

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem

Faculté Des Sciences de La Nature et de La Vie

Département de Biologie

UNIVERSITÉ
Abdelhamid Ibn Badis
MOSTAGANEM

UNIVERSITÉ
Abdelhamid Ibn Badis
MOSTAGANEM

Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES BIOLOGIQUES

Spécialité : Biochimie appliquée

Par

**BELGHOUL Kahla
&
HAMMOU Marwa**

Thème :

Les analyses biochimiques, physicochimiques et microbiologiques de jus d'orange et de grenade irriguée par les eaux usées traitées

Soutenue le **26/06/2023** devant le jury composé de :

Président	Chadli .R	Pr	Université de Mostaganem
Encadreur	Dahmouni .S	MAA	Université de Mostaganem
Examinateur	Arabi. A	MCB	Université de Mostaganem
Co-encadreur	Benguenouna .N	Doctorant	Université de Mostaganem

Année Universitaire : 2022/2023

Remerciement

Avant tout, nous remercions le BON DIEU tout puissant de nous avoir Donné le courage, la volonté et la patience pour terminer ce travail.

Nous tenons à remercier en premier lieu notre encadreur DAHMOUNI S, a pour son aide précieux et ces conseils judicieux.

Merci a monsieur BENABDELMOUMENE Dj directeur de laboratoire de physiologie animale appliquée qui nous permettons d'élaborer nos recherches dans les meilleures conditions possible.

On adresse nos remerciements les plus sincères à M. CHADLI pour l'honneur qu'il nous fait en acceptant de présider ce jury

On tient à remercier profondément M. ARABI, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nos sincères remerciements à monsieur BENGUENNOUNA N pour son aide scientifique précieuse, tous les conseils qu'il nous a donnés, et les efforts, la bienveillance et le soutien que nous avons reçus pendant les moments les plus difficiles de ce travail.

Mes remerciements à Mr. BOUZOUINA M, pour sa gentillesse et son aide.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les professeurs qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences ont soutenu dans la poursuite de nos études.

Dédicace

*Je commence par rendre grâce à Dieu, pour la patience, la compétence
Et le courage qu'il m'a donné pour arriver à ce stade et de m'avoir
Donné la force d'accomplir mes études.*

Avec tout mon amour éternel et avec l'intensité de mes émotions, je

Dédie ce mémoire :

*A mon très cher père pour tous ce qu'il a fait pour moi durant toutes mes
Années d'étude, pour ses encouragements et ses orientations.*

*A ma très chère mère pour son sacrifice, son aide, ses conseils et sa
patience.*

A ma chère sœur

A toutes les familles : Belghoul, Zaiti

A mon encadreur : Dahmouni

A mon binôme : Marwa

Mes amies « Souad, Zineb », je vous dédie ce travail en vous

Souhaitons un avenir radieux.

Mes enseignants qui m'ont suivi tout au long de mon cursus universitaire.

A tous mes collègues de la promotion 2023biochimie

A Tous ceux que j'ai oubliés de citer

Kahla

Dédicace

Tout d'abord, merci à dieu de nous avoir donnée la force pour terminer ce travail.

J'ai le plaisir de dédier ce modeste travail :

À mes chers parents, qui m'avez dirigé et suivi pendant toutes mes années d'études.

Pour leur

Patience, leur amour, leur soutien, et leurs encouragements.

A toutes ma grande famille sans exception

A mon frère

A mes chères sœurs.

A mon encadreur : Ms. Dahmouni

A ma chère binôme : Kahla

A mes adorables amies

A tous les enseignants qui m'ont suivies au long de mon cursus universitaires

A tous mes collègues de la promotion 2023 biochimie.

A toute personne m'ayant aidé de près ou de loin.

Marwa

Résumé

L'eau est une matière indispensable à la vie, et de l'activité humaine. Le rejet des eaux usées chargées en substances polluantes dans l'environnement sans aucun traitement préalable est un motif de préoccupation croissant compte tenu des effets indésirables qu'elles peuvent engendrer sur la santé humaine, la flore et la faune, donc la réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation agricole apparaît comme une alternative nécessaire.

L'objectif de notre travail est d'évaluer la qualité physico-chimiques et microbiologiques des eaux usées épurées de la station d'épuration de Bouguirat, et d'étudier l'effet de l'irrigation par ces eaux sur la qualité physico-chimiques et microbiologiques des fruits d'orange et de grenadier.

Les résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau usée épurée (pH= 7.07 ; T°=22.3°C ; MES= 16mg/l ; DBO5=18mg/l et DCO=72mg/l) montrent que cette dernière peut être utilisée en irrigation et ne présente aucun risque selon les normes algériennes de rejets, par contre les résultats des paramètres microbiologiques montrent que ces eaux sont caractérisés par une contamination fécale.

En effet, les eaux usées traitées n'ont pas d'effet notable sur les caractéristiques physico-chimiques où le taux des flavonoïdes, vitamine C lipides et des protéines diminue dans le jus d'orange et le jus de grenade irrigués par les EUT, et augmenter dans les plantes arrosées avec l'eau de puits. Dans ce qui augmente la teneur de polyphénols, sucre et caroténoïdes dans les plantes irrigués avec EUT à cause de degré de maturation des fruits et les conditions de l'environnement. Concernant les résultats des analyses microbiologiques sont conformes aux normes et ne présente aucune contamination.

