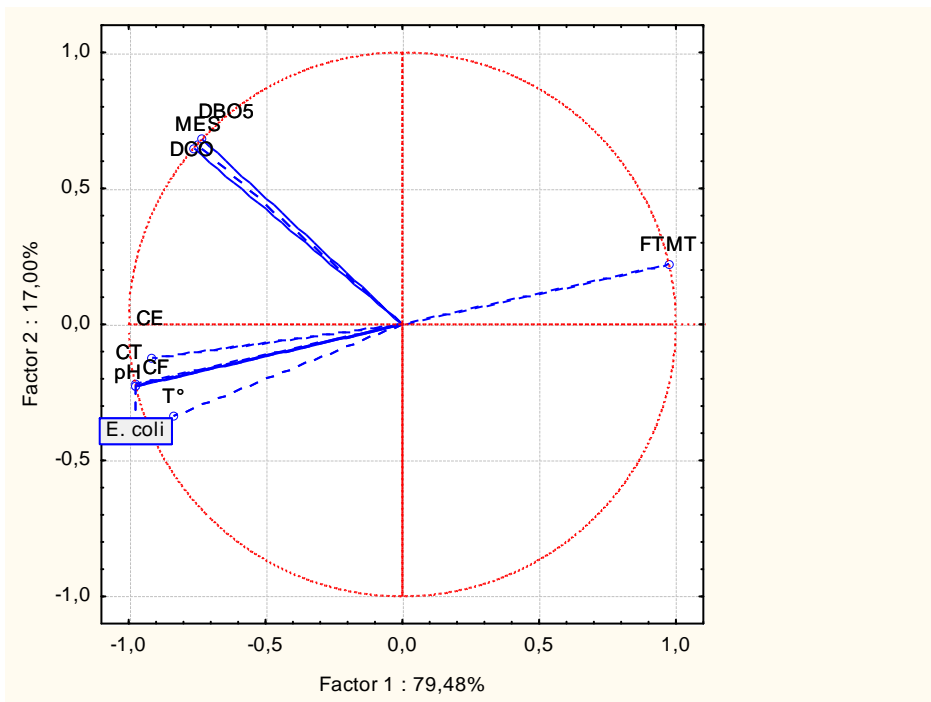


Figure 22: Ordination des variables environnementales et bactériologiques des trois types d'eau étudiés (ET, EB, EV) le long deux axes principaux après l'analyse en composante principale

Dans cette étude, nous avons abordé les risques sanitaires liés à la consommation d'une culture maraichère : Tomate Dawcen alimentée par des eaux brutes, traitées (Step de Baraki) et une eau témoin (eau de ville). Nous avons réalisé le contrôle de qualité sanitaire sur les trois types d'eau ainsi que sur le produit final 'la tomate'.

Les résultats physico-chimique ont montré que les eaux analysées (EB et ET) ont une température modérée, un pH alcalin et une CE élevé ce qui implique que ces eaux présentent une minéralisation élevée essentiellement dus aux rejets industrielles aux alentours. Le traitement biologique effectué par la Step de Baraki des eaux usées présente une bonne réduction de la MES (97%), DCO et DBO₅.

Concernant la qualité bactériologique, les eaux traitées présentent une qualité bactériologique médiocre pour être utilisée en agriculture. En effet les charges bactériennes dépassent les normes recommandées par les normes algériennes pour une eau d'irrigation et peuvent engendrer des risques sanitaires pour les agriculteurs qui sont en contact avec ces eaux et pour les consommateurs de certains produits agricoles (pomme de terre, laitue ...).

L'analyse des métaux lourds par la SAA a révélé que les trois types d'eaux contiennent des quantités modérées d'éléments métalliques (Cd, Co, Cu, Fe, Pb, Ni et Zn) et qui sont conformes aux seuils de toxicité pour la production agricole.

D'après les résultats obtenus durant cette étude, nous avons remarqué que le rendement et la croissance des plantes est plus important avec l'eau traitée que l'eau brute et de ville avec une hauteur de près de 2 mètres et un rendement d'environ 92%.

Au cours de cette étude, le produit fini «la tomate» témoigne une bonne qualité microbiologique (absence totale de germes de contaminations et de germes pathogènes). Ce résultat ne semble pas entraîner un risque supplémentaire pour le consommateur.

Notre étude a montré la présence des pesticides (OP et CM) dans les deux traitements alimentés par des EB et ET, ceci signifie que les eaux d'arrosage sont contaminées par ces éléments. Le danger apporté par ces contaminants est lié à leur toxicité aigue élevée.

En terme de perspectives, des études pourront être entreprises pour aborder d'autres aspects parallèlement aux mises au points précitées comme l'évaluation des effets de l'utilisation des eaux usées et traitées sur les propriétés du sol (salinité et présence des constituants indésirables comme les nitrates), l'accumulation des métaux lourds dans le sol et le végétal, l'analyse des pesticides dans l'eau et le sol, le suivi des parasites (œuf d'helminthes et protozoaires) dans l'eau, le sol et le végétal. Et enfin, une étude épidémiologique pour déterminer les risques supplémentaires que peuvent encourir les agriculteurs et les consommateurs suite à l'utilisation des eaux usées en irrigation des cultures maraichères.

Références Bibliographiques

- Abdoulkacem A., Chahlaoui A., Soulaïmani A., Rhazi-Filali F., Benaldi D. 2007.** Etude comparative de la qualité bactériologique des eaux des oueds Bouferkane et Ouislane à la traversé de la ville de Meknès, Maroc.22p.
- Amrani M., et Lounes S., 2012.** Notice de Fonctionnement et d'Exploitation de la station d'épuration de Baraki. Centre technique assainissement usines : Lyonnaise des eaux ; société des eaux et d'assainissement algérienne.60p.
- Atherton G. et Harris P., 1986.** Flowering in the tomato crop. A scientific basis for improvement. Ed ATHERTON J.G and RUDICH J. London, New York.167-200 p.
- Baldi I., Mohammed Brahim B., Brochard L., Dartigues J.F., Salomon R., 1998 :** Effets retardés des pesticides sur la santé : état des connaissances épidémiologiques. Revue d'épidémiologie et de santé publique.134 – 142p.
- Berdai H, Jellal N, El hamouri B, 1998.** Traitement des eaux usées domestiques dans un chenal algal à haut rendement et leur réutilisation pour l'irrigation du chou. Institut agronomique et vétérinaire Hassan II.39-47p.
- Bougdah N., 2007.** Etude de l'adsorption de Micropolluants organiques sur la Bentonite. Thèse de magister, université 20 aout 55, Skikda.4-5 p.
- Bourgeois C., Mescle J., Zucca J., 1996.** Microbiologie Alimentaire. Tome1. Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Ed Lavoisier.385p.
- Brénaud C., Claisse J-R., Leulier F., Thibault J., Ulrich E, 2010.** Alimentation, santé, qualité de l'environnement et du cadre de vie en milieu rural. Ed Educagri.58p.
- Brénaud C., Claisse J-R., Leulier F., Thibault J., Ulrich E, 2010.** Alimentation, santé, qualité de l'environnement et du cadre de vie en milieu rural. Ed Educagri.58p.
- Calvet R., Barriuso E., Bedos C., Benoit P., Coquet Y., 2005.** Les pesticides dans le sol, conséquences agronomiques et environnementales. Ed France agricole.47-149p.
- Cardot C. 1999.** Génie de l'environnement : les traitements de l'eau : Ellipses, Paris.247p.