Mots clés : eau usée, traitement, STEP Bouguirat, irrigation, orange, grenade.

ملخص

الماء مادة أساسية للحياة والنشاط البشري. يعتبر تصريف المياه العادمة المحملة بالمواد الملوثة في البيئة دون أي معالجة مسبقة سبباً للقلق المتزايد نظراً للأثار الضارة التي يمكن أن تسببها على صحة الإنسان والنباتات والحيوانات ، وبالتالي فإن إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة للري الزراعي يبدو كبديل ضروري.

الهدف من عملنا هو تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية لمياه الصرف الصحي النقية من محطة معالجة مياه الصرف الصحي في بوقيرات ، ودراسة تأثير الري بهذه المياه على الجودة الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية لثمار البرتقال والرمان.

تظهر نتائج المعلمات الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف الصحي النقية (pH = 7.07 ؛ T° = 22.3 °C ؛ MES = 16mg / l ؛ BOD5 = 18mg / l و COD = 72mg / l) أنه يمكن استخدام الأخير للري ولا يمكن تقديمه لا يوجد خطر وفقاً للمعايير الجزائرية للتصريف ، من ناحية أخرى ، تظهر نتائج المعايير الميكروبيولوجية أن هذه المياه تتميز بالتلوث البرازي.

في الواقع ، ليس لمياه الصرف الصحي أي تأثير ملحوظ على الخصائص الفيزيائية والكيميائية حيث ينخفض معدل مركبات الفلافونويد ودهون فيتامين سي والبروتينات في عصير البرتقال وعصير الرمان المروري بواسطة مياه الصرف الصحي المعالجة ، وزيادة النباتات التي تسقى بمياه الآبار. فيما يزيد محتوى البوليفينول والسكر والكاروتينات في النباتات المرورية باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة بسبب درجة نضج الثمار والظروف البيئية. فيما يتعلق بنتائج التحاليل الميكروبيولوجية تتوافق مع المعايير ولا تظهر أي تلوث.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي ، المعالجة ، محطة معالجة مياه الصرف الصحي بوقيرات ، الري ، البرتقال ، الرمان .

Abstract

Water is an essential material for life and human activity. The discharge of wastewater loaded with polluting substances into the environment without any prior treatment is a reason for growing concern given the adverse effects it can cause on human health, flora and fauna, therefore the reuse of wastewater treated for agricultural irrigation appears as a necessary alternative.

The objective of our work is to assess the physico-chemical and microbiological quality of purified wastewater from the Bouguirat wastewater treatment plant, and to study the effect of irrigation by these waters on the physico-chemical and microbiological quality. orange and pomegranate fruits.

The results of the physicochemical parameters of the purified wastewater (pH= 7.07; T° =22.3°C ; MES= 16mg/l; BOD5=18mg/l and COD=72mg/l) show that the latter can be used for irrigation and cannot presents no risk according to the Algerian standards of discharges, on the other hand the results of the microbiological parameters show that these waters are characterized by faecal contamination.

Indeed, treated wastewater has no noticeable effect on the physico-chemical characteristics where the rate of flavonoids, vitamin C lipids and proteins decreases in orange juice and pomegranate juice irrigated by EUTs, and increase in plants watered with well water. In what increases the content of polyphenols, sugar and carotenoids in plants irrigated with EUT due to degree of fruit ripening and environmental conditions. Regarding the results of the microbiological analyzes comply with the standards and show no contamination.

Keywords: wastewater, treatment, wastewater treatment plant Bouguirat, orange, irrigation, grenada.

Liste des figures	page
Figure 01 Procédés de traitements des eaux usées	07
Figure 02 Coupe transversale de l'orange	16
Figure 03 Coupe transversale d'un fruit et d'une graine typiques de grenade (Arilles)	20
Figure 04 Valeurs du pH des jus d'orange et de grenade	42
Figure 05 Taux de l'humidité d'orange et de grenade après le séchage.	43
Figure 06 Teneur en matière sèche (en %) des (orange et grenade) après séchage	44
Figure 07 Teneur en cendre des (orange et grenade) après séchage	45
Figure 08 Teneur en polyphénols totaux (en mg EAG/ml) des (orange et grenade)	46
Figure 09 Teneur en flavonoïdes (en mg EQ/ml) dans le jus des (orange et grenade)	47
Figure 10 Teneur en caroténoïdes (mg/ml) dans le jus des (orange et grenade)	48
Figure 11 Teneur en lipides (g) dans le jus des (orange et grenade)	49
Figure 12 Teneur en protéines (%) dans le jus des (orange et grenade)	50
Figure 13 Teneur en sucres totaux (g) dans le jus des (orange et grenade)	51
Figure 14 Teneur en vitamine C (mg/ml) dans le jus des (orange et grenade)	52

Liste des tableaux	page
Tableau 01. Normes de rejets internationales	14
Tableau 02. Normes de rejet des eaux usées appliquées en Algérie	15
Tableau 03. Classification de l'oranger	17
Tableau 04. Valeur nutritionnelle de l'orange	18
Tableau 05. Classification de la grenade	21
Tableau 06. Variétés de grenadier commercialisées en Algérie	21
Tableau 07. Composition nutritionnelle de la partie comestible	22
Tableau 08. Production de grenade en Algérie	23
Tableau 09. La composition chimique moyenne du jus d'orange	28
Tableau 10. Systèmes épuratoires à travers la wilaya de Mostaganem	30
Tableau 11. Les différents appareils utilisés pour l'étude expérimentale	31
Tableau 12. Les différents produits utilisés	32
Tableau 13. Résultats de l'évaluation microbiologique de l'eau	41
Tableau 14. Résultats de l'évaluation microbiologique de jus d'orange	53

Liste des abréviations

- ADP** : Adénosine Diphosphate
- AFNOR** : Association Française De Normalisation
- AMP** : Adénosine Monophosphate
- ATP** : Adénosine Triphosphate
- CE** : Conductivité Electrique
- COT** : Carbone Organique Totale
- DBO5** : Demande Biochimique En Oxygène Pendant 5jours
- DCO** : Demande Chimique En Oxygène
- DPPH** : Diphenyl -2-Picryl-Hydrazyl
- DRE** : Direction Des Ressources En Eau
- DRO** : Des Dérivés Réactifs De L'oxygène
- EUE** : Eaux Usées Epurées
- EUT** : Eau Usée Traité
- FTAM** : Flore Total Aérobie Mésophile
- Gélose S-S** : Gélose Salmonella-Shigella
- J.O.R.A** : Journal Officiel De La République Algérienne
- K Cal** : Kilo Calorie
- LDL** : Lipoprotéines de Faible Densité
- MES** : Matières en Suspension
- mg EAG/G** : Milligramme équivalent de l'acide gallique par gramme
- mg EC/G** : Milligramme équivalent de catéchine par gramme
- mg EQ/G** : Milligramme équivalent de quercétine par gramme
- MO** : Matière Organique
- MS** : Matière Sèche
- OMS** : Organisation Mondiale de la Santé
- ONA** : Office Nationale D'assainissements
- PCA** : Plate Count Agar
- pH** : Potentiel d'hydrogène
- SM** : Solution Mère
- STEP** : Station d'épuration
- UFC** : Unité Formant Colonies
- VRBG** : Violet Red Bile Glucose
- SFB** : Bouillon de Sélénite

Table de matières

Remerciements	i
dédicaces	ii
Résumé	iv
ملخص	v
Abstract	vi
liste des figures	vii
liste des tableaux	viii
liste des abréviations	ix
Introduction générale	01

Synthèse bibliographique

Chapitre I : traitement et réutilisation des eaux usées dans l'irrigation

1.1 Introduction	03
1.2 Origine des eaux usées	03
1.2.1.1 Les eaux usées domestiques	03
1.2.1.2 Les eaux usées industrielles	03
1.2.1.3 Les eaux usées agricoles	03
1.2.1.4 Les eaux usées pluviales	04
1.3 Epuration des eaux usées	04
1.4 Etapes de traitement des eaux usées	04
1.4.1 Prétraitement	04
1.4.2 Traitement primaire	05
1.4.3 Traitement secondaire	05
1.4.3.1 Procédés intensifs	05
a) Boues activés	05
1.4.3.2 Procédés extensifs	05
a) Lagunage	05
a-1) Lagunage naturel	06
a-2) Lagunage aéré	06
1.4.4 Traitement tertiaire	06
1.5 Paramètres de mesure de la pollution	08
1.5.1 Paramètres organoleptiques	08

1.5.1.1 Couleur	08
1.5.1.2 Gout et odeur	08
1.5.1.3 Turbidité	08
1.6 Paramètres physico chimiques	08
1.6.1 Température	08
1.6.2 Potentiel d'hydrogène (pH)	08
1.6.3 Matières en suspension (MES)	09
1.6.4 Conductivité électrique(CE)	09
1.6.5 Demande Biochimique en Oxygène (DBO5)	09
1.6.6 Demande chimique en oxygène (DCO)	09
1.6.7 Oxygène dissous	09
1.6.8 Carbone organique totale (COT)	10
1.6.9 Nutriments	10
a) Azote	10
b) Phosphore	10
1.6.10 Métaux lourds	10
1.7 Paramètres bactériologiques	10
1.7.1 Recherche des Coliformes totaux et fécaux	10
1.7.1.1 Coliformes Totaux	10
1.7.1.2 Coliforme fécaux	11
1.7.2 Salmonelles	11
1.7.3 Streptocoques fécaux	11
1.7.4 Germes totaux	11
1.8 Objectif de la réutilisation des eaux usées épurées	12
1.9 Domaines de la réutilisation des eaux usées traités	12
1.10 Réutilisation des eaux usées épurées dans le monde	13
1.11 Réutilisation des eaux usées épurées dans l'Algérie	13
1.12 Réutilisation des eaux usées épurées dans l'agriculture	13
1.13 Normes des rejets	14
1.13.1 Normes internationales	14
1.13.2 Normes Algériennes	15

Chapitre II : présentation des fruits étudiés

2.1 Agrumes	16
-------------	----

2.2 Orange (<i>Citrus sinensis</i>)	16
2.2.1 Caractéristiques d'oranger	16
2.2.2 Variétés de l'oranger	17
2.2.2.1 Oranges navels	17
2.2.2.2 Oranges blondes	17
2.2.2.3 Orange sanguines (pigmentées)	17
2.2.2.4 Oranges douces	17
2.2.3 Classification	17
2.2.4 Composition chimiques et valeur nutritive	18
2.2.5 Différents antioxydants de l'orange	18
2.2.6 Production mondiale des agrumes	19
2.2.7 Production des agrumes en Algérie	19
2.3 Grenade (<i>Punica granatum</i>)	19
2.3.1 Classification	20
2.3.2 Variétés de grenadier en Algérie	21
2.3.3 Valeur nutritionnelle	22
2.3.4 Propriétés antioxydants	22
2.3.5 Production mondiale de la grenade	23
2.3.6 Production de grenade en Algérie	23