Références Bibliographiques

Cassas S., 2005. Modélisation de la bioaccumulation des métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *Mytilus galloprovincialis*, en milieu méditerranéen. Thèse de Doctorat Océanographie biologique Environnement Marin. Université Sud Toulon.314p.

Chaux C. et Foury L., 1994. Cultures légumières et maraichères. Tome III : légumineuses potagères, légumes fruit .Tec et Doc Lavoisier, Paris.563p.

Chougar S., 2011. Bio écologie de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* sur trois variétés de tomates sous serre (Zahra, Dawcen et Tavira) dans la wilaya de Tizi Ouzou. Thèse de doctorat. Université Mouloud Maameri Tizi Ouzou.21p.

Cronquist A., 1981. An integrated system of classification of following plants. Colombia University.1256p.

Da Silva F., 1978. Interaction of the chemical elements with biological systems. New trends in bioinorganic chemistry. Academic Press, London, UK.449-484p.

De Villers J., 2005. Qualités physicochimiques et chimiques des eaux de surface : cadre générale. Fiche n°2.1-16p.

Di Benedetto M., 1997. Méthodes spectrométriques d'analyse et de caractérisation, Dossier SAM Métaux Lourds. Techniques spectrométriques, Axe " Génie des Procédés", centre SPIN, Ecole des Mines de Saint-Etienne.49p.

Drechsel P., 2011. L'irrigation avec des eaux usées et la santé. Canada : Presses de l'Université du Québec.417p.

El-Merabet K.H., Charlet P., Lacéré B., 2008. Rapport du ministère de santé : les pesticides dans l'eau potable. Laboratoire national de métrologie et d'essais centre de métrologie scientifique et industrielle.45p.

FAO, 2003. Manuel des méthodes de recherche sur l'environnement aquatique. 3 ème partie : Echantillonnage et analyse du matériel biologique. Document Techniques de Pêche.113 p.

Forstner V., Wittman G.T.W., 1979. Metal pollution in the aquatic environmental, Springer Verlag.486p.

Fournier J., 1988. Chimie des pesticides. Ed culture et techniques.332p.

Gallais A. et Bannerot H., 1992. Amélioration des espèces végétales cultivés objectif et critères de sélection. INRA, Paris.765p.

Références Bibliographiques

- Gaïd A.K. 1984.** Epuration biologique des eaux usées urbains. Tome I et II, Alger. 261p.
- Gleeson C., Gray. 1997.** The coliform index and waterborne disease problems of microbial drinking water assessment. E and FN Spoon, London.194p.
- Goethberg A., 2002.** Accumulation of heavy metals in water spinach (*Ipomea aquatica*) cultivated in the Bangkok region, *Environmental Toxicology and Chemistry*. Vol. 21.1934-1939p.
- Guilizzoni P., 1991.** The role of heavy metals and toxic materials in physiological ecology of submersed macrophytes. *Aquatic Botany*.87-109p.
- Hartani T. 2007.** La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Metidja en Algérie. In : Actes du séminaire Modernisation de l'Agriculture irriguée. Rabat (Maroc), 19-23 Avril.11p.
- Heller R., 1981.** Physiologie végétale. Tome I : nutrition. 2ème Edition Masson.57p.
- J.O.R.A. Journal officiel de la République Algérienne. 2005.** Loi n° 05/12 du 04Aout 2005. Relative à l'eau. N° 60.18p.
- J.O.R.A. Journal officiel de la République Algérienne. 2012.** Journal officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire. Conventions et accords internationaux – lois et décrets Arrêtés, décisions, avis, communications et annonces. N° 41. 25 Chaaban 1433. 12 Juillet 2012.27p.
- Kebir T, 2012.** Etude de contamination, d'accumulation et de mobilité de quelques métaux lourds dans des légumes, des fruits et des sols agricoles situent près d'une décharge industrielle de l'usine ALZINC de la ville de Ghazaouet. Thèse de doctorat. Université Abou Beker Belkaid. Telemcen.01-02p.
- Knowles D.A., 1998.** Chemistry and technology of agrochemical formulations. Kluwer Academic Publishers.483p.
- Kolev N., 1976.** Les cultures maraichères en Algérie .Torne I .Légumes fruits .Ed. Ministre de l'Agriculture et des Reformes Agricoles.52p.

Références Bibliographiques

- Latigui A., 1984.** Effets des différents niveaux de la fertilisation potassique sur la fructification de la tomate cultivée en hiver sous serre non chauffée. Thèse Magistère. INA El-Harrach.
- Laumonnier R., 1979.** Cultures légumières et maraichère. Tome III. Ed. Bailliere, Paris. 279p.
- Legoff, F. et Bonnomet, V., 2004.** Rapport technique : Devenir et comportement des métaux dans l'eau: Biodisponibilité et modèles BLM.87p.
- Lehtihet L. 2005.** La réutilisation des eaux usées en Algérie : situation actuelle et perspectives de développement. Communication personnelle.30p.
- Majewski M.S., Capel P.D., 1995.** Pesticides in the atmosphere, distribution, tend and governing factors. Chelsea, Michigan, Ann Arbor Press. 53 p.
- Martine H., Worthing C.R., 1976.** Insecticides and fungicide handbook. 5th Ed Black Well Scientific Publications.82p.
- Munroe et Smalle., 1997.** Les légumes du Canada. Ed Val Morin, Québec, Canada. 436p
- Naika S., De Jeud J.V.L., De Jeffau M., Hilmi M. et Vandam B., 2005.** La culture de tomate, production, transformation et commercialisation. Ed Wageningen, Pays-Bas.105p.
- O.N.A. Office National de l'Assainissement. 2006.** Situation actuelle de traitement d'eau usée en Algérie. MRE. Alger, Algérie.7p.
- OMS 1989.** L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquiculture : recommandations avisées sanitaires. Organisation Mondiale de la Santé, Genève.17-60p.
- OMS 1991.** Organisation mondial de la santé. L'utilisation des pesticides en agriculture et ses conséquences pour la santé publique.
- OMS 2006.** Analyse des eaux résiduares en vue de leur recyclage en agriculture. Manuel des techniques de laboratoire en parasitologie et bactériologie, Genève.8-30p.
- ORBS observation régional de santé de Bretagne., 2001.** Effets chroniques des pesticides sur la santé : état actuel des connaissances.

Références Bibliographiques

Paris-Palacios S., Biaganti-Risbourg S., Vernet G., 2001. Perturbation hépatiques induites sur la procymidone chez le gardon : approches biochimique et structural. Actes du 30eme congre du groupe français des pesticides.167-174p.

Polese J. M., 2007. La culture de la tomate. Ed Artémis .95p.

Ranc N. 2010. Analyse du polymorphisme moléculaire de gènes de composantes de la qualité des fruits dans les ressources génétiques sauvages et cultivées de tomate ; recherche d'associations gènes/QTL. Ecole doctorale SIBAGHE.216p.