Chapitre III : Jus de fruits

3.1 Jus de fruits	24
3.1.1 Procédés de fabrication de jus de fruits	24
3.1.1.1 Préparation des fruits pour la transformation	24
a) Récolte	24
b) Triage	24
c) Lavage et nettoyage	24
3.1.1.2 Traitement préalables de la matière première avant l'extraction	25
a) Broyage	25
b) Traitement thermique	25
c) Traitement enzymatique	25
d) Traitement à l'ultrason	25
3.1.1.3 Extraction du jus	25
a) Pressurage	26
b) Raffinage	26

3.1.1.4 Traitement de jus	26
a) Clarification	26
b) Désaération	26
c) Pasteurisation	27
d) Concentration	27
e) Refroidissement et Conditionnement	27
3.2 Jus d'orange	27
3.2.1 Composition chimique du jus d'orange	28
3.3 Jus de grenade	28

Partie expérimentale

Matériel et méthodes

1. Problématique	29
2. Objectifs	29
3. Matériel végétal	29
4. Les systèmes épuratoires de la wilaya de Mostaganem	29
5. Station d'épuration	31
6. Matériel	31
6.1 Appareillage	31
6.2 Produits	32
7. Méthodes	32
7.1 Analyse physico-chimiques de l'eau	32
7.1.1 Détermination du pH	32
7.1.2 Demande biochimique en oxygène (DBO5)	32
7.1.3 Demande chimique en oxygène (DCO)	33
7.1.4 Détermination des matières en suspension(MES)	33
7.2 Les analyses microbiologiques de l'eau	33
7.2.1 Recherche de coliformes totaux et fécaux	33
7.2.2 Recherche de salmonelle	34
7.2.3 Recherche et dénombrement de streptocoques fécaux	34
7.3 Les analyses biochimiques et physico chimiques du jus	35
7.3.1 Détermination de pH	35
7.3.2 Détermination de la teneur en matière sèche	35
7.3.3 Détermination de la teneur en matière minérale	36

7.3.4 Dosage des polyphénols totaux	36
7.3.5 Dosage des flavonoïdes	36
7.3.6 Dosage des caroténoïdes	37
7.3.7 Dosage des lipides (Soxhlet)	37
7.3.8 Dosage des protéines (méthode de Lowry, 1951)	37
7.3.9 Dosage des sucres totaux (méthode du phénol sulfurique)	37
7.3.10 Détermination de la vitamine C	38
7.4 Les analyses microbiologiques du jus	38
7.4.1 Préparation des dilutions décimales	38
7.4.2 Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux	38
7.4.3 Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux	38
7.4.4 Recherche des salmonelles	39
8. Etudes statistiques	39

Résultats et discussion

1. Les analyses physico chimiques de l'eau	40
1.1 pH	40
1.2 Température	40
1.3 Matière en suspension	40
1.4 La demande chimique en oxygène (DCO)	40
1.5 La demande biochimique en oxygène (DBO5)	40
2. Les analyses microbiologiques de l'eau	41
3. Les analyses biochimiques et physico chimiques de jus	42
3.1 Détermination du pH	42
3.2 Détermination de l'humidité	43
3.3 Détermination de la matière sèche	44
3.4 Détermination de la matière minérale	45
3.5 Teneur en polyphénols	46
3.6 Teneur en flavonoïdes	47
3.7 Teneur en caroténoïdes	48
3.8 Teneur en lipides	49
3.9 Teneur en protéines	50
3.10 Teneur en sucre totaux	51
3.11 Teneur en vitamine C	52

4. Les analyses microbiologiques de jus	53
Discussion	54
Conclusion générale	55
Références bibliographiques	56
Annexe	

Introduction générale

L'eau est l'une des ressources naturelles les plus importantes pour toute vie sur terre, mais les réserves d'eau douce dans le monde représentent moins de 3 % de l'eau totale, et la pression sur ces ressources augmente à mesure que la densité de population continue d'augmenter (**Kama et al., 2023**). L'Algérie est l'un des pays de la méditerranée touchés par le stress hydrique. Elle est classée dans la catégorie des pays pauvres en cette matière, soit en dessous du seuil théorique de rareté fixé à 1000 m³ /hab. /an (**Bouchaala et al., 2017**).

L'Algérie est caractérisée par un climat semi-aride à aride. Le pays souffre d'un manque de précipitations et d'une mauvaise répartition temporelle et spatiale. Les contraintes climatiques, les sécheresses qui sévissent dans notre pays depuis des années, la croissance démographique, les mutations économiques et sociales provoquent de nouvelles augmentations de la demande en eau. Malheureusement, comme l'eau de la planète terre est à 97,2 % salée, et que l'eau douce ne représente que 2,8 % de l'eau totale du globe, l'eau devient donc une ressource précieuse. Plus d'un milliard de personnes n'a pas toujours accès à l'eau potable et plus de 50 pays sont menacés par la pénurie d'eau potable à l'horizon de l'année 2025 (**Habibi et al., 2018**).

La pénurie d'eau reste aussi un problème majeur pour la production agricole mondiale. À titre d'exemples, Avec 70 % de la consommation mondiale d'eau en moyenne, l'agriculture est le secteur d'activité le plus consommateur d'eau (**Santos et al., 2023**). Actuellement, l'Algérie compte 134 stations d'épuration (STEP et lagunes) en fonctionnement avec une capacité installée estimée à 12 millions de m³ équivalent-habitant (EQH) soit 800 hm³/an, par rapport à un volume d'eau rejetée estimé à 1,4 milliard de m³/an. Une partie conséquente du volume épuré est réutilisée pour l'irrigation. D'ici 2025, 56 autres stations seront reçues, ce qui portera le nombre de stations d'épuration à plus de 200 (**Bouchentouf et Benabdeli, 2021**). Les eaux usées sont riches en potassium, en azote et en micronutriments. Par conséquent, l'irrigation par les eaux usées réduit le besoin d'engrais chimiques. Dans le domaine de la production agricole, les eaux usées municipales traitées ont été utilisées pour irriguer les forêts et les cultures horticoles. Cette réutilisation a été observée dans de nombreux pays (**Sdiri et al., 2023**).

Aujourd'hui, le traitement des eaux usées est donc essentiel pour protéger le milieu naturel et augmenter les ressources en eau (**Bissati et al., 2022**).

Dans cette étude, nous avons évalué l'influence de l'irrigation avec des eaux usées traitées par la station d'épuration (STEP) de Bouguirat wilaya de Mostaganem, en comparaison avec les eaux de puits, sur l'évolution des paramètres biochimiques (teneur en polyphénols, flavonoïdes, caroténoïdes, vitamine C, protéines, lipides et les sucres) et microbiologiques (recherche des coliformes fécaux et totaux, germes aérobies mésophiles total, et les salmonelles) des cultures des orange et de grenade.

Ce manuscrit est structuré en deux parties :

La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique mettant l'accent sur trois chapitres. Le premier chapitre aborde des généralités sur les eaux usées, les procédés de traitement et la réutilisation de ces eaux, le deuxième est consacré à la description botanique des espèces végétales étudiées le grenadier (*Punica granatum*) et l'orange (*Citrus sinensis*), tandis que le troisième chapitre, s'intéresse sur le jus des fruits étudiées.

La deuxième partie est subdivisée en deux chapitres, le premier (quatrième chapitre) présente le matériel et les méthodes utilisés pour la réalisation de ce travail. Le second (cinquième chapitre) est réservé à la présentation et à la discussion de l'ensemble des résultats obtenus, une conclusion générale qui résumera l'ensemble des ces résultats. Le manuscrit est achevé par une liste des références et des annexes.

Synthèse Bibliographique

Chapitre I : Traitement et réutilisation des eaux usées dans l'irrigation

1.1 Introduction

La pollution de l'eau réduit la disponibilité de l'eau douce, en particulier dans les zones arides souffrant de stress hydrique, et affecte également les sols, la végétation et les processus environnementaux. Les processus de traitement des eaux usées visent à réduire la dégradation de l'environnement et à augmenter la disponibilité de l'eau en améliorant la qualité des eaux usées à un niveau adapté à l'irrigation (**Bissati *et al.*, 2022**).

1.2 Origine des eaux usées

Les eaux usées sont toute eau dont la qualité a été dégradée en termes de composition chimique et biologique par activité anthropique. Cette eau possède une large éventail de contaminants à diverses concentrations (**Koul *et al.*, 2022**). Il existe quatre catégories d'eaux usées :

1.2.1.1 Eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques sont les eaux usées provenant des activités ménagères telles que le lavage des vêtements et des ustensiles ; baignade; nettoyer ses mains, sa maison et ses véhicules; défécation; et la miction. Les eaux usées domestiques peuvent être sous-catégories comme jaune (contenant de l'urine), brun (contenant des matières fécales et de l'eau de rinçage), noir (contenant de l'urine, des matières fécales, une activité bactérienne) et eaux grises (contenant de l'eau de la cuisine, de la lessive, de la douche et du lavage des mains) (**Koul *et al.*, 2022**).

1.2.1.2 Eaux usées industrielles

Les eaux usées industrielles sont des rejets aqueux rejetés par les industries. Les industries ont besoin d'eau pour la fabrication, la transformation, le refroidissement, la dilution, le lavage ou le transport du produit. Les eaux usées des industries charrient des matières en suspension ou dissoutes rejetées lors du traitement industriel (**Bijekar *et al.*, 2022**) .

1.2.1.3 Eaux usées agricoles

L'agriculture est une source importante de pollution de l'eau, car elle introduit des engrais et des pesticides. C'est la principale cause de pollution diffuse. L'eau agricole provenant des terres cultivées chargées d'engrais nitrates et phosphates, sous une forme ionique ou en quantité telle, qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et absorbés par les plantes,

Conduit, par ruissellement à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues (**Parlakidis et al., 2023**).

1.2.1.4 Eaux usées pluviales

Ce sont les eaux issues des précipitations qui peuvent être une source de pollutions importantes. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air, mais aussi de polluants atmosphériques, poussières, détritiques, suies de combustion et hydrocarbures rejetés par les véhicules, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes lors de son ruissellement (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...). En outre, lorsque le système d'assainissement est dit « unitaire », les eaux pluviales sont mêlées aux eaux usées domestiques (**Suits et al., 2023**).