Rasmussen B.F., 1996. Cotamination by persistent chemicals in food chain and human health. The science of the total environment.545-560p.

Regnault-Roger C., Fabres J., Philogène B.J.R., 2005. Enjeuc phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement Edit Tec et doc, Lavoisier.244p.

Rodier J. Legube B. Merlet, N. et Brunet, R. 2005. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8^{ème} édition : DUNOD, Paris.1383p.

Salghi R. 2007. Différents filières de traitement des eaux Ecole National des Sciences Appliquées d'Agadir.320p.

Scheyer A., 2004. Développement d'une méthode d'analyse par CPG/MS de 27 pesticides identifiés dans les phases gazeuses, particulaire et liquide de l'atmosphère : application à l'étude des variations spatio-temporelles des concentrations dans l'aire et dans les eaux de pluie. Thèse de doctorat.48p.

Sevrin R., De La Noue J., Proulx D. 1995. Le recyclage du lisier de porc par lagunage. Ed Lavoisier. p118.

Thomas O. 1995. Métrologie des eaux résiduaires. Ed Tec et Doc. 11, Liège-75384, Paris.

Ursell A., 2002. Le grand guide hachette des aliments santé. Ed. Hachette Livre.255p.

Station d'épuration à boue activée de Baraki**1. Caractéristiques de l'eau épurée :**

La station d'épuration reçoit les eaux arrivant de la station de pompage d'El-Harrach ainsi que des eaux internes à la station (70%), et 30% arrivant gravitairement dans un collecteur de Baba Ali. Avec comme objectif la réduction de 90- 95% DBO5, 75-80% DCO et 90-95% MES (tableau 09), avant d'être acheminée vers l'Oued El Harrach (AMRANI et LOUNES 2012).

Tableau 09 : Charge polluantes des eaux à l'entrée et à la sortie de la Step de Baraki

	Eau brute Flux nominal journalier	Concentration moyenne à l'entrée	Concentration moyenne à la sortie
MES	66 096 kg/j	900 mg/l	30 mg/l
DBO5	55 064 kg/j	300 mg/l	40 mg/l
DCO	73 440 kg/j	500 mg/l	120 mg/l

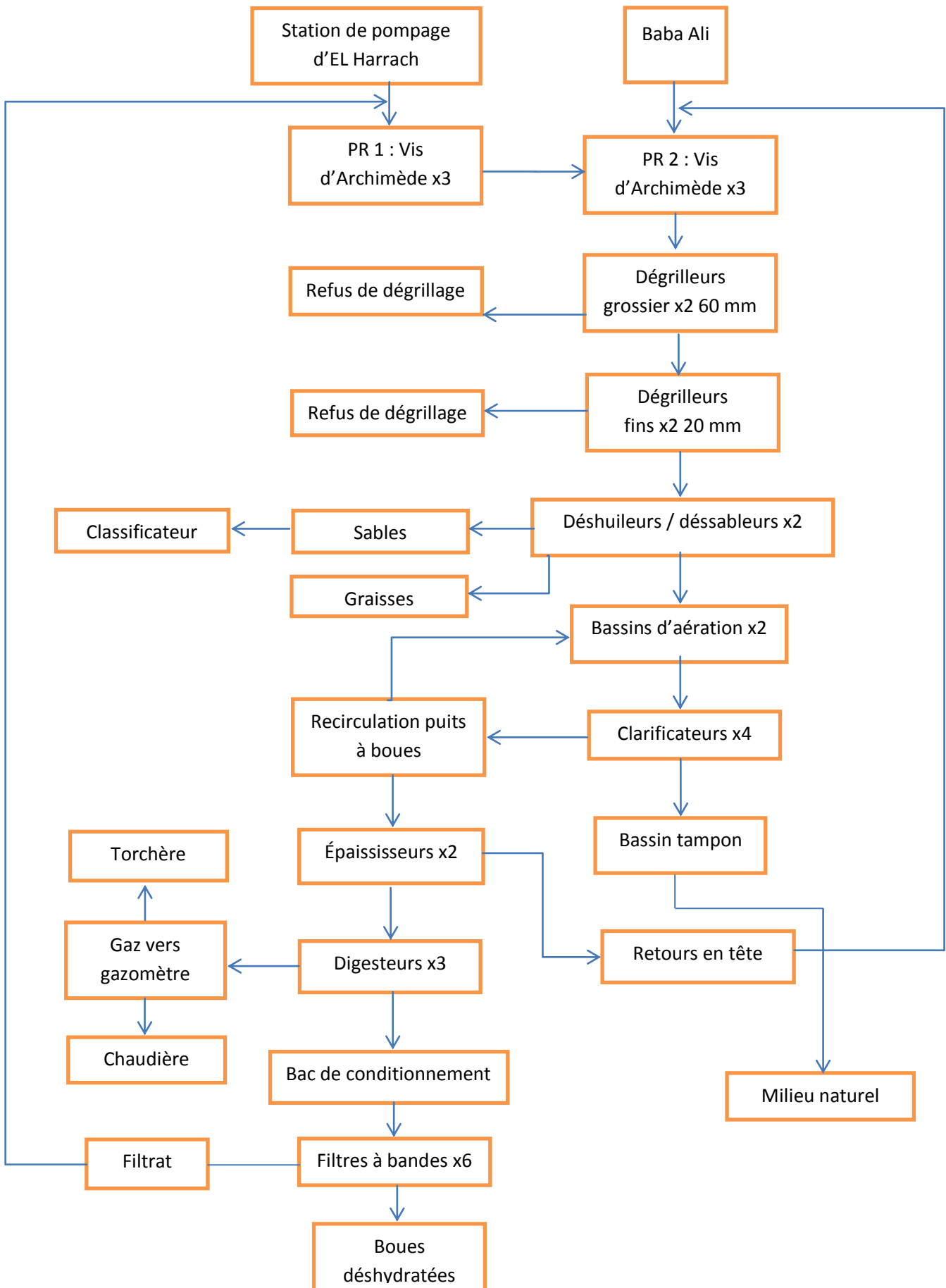


Figure 23 : Synoptique de la station d'épuration de Baraki (Amrani et Lounes 2012)

Filière eau :**Poste de relevage N°1 (PR1) :**

Il est constitué d'une fosse d'aspiration et de 3 vises d'Archimède qui assurent le relèvement des effluent venant des collecteurs Rive Gauche et Harrach Industriel, ainsi que les eaux usées internes à la station (un relèvement d'une côte de 0.45m NGA jusqu'à 9.5m).

En mode manuel, une des deux vis N° 1 et 2 est mise en marche en temps sec. Et en temps de pluie si le niveau d'eau augmente dans la fosse la vis N° 3 est mise en marche en parallèle avec une des deux vis N° 1 et 2 (tableau 10).

Le poste est muni d'un détecteur ultrasonique permettant de mesurer le niveau de la fosse, et ainsi de réguler le fonctionnement en mode automatique des vis selon le niveau dans la fosse.

Les déchets et sables piégés dans la fosse sont extraits à l'aide d'un pont portique roulant équipé d'un grappin qui couvre les deux postes de relevage.

Un Emplacement vide est réservé pour une probable extension de la station et l'ajout d'une nouvelle vis (Amrani et Lounes 2012).

Tableau 10 : Caractéristiques des vis du PR1

	Vis N°1 et N 2	Vis N°3
Débit unitaire	8280 m ³ /h	14400 m ³ /h
Hauteur de relèvement	8.58 m	7.5 m
Niveau liquide de démarrage	0.92 m	2 m



Figure 24 : Poste de relevage numéro 1 (PR1)

Poste de relevage N°2 (PR2) :

Le PR2 est aussi constitué d'une fosse d'aspiration qui reçoit les eaux de Baba Ali ainsi que les eaux relevées depuis le PR1, et comporte 3 vis d'Archimède assurant le relèvement des eaux jusqu'au poste de dégrillage à une hauteur de 15.4 m NGA.

En mode manuel, une des deux vis N° 4 et 5 sont mises en marche en temps sec. Et en temps de pluie si le niveau d'eau augmente dans la fausse la vis N° 6 est mise en marche en parallèle avec une des deux vis N° 4 et 5 (tableau 11).

Le poste est aussi doté d'un mode automatique comparable à celui du PR1

Une extension a aussi été prévu pour le PR2 pour l'ajout de 3 vis supplémentaires (**Amrani et Lounes 2012**).

Tableau 11 : Caractéristiques des vis du PR2

	Vis N°1 et N 2	Vis N°3
Débit unitaire	8640 m ³ /h	14400 m ³ /h
Hauteur de relèvement	7.6 m	6.02 m
Niveau liquide de démarrage	7.8 m	9.38 m



Figure 25 : Poste de relèvement numéro 2 (PR2)

3. Etapes de traitement et caractéristiques des ouvrages de la Step

3.1. Prétraitement

Les dispositifs de prétraitement sont indispensables dans une station d'épuration, ils permettent d'en extraire les matières volumineuses, flottantes ou en suspension qui sont susceptibles de gêner les traitements ultérieurs ainsi que d'endommager et de colmater les équipements (Amrani et Lounes 2012).

a) Dégrillage

C'est un procédé simple lors duquel l'eau passe à travers des grilles dont les barreaux retiennent les matières les plus volumineuses afin d'éviter le colmatage des conduites et l'abrasion des pompes plus en aval. Dans la Step de Baraki, le poste de dégrillage comprend deux dégrilleurs grossiers aux barreaux verticaux qui retiennent les déchets les plus volumineux et un deuxième étage de dégrillage plus fin retenant les déchets de plus petites tailles (tableau 12). Le dégrilleur fonctionne généralement en mode manuel, une vérification régulière du niveau d'eau en amont ainsi qu'un passage quotidien pour le nettoyage des abords sont donc nécessaires. Le poste est aussi muni d'un automate permettant une exploitation automatique, et un nettoyage automatique lors de l'encrassement, si une élévation du niveau d'eau est détectée en amont. Les refus de dégrillage sont évacués vers un transporteur à bennes pour leur évacuation.

Tableau 12 : Caractéristiques des dégrilleurs

	Dégrilleurs grossiers	Dégrilleurs fins
Largeur du dégrilleurs	2 m	2 m
Vitesse des effluents dans le canal	0.55 m/s	0.55 m/s
Espacement entre les barreaux	60 mm	20 mm



(a)



(b)

Figure 26 : Deux types de dégrilleurs, (a) Dégrilleur grossier, (b) Dégrilleur fin

b) Dessableur / déshuileur (dégraisseur) :

Ce procédé qui a pour but de combiner les opérations de dessablage-dégraissage est largement utilisé dans les stations d'épuration. Il permet non seulement d'extraire le sable d'une densité supérieure à celle de l'eau et qui ont tendance à se déposer au fond de l'ouvrage avant d'être aspiré par une pompe, puis essoré, lavé et mis en décharge. De plus le débit d'air injecté, augmente la vitesse de montée des particules grasses et matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau, et qui sont récupérées à la surface de l'eau. Les effluents ainsi dégrillés sont admis dans un ouvrage rectangulaire comportant 2 canaux parallèles pour subir une élimination combinée des graisses et des sables, grâce à un pont roulant motorisé muni de racleurs de fond et de surface (tableau 13). Les sables collectés dans une fosse en tête de l'ouvrage sont extraits par pompage puis triés et lavés par un classificateur avant d'être rejetés dans les bennes de stockage. Les graisses sont collectées dans une bêche en extrémité de l'ouvrage puis extraites par pompage (**Amrani et Lounes 2012**).

Tableau 13 : Caractéristiques du dessableur / Déshuileur

Nombre de canaux	2
Longueur des canaux	40 m
Largeur des canaux	4 m
Hauteur d'eau max	4.90 m
Volume de l'ouvrage	13330 m ³
Suppresseur d'air	2x 1438 m ³ /min
Débit pompe à sable	3x 60 m ³ /h

**Figure 27 : Dessableur / Déshuileur**

3.2. Traitement primaire

Le traitement primaire est une simple décantation qui permet de se débarrasser de plus de 50% des matières en suspension. Ces MES limitent la pénétration de la lumière dans l'eau et diminuent la teneur en oxygène dissous ce qui gênera ou du moins diminuera l'efficacité des traitements ultérieurs. Cependant la Step de Baraki ne présente pas de décanteurs primaires pour le moment, car ils ont été endommagé par le séisme de 2003 et sont en cours de réhabilitation (Amrani et Lounes 2012).

3.3. Traitement secondaire (biologique)

a) Bassins d'aération

Dans le bassin d'aération les eaux usées sont mises en contact avec une culture biologique, appelée « boues activée » le bassin lui procure un apport d'oxygène permettant aux microorganismes de se développer et de s'agglomérer sous forme de floes en utilisant la pollution comme un substrat nécessaire à la production d'énergie et à la synthèse de nouvelles cellules vivantes.

La Step est constituée de 2 bassins d'aération de mêmes dimensions à insufflation d'air avec mélangeur de type POLOCON fixé au fond du bassin, assurant ainsi l'homogénéité du mélange et l'aération de l'eau tout en évitant la décantation des boues. La production d'air nécessaire à l'aération est assurée par trois turbocompresseurs (tableau14) (Amrani et Lounes 2012).

Tableau 14 : Caractéristiques des bassins d'aération

Nombre de bassins	2
Longueur des bassins	63 m
Largeur des bassins	2x 42 m
Hauteur d'eau	6.8 m
Volume utile	36000 m ³
Nombre et capacité des turbocompresseurs	3x 32124 m ³ /h



Figure 28 : Le bassin d'aération

b) Clarificateurs

Les effluent mis précédemment au contact des boues dans les 2 bassins d'aération passent par le clarificateur afin de subir une décantation et ainsi séparer l'eau épurée des boues activée. La décantation dans la Step est assurée par quatre clarificateurs circulaires avec extraction des boues par succion à l'aide de plusieurs siphons placés tout au long des ponts racleurs (tableau 15).