1.3 Épuration des eaux usées

Le traitement des eaux usées, qui est un ensemble de techniques qui réduisent et/ou éliminent les polluants dans l'eau afin de la réutiliser en agriculture ou de la rejeter dans l'environnement sans avoir de conséquences négatives (**Bachi et al., 2022**).

1.4 Étapes de traitement des eaux usées

1.4.1 Prétraitement

Ce processus élimine les débris et les particules grossières en suspension dans les eaux usées. Uniques des installations et des équipements sont nécessaires dans cette phase pour séparer les chiffons, les gravillons, les corps étrangers et autres débris. Les déchets sont enlevés et éliminés dans une décharge. Le tamisage peut être classé selon l'utilisation de tamis fins et grossiers. Les cribles grossiers sont utilisés en traitement préliminaire, tandis que les cribles fins ont été déployés en remplacement de la sédimentation. Les solides sont également passés à travers chaque canal, de sorte qu'ils transforment en matière déchetée par broyage. Les dessaleurs sont utilisés dans un système qui ralentit la vitesse d'écoulement de l'eau afin d'éliminer l'inerte/inorganique matériau. Économiquement, il évite les problèmes de fonctionnement dans les canaux et les tuyaux et réduit la formation/l'accumulation de boues en excès (**Koul et al., 2022**).

1.4.2 Traitement primaire

Les matières flottantes et les matières organiques et inorganiques décantées sont éliminées lors de ce processus. Environ 60 % de graisse et d'huile, 50 % de DBO5 (demande biochimique en oxygène) et 70 % de solides en suspension sont oxydés à ce stade. Une partie de l'azote et du phosphore organiques sont éliminés des eaux usées lors de la sédimentation primaire (figure 1). L'effluent issu du primaire la sédimentation est appelée effluent primaire (Koul *et al.*, 2022).

1.4.3 Traitement secondaire

Le composant principal de la technique de traitement secondaire est un traitement biologique, qui implique la décomposition du contenu organique des eaux usées qui peut être décomposé biologiquement par des micro-organismes tels que des algues, des champignons et des bactéries dans un environnement aérobie ou anaérobie (Nusrat *et al.*, 2022).

1.4.3.1 Procédés intensifs

a) Boues activées

La dépollution des boues activées consiste à mettre en contact les eaux usées par agitation avec un mélange riche en micro-organismes appelés bactéries pour dégrader les matières organiques en suspension ou en solution. Il y a une aération considérable (réservoir d'aération) pour permettre l'activité bactérienne et la décomposition de ces substances (Aburzizah et Aljohani, 2019).

1.4.3.2 Procédés extensifs

a) Lagunage

Le lagunage est un processus de purification qui fait circuler les eaux usées dans une série de bassins suffisamment longtemps pour permettre au processus naturel d'autoépuration de se produire. Pratiqué dans les zones très ensoleillées des bassins peu profonds. Le principe général est de reproduire la chaîne alimentaire aquatique dans les bassins. Le rayonnement solaire est la source d'énergie qui permet la production de matières vivantes à travers la chaîne trophique. Les nutriments sont fournis par les eaux usées, mais les plantes sont les consommables du système et les producteurs d'oxygène (Zegait *et al.*, 2021).

a-1) Lagunage naturel

Ces bassins ont une profondeur maximale de 1,2-1,5 m et une profondeur minimale de 0,8 m (pour éviter le développement de macrophyte), ont un temps de séjour d'environ un mois et fonctionnent naturellement grâce à l'énergie solaire. Une efficacité d'épuration de 90% peut être atteinte. Ces processus sont très sensibles à la température et moins applicables dans les climats froids (**Zegait et al., 2021**).

a-2) Lagunage aéré

Un apport mécanique d'oxygène réduit le volume requis et permet une plus grande profondeur de la lagune. La concentration de bactéries est plus élevée que dans les lagunes naturelles. Le temps de rétention est d'environ une semaine, la profondeur de l'eau est de 1 à 4 m, le rendement est de 80 % et il n'y a pas de recyclage des boues. L'homogénéisation doit être satisfaisante pour éviter les sédiments (**Zegait et al., 2021**).

1.4.4 Traitement tertiaire

Cette étape de purification implique quelques étapes supplémentaires qui réduisent les matières organiques, les nutriments, turbidités, azotes, phosphores, bactéries et virus. Le but principal de cette station d'épuration est la réutilisation ou le recyclage des eaux usées afin qu'elles puissent être réutilisées pour irrigation, etc. L'eau purifiée est ensuite autorisée à rencontrer des réservoirs d'eau (**Koul et al., 2022**).

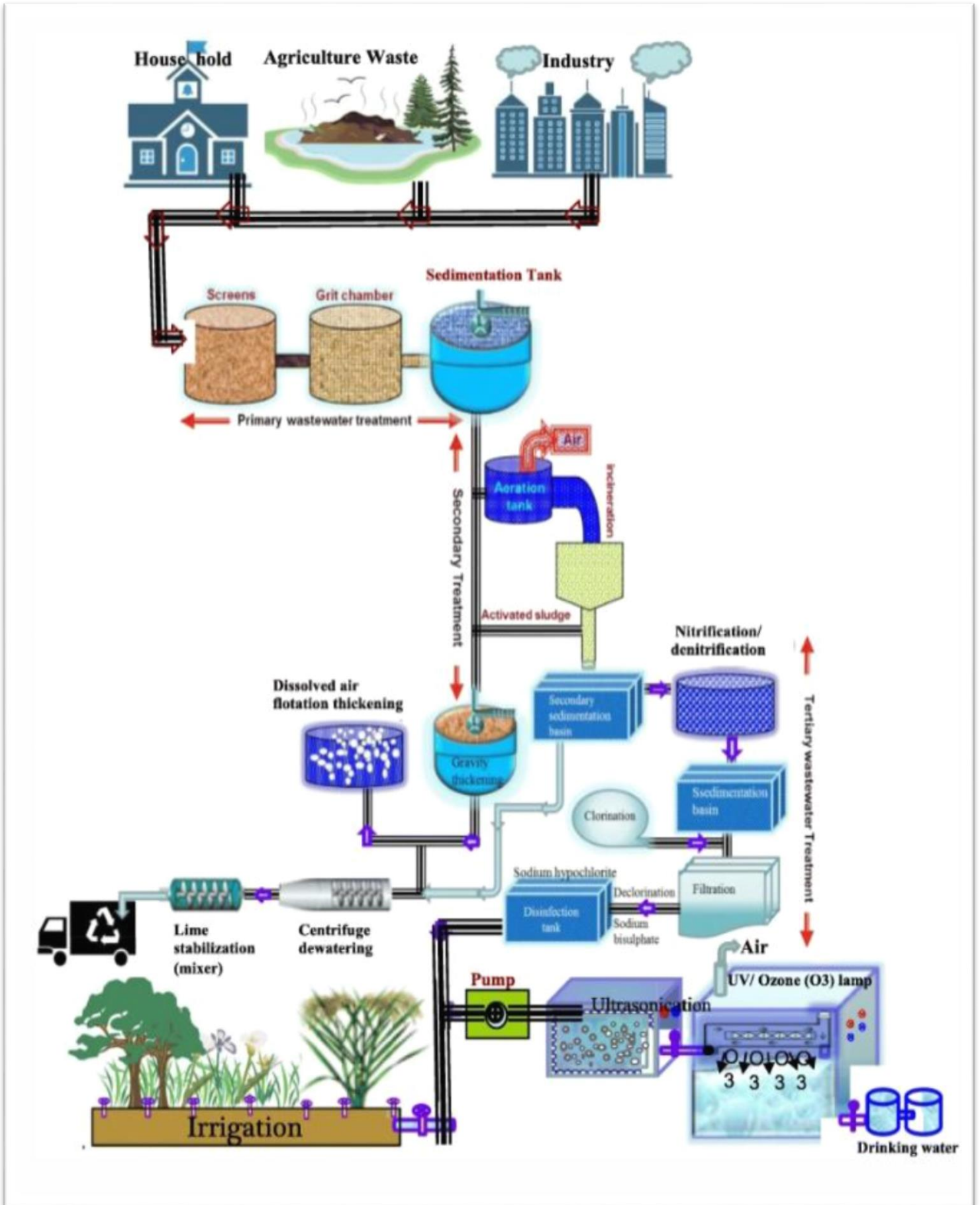


Figure.1 : procédés de traitement des eaux usées (Kesari *et al.*, 2021).

1.5 Paramètres de mesure de la pollution

1.5.1 Paramètres organoleptiques

1.5.1.1 Couleur

Les matériaux décomposés à partir de matières organiques, à savoir la végétation et les matières inorganiques telles que le sol, les pierres et les roches, confèrent une couleur à l'eau, ce qui est répréhensible pour des raisons esthétiques et non pour des raisons de santé (Omer, 2019).

1.5.1.2 Goût et odeur

Le goût et l'odeur de l'eau peuvent être causés par des corps étrangers tels que des matières organiques, des composés inorganiques ou des gaz dissous. Ces matériaux peuvent provenir de sources naturelles, domestiques ou agricoles (Omer, 2019).

1.5.1.3 Turbidité

La turbidité de l'eau est causée par la présence de matières en suspension finement divisées, telles comme l'argile, le limon, les grains de silice, la matière organique, etc. Le degré de turbidité se mesure en appréciant l'abondance de ces matières (Bouزيدane *et al.*, 2023).

1.6 Paramètres physico-chimiques

1.6.1 Température (T)

La température est la mesure de l'intensité de la chaleur stockée dans un volume d'eau, est fortement corrélée à la température atmosphérique et aux caractéristiques morpho métrique. La température de l'eau joue un rôle important par exemple en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz dont, entre autres, l'oxygène nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique ; elle accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques (Maqboul *et al.*, 2021).

1.6.2 Potentiel hydrogène (pH)

En tant qu'indicateur de l'acidité et de l'alcalinité de l'eau, le pH est l'un des paramètres de qualité de l'eau facilement mesurable et peut être un indicateur de la présence d'ions toxiques (Shoushtarian et Negahban-Azar, 2020).

1.6.3 Matières en suspension (MES)

Ce sont des matières non dissoutes dans l'eau. Dans le milieu récepteur, les MES peuvent entraîner des perturbations de l'écosystème par une diminution de la clarté de l'eau, limitant la photosynthèse végétale. De plus, ces MES peuvent être de nature organique et entraîner les nuisances associées aux molécules organiques (**Lamessa et al., 2023**).