Les eaux épurées rejoignent ensuite un bassin tampon avant d'être rejeté vers le milieu naturel.

Une partie des boues est recyclée dans le bassin d'aération sous forme de liqueur mixte pour en assurer le réensemencement et les boues en excès sont extraites pour subir un traitement ultérieure (Amrani et Lounes 2012).

Tableau 15 : Caractéristiques des clarificateurs

Nombre de clarificateurs	4
Diamètre	60 m
Surface unitaire	2827 m ²
Hauteur	3.1 m
Volume unitaire	8900 m ³



Figure 29 : Le clarificateur

c) Poste de recirculation et d'extraction des boues

Les boues reprises au centre du décanteur sont transférées par gravité vers le poste de recirculation et d'extraction des boues pour être soit renvoyées vers le bassin d'aération, afin de maintenir une concentration en micro-organismes nécessaire pour assurer le niveau d'épuration biologique et les boues en excès sont dirigées vers des ouvrages de traitement des boues. La recirculation est assurée au moyen de deux vis d'Archimède d'un débit max de $3150\text{m}^3/\text{h}$. Et 3 pompes à boues de débit unitaire $220\text{m}^3/\text{h}$ sont implantées au niveau du local en dessous des vis de recirculation (**Amrani et Lounes, 2012**).



Figure 30 : Poste de recirculation et d'extraction des boues

3.4.Traitement complémentaire

Un bassin de Chloration est disponible pour désinfecter les eaux épurées, il n'est cependant plus utilisé à cet effet et les eaux épurées sont donc rejetées sans recevoir de traitements complémentaires (**Amrani et Lounes 2012**).

1. Ouvrage de rejets

Les eaux épurées sont rejetées dans l'oued El Harrach par l'intermédiaire d'une galerie de 4x4m équipée au niveau de l'exutoire d'un ouvrage assurant une aération des eaux traitées par turbulence et le rejet dans l'oued (**Amrani et Lounes 2012**).

Tableau 16: Matériel pour les analyses physicochimiques

<p>❖ Appareillage</p> <ul style="list-style-type: none"> -Agitateur Magnétique -Balance De Précision Du Laboratoire -Bloc Chauffant Pour DCO (Thermostat) -Bloc D'incubation Des Bouteilles DBO (Manomètres A Membranes) A 20°C -Dessiccateur -Dispositif De Filtration Sous Vide (Pompe A Vide) -Eprouvette -Etuve 105°C -Four (600°C) Incinérateur Rapide -Hotte A Flux Luminaire - Incinérateur -Oxytops -Papiers Filtres A 0,45µm -Ph Mètre -Pissettes D'eau Distillée -Spectrophotomètre (Dr2800) -Tubes A Essai - Tubes De Réactifs A DCO -Pipette 2 Ml 	<p>❖ Colorants, réactifs et produits chimiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Sulfate Mercurique -Soude -Acide Sulfurique -Sulfate De Potassium -Sulfate D'argent -Solution De Dichromate De Potassium -Indicateur Féroïen -Sulfate Ammoniacal Ferreux -Fuchsine Basique -Ethanol -Eau De Javel -Eau Déminéralisée -Oxalate D'ammonium -Violet Cristallisé -Iodure De Potassium -Chlorure De Sodium -Acétate De Sodium -Ether
---	---

Tableau 17 : Matériel pour les analyses microbiologiques

❖ Appareillage	❖ Milieus de culture et réactifs
-Bain Marie	-Eau Physiologique
-Bec Bunsen	-TTC
-Boîtes De Pétrie	-TSA
-Etuves A 37°C Et 44°C	-Tryptophane
-Anse De Platine	-Schubert
-Pipettes Pasteur	-Kowacs
-Portoir	- Disques D'oxydase
- Rampe De Filtration	-Slanetz Et Bartely
-Tubes A Essai	-Réactif De Slanetz
-Pincés Stériles	-Bile-Esculine-Azoture (BEA)
	-Chapman
	-Solution De Peroxyde D'hydrogène
	- Bouillon Cœur-Cervelle (BHIB)
	-Mannitol Mobilité
	-Huile De Vaseline
	- Eau Peptonée Alcaline (EPA) 10 Fois Concentré
	- Gélose Nutritive Alcaline Bilée (GNAB)
	-Eau Peptonée Tamponnée (EPT)
	-Rappaport Vassiliadis Soja (RVS)
	-Hektoen
	- Triple Sugar Iron (TSI)
	- Galerie Biochimique API 20 E
	- Bouillon Lactosé Au Vert Brillant (S/C) (VBL)
	-Bouillon Giolitti Cantoni
	-Oxytétracycline Glucose Agar (OGA)
	-Plate Count Agar PCA

Tableau 18 : Composition des milieux de culture

Eau physiologique	<ul style="list-style-type: none"> Chlorure de sodium 9g + Eau distillée 1000ml Préparation : dissoudre dans l'eau et répartir en tubes de 9 ml. Autoclavage : 20 min à 121°C
TTC	<ul style="list-style-type: none"> Peptone 10,0 g + Extrait de viande 5,0 g + Extrait de levure 6,0 g + Lactose 20,0 g + Tergitol 10 mg + Chlorure de Triphényl Tétrazolium 25 mg + Bleu de bromothymol 50 mg + Agar 13,0 g à un pH 7,2
TSA	<ul style="list-style-type: none"> Tryptone 15,0 g + Peptone papainique de soja 5,0 g + Chlorure de sodium 5,0 g + Agar agar bactériologique 15,0 g et pH 7,3 ± 0,2 à 25 °C
Tryptophane	<ul style="list-style-type: none"> Tryptone 10,0 g + L-Tryptophane 1,0 g + Chlorure de sodium 5,0 g + et un pH 7,5 ± 0,2 à 25°C
Réactif de Kovacs	<ul style="list-style-type: none"> Paradiméthylaminobenzaldéhyde + 5,0 g Alcool isoamylique +75,0 ml + Acide chlorhydrique 25,0 ml
Slanetz et Bartely	<ul style="list-style-type: none"> Tryptose 20,0 g + Extrait autolytique de levure 5,0 g + Glucose 2,0 g + Phosphate dipotassique 4,0 g + Azide de sodium 0,4 g + Chlorure de 2, 3, 5 triphényltétrazolium 0,1 g + Agar agar bactériologique 10,0 g et un pH 7,2 ± 0,2 à 25°C
Bile-Esculine-Azoture (BEA)	<ul style="list-style-type: none"> Tryptone 7,00 g + Peptone pepsique de viande 3,00 g + Extrait autolytique de levure 5,00 g + Bile de bœuf bactériologique 10,00 g + Chlorure de sodium 5,00 g + Esculine 1,00 g + Citrate ferrique ammoniacal 0,50 g + Azide de sodium 0,15 g + Agar agar bactériologique 13,00g et un pH 7,1 ± 0,2 à 25°C
Chapman	<ul style="list-style-type: none"> Tryptone 5,0 g + Peptone pepsique de viande 5,0 g + Extrait de viande 1,0 g + Mannitol 10,0 g + Chlorure de sodium 75,0 g + Rouge de phénol 25,0 mg + Agar agar bactériologique 15,0 g et un pH 7,1 ± 0,2 à 25°C
Bouillon cœur-cerveille (BHIB)	<ul style="list-style-type: none"> Extrait cœur-cerveille 17,5 g + Peptone pancréatique de gélatine 10,0 g + Chlorure de sodium 5,0 g + Phosphate disodique 2,5 g + Glucose 2,0 g pH 7,4 ± 0,2 à 25°C

Mannitol mobilité	<ul style="list-style-type: none"> Hydrolysats tryptique de caséine 10,0 g + Mannitol 7,5 g + Rouge de phénol 0,04 g + Nitrate de potassium 1,0 g + Agar 3,5 g à un pH 7,6
Bouillon Lactosé au Vert Brillant (VBL)	<ul style="list-style-type: none"> Peptone pepsique de viande 7,0 g + Extrait autolytique de levure 3,0 g + Lactose 10,0 g + Sels biliaires 1,5 g + Chlorure de sodium 5,0 g + Rouge neutre 30,0 mg + Cristal violet 2,0 mg + Agar agar bactériologique 12,0 g pH 7,4 ± 0,2 à 25°C
Gélose Hektoen	<ul style="list-style-type: none"> Peptone 12g + Extrait De Levure 3g + NaH_2PO_4 0.6g + Hyposulfure De Sodium 5g + Sel Biliaires 9g + Citrate De Fer Ammoniacal 1.5g + Salicine 2g + Lactose 12g + Saccharose 12g + Fuchsine Acide 40mg + Bleu De Bromothymol 64g + Gélose 13g + Eau Distillée 1000g
Oxytétracycline Glucose Agar (OGA)	<ul style="list-style-type: none"> Extrait autolytique de levure 5g + Glucose 20g + Oxytétracycline 0,1g + Eau distillée 1000ml + Agar-agar 15g à pH du milieu 6,6 ± 0,2
Gélose PCA	<ul style="list-style-type: none"> Tryptone 5,0 g + Extrait de levure 2,5 g + Glucose 1 g + Agar
Bouillon Giolitti-Cantoni	<ul style="list-style-type: none"> Peptone de caséine 10g + Extrait de viande 5g + Extrait de levure 5g + Chlorure de lithium 5g + Mannitol 20g + Chlorure de sodium 5g + Glucine 12g + Pyruvate de sodium 5g+ Eau distillée 1000ml + Ajout de Tellurite de potassium 0,025g à pH final 7,4
Milieu Schubert	<ul style="list-style-type: none"> Tryptophane 0,2g + Acide glutamique 0,2g + Sulfate de magnésium 0,7g + Sulfate d'ammonium 0,4g + Citrate de sodium 0,5g + Chlorure de sodium 2g + Peptone 10g + Mannitol 7,5g + Eau distillée 500ml + Tampon phosphate à pH 7,6 500ml Stériliser à l'autoclave 10 min à 115°C 15

Tableau 19 : Matériel pour le dosage des éléments traces

<p>❖ Appareillage</p> <ul style="list-style-type: none"> - Matériel courant de laboratoire - Appareil spécifique : Système de Spectrométrie d'Absorption Atomique: A 400 PERKIN ELMER 	<p>❖ Réactifs</p> <ul style="list-style-type: none"> -Eau distillée - Acide nitrique concentré, HN03 (densité = 1.40 g/ml) - Acide nitrique (HN03)
--	--

Tableau 20 : Matériel pour le dosage des pesticides

❖ Appareillage	Kits et réactifs
-Système de Charme 2 (6000, 6600 et 7600) Analyseur de Charm 2	- Pastilles W, Y, Z.
-Pipettes à volumes fixe (50, 100 et 1000 μ l)	-Acétone
-Hôte chimique (recommandé)	-Contrôle positif (pastilles)
-Mixer/blender	-Eau exempt de pesticides
-Vortex	-Ethyle acétate
-Bonbonne de nitrogène (facultatif)	-Solutions W et Z
-Balance ($\pm 0,1$ g)	-Sulfate de sodium
-Système d'évaporation	
-GLASS Solvant dispensé 2ml	
-Microtubes avec bouchons	
-Tubes coniques (15ml)	
-Centrifugeuse	
-Cônes pour micropipettes (200et 1000 μ l)	
-Pipettes 10ml	
-Tubes à essai en verre borosilicatés	
-Bouchons pour tubes à essai	

Tableau 21 : Normes de réutilisation des eaux usées épurées (FAO, 1985; OMS, 1989 ; JORA, 2012)

Paramètres	unités	Normes		
		FAO (1985)	OMS (1989)	JORA (2012)
pH		6,5-8,4		6,5-8,5
Température	C°	30		30
CE	ds/m	<0,7 Aucune restriction 0,7 – 3,0 restriction légère à modérée > 3,0 * Forte restriction		3
MES	mg/l	<30		30
DCO	mg O ₂ /l	< 40		90
DBO₅	mg O ₂ / l	<10		30
Coliformes totaux	UFC/100ml	Non disponible		Non disponible
Coliformes fécaux	UFC/100ml	Non disponible		1000
Streptocoque fécaux	UFC/100ml	1000		Non disponible
Salmonelles	UFC/1L	Absence		Non disponible

Tableau 22 : Normes algériennes des éléments toxiques des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation (**JORA 2012**)

Paramètres	Unité	Concentration maximale admissible
Cadmium	mg/l	0,05
Chrome	mg/l	1,0
Cobalt	mg/l	5,0
Cuivre	mg/l	5,0
Fer	mg/l	20,0
Plomb	mg/l	10,0
Nickel	mg/l	2,0
Zinc	mg/l	10,0

Tableau 23 : Estimation de la minéralisation à partir de la conductivité (**Rodier et al., 2005**)

Valeur de la conductivité ($\mu\text{S/cm}$)	Minéralisation correspondante
Conductivité < 100	Minéralisation très faible
100 < Conductivité < 200	Minéralisation faible
200 < Conductivité < 333	Minéralisation moyenne
333 < Conductivité < 666	Minéralisation moyenne accentué
666 < Conductivité < 1000	Minéralisation importante
Conductivité > 1000	Minéralisation élevée

Tableau 24 : Norme microbiologique des légumes frais et autres végétaux crus (**JORA 1986**)

Produit	n	c	m
<i>Escherichia coli</i>	5	2	10^2

Sachant que :

n : nombre d'échantillons utilisés,

c : nombre d'échantillons positifs,

m : nombre maximum de microorganismes acceptés

Tableau 25 : Directives concernant la qualité microbiologique et parasitologique des eaux usées utilisées en agriculture (OMS, 1989)

Catégories	Condition de réutilisation	Groupe exposé	Nématodes intestinaux (nombre d'œuf/litre-moyenne arithmétique)	Coliforme intestinaux (nombre/100 ml) moyenne géométrique	Procédé de traitement susceptible d'assurer la qualité microbiologique voulue
A	Irrigation des cultures destinées à être consommées crues, des terrains de sports, des jardins publics	Ouvriers agricoles, consommateurs, publics	≤ 1	≤ 1000	Une série de bassins de stabilisation conçus de manière à obtenir la qualité microbiologique voulue ou tout autre procédé de traitement équivalent
B	Irrigation des cultures céréalières industrielles et fourragère, des pâturages et des plantations d'arbres	Ouvriers agricoles	≤ 1	Aucune norme n'est recommandée	Rétention en bassins de stabilisation pendant 8 à 10 jours ou tout autre procédé d'élimination d'helminthes et des coliformes fécaux
C	Irrigation localisées des cultures de la catégorie B, si les ouvriers agricoles et le public ne sont pas exposés	Néant	Sans objet	Sans objet	Traitement préalable en fonction de la technique d'irrigation, mais au moins sédimentation primaire

Tableau 26 : Résultats des analyses physico-chimiques des eaux usées et traitées (EB et ET)

Paramètres	Température		pH		Conductivité électrique		MES		DCO		DBO ₅	
	°C				μS/cm		mg/l		mg O ₂ /l		mg/l	
Prélèvements	EU	ET	EU	ET	EU	ET	EU	ET	EU	ET	EU	ET
15/01/2015	12.4	11.2	7.51	7.12	1440	1331	1036	12	1212	16.4	680	08
28/01/2015	12.8	12.6	7.59	7.09	1391	1652	1060	07	922	25.5	540	11
02/02/2015	14.7	10.4	7.40	7.18	1154	1141	94	3.6	186	23	100	04
22/02/2015	11.4	10.3	7.46	7.58	1426	1397	148	12	210	32.6	140	20
05/03/2015	13.1	11.2	7.64	7.63	1914	1604	1146	16	1417	37.8	820	11
09/03/2015	12.5	10.8	7.59	7.58	1840	1746	1268	12	1442	32.6	860	20
11/03/2015	14.3	9.9	7.53	7.20	1473	1741	278	09	446	31.4	260	10
23/03/2015	13.4	11.2	7.44	7.38	1824	1746	475	02	614	38.6	380	02
20/04/2015	15.8	12.9	7.49	7.33	1788	1777	204	17.2	436	48.8	240	22
29/04/2015	9.9	9.9	7.31	7.27	1821	1784	602	27	922	56.1	740	24
04/05/2015	16,8	10.6	7,38	7,34	1674	1592	256	16,8	527	71,3	280	22
07/05/2015	17	09.6	7.49	7,33	1693	1660	272	17,6	488	60,1	260	19
10/05/2015	18,9	13.7	7,41	7,27	1636	1698	284	16,8	562	49	280	19
17/05/2015	17.7	16.4	7,32	7,27	1534	1644	234	16	240	74,4	468	29
24/05/2015	16,1	15,7	7,54	7,59	1637	1695	360	23,2	590	61,7	420	17
28/05/2015	16,8	10,4	7,59	7,24	1702	1611	460	12	719	49,7	440	26
02/06/2015	16,8	16,8	7,29	7,28	1591	1702	386	20	570	79,5	320	34
04/06/2015	16,8	16,1	7,46	7,91	1591	1601	266	25,2	494	64,8	280	22
07/06/2015	13,7	13,2	7,66	7,56	1677	1547	192	16	404	79,3	200	41
14/06/2015	13,2	11,4	7,64	7,72	1683	1662	1510	70	1698	122	740	45
15/06/2015	15,3	15,5	7,61	7,71	1585	1229	600	25	561	84,2	280	27
17/06/2015	15,9	16,2	7,68	7,78	1626	1694	278	16,4	376	63,6	180	26



97 Parc Ben Omar, BP 49
16050 Kouba - Alger
Tel +213 (0)21 98 68 03
Fax +213 (0)21 68 97 52



Devis/Contrat : **2015D080012**
Echantillon enregistré le : 03 août 2015 10:36
Echantillon N° : **312105**

CLIENT PRIVE 2015 LABO CENTRAL
Client prive 2015 labo central
-
Algérie

Rapport d'essai **2015 / 312105 - 00**

Alger, le lundi 21 septembre 2015

Prélevement du : 03/08/2015 Date début Analyse : 03/08/2015
Prélevé par : Vos Soins Conditionné par : Vos soins
Point de surveillance : E/de reseau etu Blida
Matrice : Eaux Propres Typologie : Eau Traitée - Eau de Réseau

Recommandations :

RESULTATS D'ESSAIS :

PARAMETRE	NORME / METHODE	RESULTAT	UNITES	Limites réglementaires
Chimie				
Paramètres minéraux				
1 Dosage du calcium	ISO 6058 NA 1655	70	mg/l	200
Détermination du titre hydrotimétrique	ISO 6059 NA 752	29	°f	50
1 Dosage du magnésium	ISO 6059 NA 752	29	mg/l	
Dosage des bicarbonates	T 90-036	180	mg/l	
Détermination du titre alcalimétrique	T 90-036	0	°f	
Détermination du titre alcalimétrique complet	T 90-036	15.1	°f	
1 Dosage des chlorures	NF ISO 9297	88.2	mg/l	500
1 Détermination des sulfates	NF EN ISO 22743	140	mg/l	400
Dosage du sodium	AAS flamme	Non effectué	mg/l	200
Dosage du potassium	AAS flamme	Non effectué	mg/l	12
Paramètres physico-chimiques/pollutions				
1 Détermination de la turbidité	NA 746	0.22	NTU	5
1 Détermination du pH	NA 751	7.56	-	>=6,5-<=9
Détermination de la température	NA 751	27	°C	25
1 Détermination de la conductivité électrique	NA 749	736	µs / cm	2800
1 Dosage des nitrates	NF EN ISO 13395	3.6	mg/l	50
1 Dosage des nitrites	NF EN ISO 13395	<0.03	mg/l	0.2
1 Dosage des orthophosphates	NF EN ISO 15681-2	<0.04	mg/l	
1 Dosage de l'ammonium	ISO 7150-1	<0.03	mg/l	0.5

Conclusion :

Le présent rapport d'essai ne concerne que les échantillons soumis aux essais. Il comporte 2 page(s). La reproduction de ce rapport d'analyse n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il ne doit pas être reproduit partiellement sans l'approbation du laboratoire d'essais.
Si un avis de conformité est émis, celui-ci ne tient pas compte de l'incertitude de mesure. Les incertitudes de mesure sont fournies à la demande du client.
(A) paramètres sous accréditation. Portée disponible sur demande.

Figure 31 : Résultats de l'analyse physico-chimique de l'eau de ville de Baraki

Tableau 27 : Rapport de biodégradabilité (DCO/DBO₅)

Mois	DCO/DBO ₅ (EB)	DCO/DBO ₅ (ET)
Janvier	1,74	2,20
Février	1,65	2,31
Mars	1,68	3,26
Avril	1,38	2,28
Mai	1,45	2,77
juin	2,05	2,53
Moyenne	1,65	2,39

Tableau 28 : Résultats des analyses microbiologiques des trois types d'eaux (EV, EB et ET)

		P1	P2	P3	P4	P5
Coliformes totaux UFC/ 100ml	EV	98	35	292	97	240
	EB	2.8 x 10 ³	3.6 x 10 ³	3.2 x 10 ³	2.7 x 10 ³	3.1 x 10 ³
	ET	1.12 x 10 ³	03 x 10 ³	2.9 x 10 ³	2.7 x 10 ³	2.8 x 10 ³
Coliformes fécaux UFC/ 100ml	EV	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
	EB	2.4 x 10 ³	2.9 x 10 ³	03 x 10 ³	2.3 x 10 ³	03 x 10 ³
	ET	1.12 x 10 ³	2.8 x 10 ³	2.4 x 10 ³	02 x 10 ³	2.5 x 10 ³
<i>E. coli</i> UFC/ 100ml	EV	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
	EB	2.24 x 10 ³	2.9 x 10 ³	2.4 x 10 ³	2.3 x 10 ³	1.8 x 10 ³
	ET	8.96 x 10 ²	2.24 x 10 ³	2.4 x 10 ³	02 x 10 ³	1.5 x 10 ³
Entérocoques UFC/ 100ml	EV	11	03	Abs	Abs	Abs
	EB	3.1 x 10 ³	2.9 x 10 ³	3.6 x 10 ³	2.7 x 10 ³	2.8 x 10 ³
	ET	2.9 x 10 ³	2.7 x 10 ³	1.29 x 10 ³	2.6 x 10 ³	1.5 x 10 ²

Tableau 29 : Moyenne des résultats des analyses bactériologiques : germes pathogènes des trois types d'eaux

	EV	EB	ET
Coliformes totaux UFC/ 100ml	1.52 x 10 ²	3.08 x 10 ³	2.5 x 10 ³
Coliformes fécaux UFC/ 100ml	Abs	2.72 x 10 ³	2.16 x 10 ³
<i>E. coli</i> UFC/ 100ml	Abs	2.32 x 10 ³	1.8 x 10 ³
Entérocoques UFC/ 100ml	Abs	3.02 x 10 ³	1.9 x 10 ³

Tableau 30 : Concentration des métaux lourds dans d'eau de ville, usée et traitée de la Step de Baraki

	P1			P2			P3		
	EV	EU	ET	EV	EU	ET	EV	EU	ET
Cadmium	<0.02	<0.02	<0.02	0.003	0.002	0.01	0.004	0.003	0.003
Cobalt	<0.04	<0.04	<0.04	0.04	0.04	0.06	0.02	0.02	0.02
Cuivre	<0.02	<0.02	<0.02	0.03	<0.02	0.01	0.01	0.03	0.01
Fer	0.02	2.12	0.3	0.004	0.2	4.3	<0.1	0.3	<0.1
Plomb	0.02	0.01	0.005	0.004	<0.07	0.02	0.05	0.05	0.04
Nickel	0.02	0.02	0.02	0.02	0.008	0.03	<0.04	<0.04	<0.04
Zinc	0.06	0.1	0.05	3.0	0.01	1.0	0.3	0.003	0.01

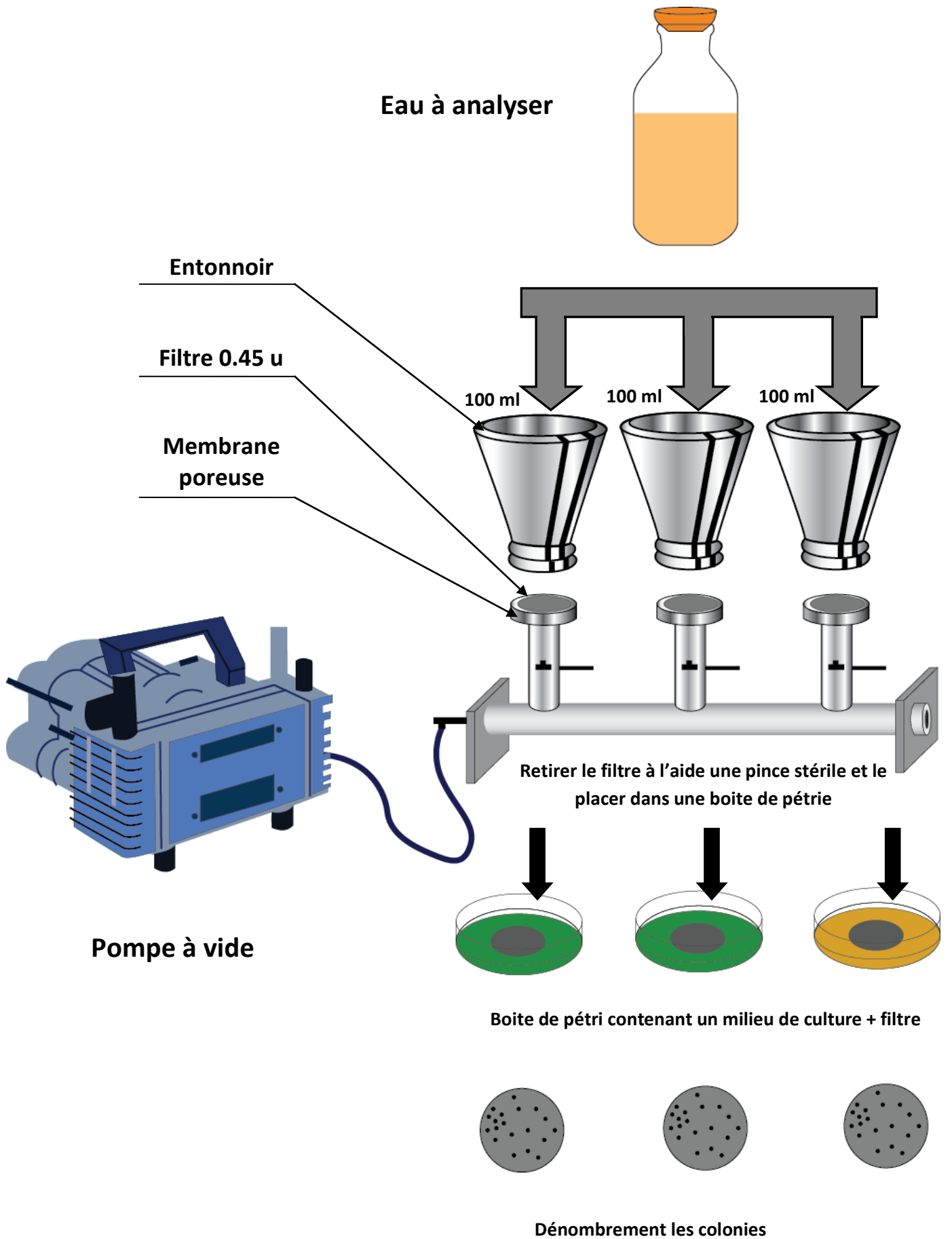


Figure 31 : Technique de filtration sur membrane



A

A



B



C



D

Figure 32 : Etapes d'identification de la *Salmonella* spp trouvée dans l'ET



Figure 33 : Spectromètre d’Absorption Atomique (SAA) A 400 PERKIN ELMER



Figure 34 : Dispositif de la RRA (Charm II 6600/7600 Analyzers)



Hotte aspirante



Charm 2 système



Agitateur



Incubateur



Centrifugeuse



Eau exempt de pesticides + Solutions W et Z



Pastilles du contrôle positif + Pastilles W, Y, Z