1.6.4 Conductivité électrique (CE)

C'est un indicateur du nombre de sels et de carbonates dans l'eau. La CE est une mesure de la capacité d'une solution à conduire le flux de courant en fonction de la présence de particules ioniques. Il est affecté par la présence de solides dissous inorganiques, tels que les ions chlorures, nitrates, sulfates, phosphates, sodium, magnésium, calcium, fer et aluminium. Les ions inorganiques ont un effet important sur la conductivité de l'eau. Plus il y a d'ions présents dans une masse d'eau, plus son niveau de conductivité est élevé (**Lamessa et al., 2023**).

1.6.5 Demande biochimique en oxygène (DBO5)

La DBO5 est déterminée par incubation d'échantillons pré inoculés pendant 5 jours dans l'obscurité à 20°C pour assurer l'oxydation biologique de la fraction organique carbonée est la quantité d'oxygène consommée par les bactéries pour matière. Ce paramètre évalue la quantité d'oxygène nécessaire pour que la matière organique soit détruite par des événements d'oxydation via une voie aérobie (**Bou Zidane et al., 2023**).

1.6.6 Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO (demande chimique en oxygène) est la mesure de la concentration de l'oxygène nécessaire à l'oxydation physico-chimique des matières organiques ou minérales présentes dans un échantillon d'eau donné. Cette détermination englobe à la fois les fractions biodégradables et les fractions non biodégradables (**Bou Zidane et al., 2023**).

1.6.7 Oxygène dissous

L'oxygène dissous est un composant essentiel de l'eau, car il soutient la vie végétale et animale et régule les réactions biologiques qui se produisent dans les écosystèmes aquatiques. La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de plusieurs facteurs tels que la température, la pression et la force ionique du milieu (**Bou Zidane et al., 2023**).

1.6.8 Carbone organique totale (COT)

Le CO₂ libre est le composant normal de toute eau naturelle. L'oxydation biologique de la matière organique et du CO₂ dissous dans l'air augmente le niveau de CO₂ dans l'eau. En revanche, cette mesure est rapide et ne nécessite qu'un petit volume d'échantillon, ce qui rend difficile la corrélation avec les mesures précédentes. D'autre part, dans la plupart des cas, l'élimination des solides en suspension est nécessaire avant l'administration (**Maqboul et al., 2021**).

1.6.9 Nutriments

a) Azote

Les eaux usées municipales sont très riches en azote sous forme organique et d'ammoniac (NH₄⁺). Peu ou pas de teneur en nitrite (NO₂⁻) et en nitrate (NO₃⁻) (**Nobaharan et al., 2021**).

b) Phosphore

Dans les masses d'eau urbaines, environ la moitié du phosphore provient des déchets humains et l'autre moitié de l'utilisation des détergents (lessive) (**Nobaharan et al., 2021**).

1.6.10 Métaux lourds

Les eaux usées industrielles et urbaines peuvent contenir une quantité considérable d'oligo-éléments (tels que le plomb, le cadmium, le mercure, etc.) et peuvent entraîner l'accumulation de ces composés dans le sol et les plantes, réduire la croissance des cultures et polluer les eaux souterraines (**Shoushtarian et Negahban-Azar, 2020**).

1.7 Paramètres bactériologiques

1.7.1 Recherche de coliformes totaux et fécaux

a) Coliformes totaux

Les coliformes totaux sont des indicateurs de la qualité microbienne de l'eau, issue de la matière fécale. Les coliformes totaux sont des bactéries aérobies facultatives, en forme de bâtonnets, possédant l'enzyme -galactosidase permettant l'hydrolyse du lactose à 35°C afin de produire des colonies rouges avec reflet métallique sur un milieu gélose approprié. Les principaux genres inclus dans le groupe sont : Citrobacter, Enterobacter, Escherichia, Klebsiella et Serratia (**Benamour, 2018**).

b) Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux sont appelés aussi « coliformes thermo tolérants », sont des bactéries anaérobies facultatives, à Gram négatif, a sporulé, en forme de bâtonnet et produisant des colonies bleues en moins de 24 heures à 44,5°C sur un milieu contenant du lactose. En raison de leur capacité de croître à une température élevée de 44,5°C comme les coliformes totaux (Benameur, 2018).

1.7.2 Salmonelles

Le genre *Salmonella* appartient à la famille des entérobactériacées sont des bacilles à Gram négatif de forme bâtonnet, souvent mobiles par leurs ciliatures péritriche (rarement immobiles) non sporulées se cultivant sur milieu ordinaire, aéroanaérobies facultatifs, oxydase négative et catalase positive. Les sérotypes adaptés à l'homme sont : *Salmonella typhi* et sérotypes *S. paratyphi A* et *S. Sendai*, responsables de la fièvre typhoïde humaine. Les salmonelles sont en général considérées comme pathogènes bien que leur virulence et leur pouvoir pathogène varient énormément (Belhadj *et al.*, 2018).

1.7.3 Recherche des streptocoques

Le terme «streptocoques fécaux» désigne les streptocoques généralement présents dans les fesses de l'homme et des animaux, les streptocoques fécaux se multiplient rarement dans l'eau polluée et leur persistance est supérieure à celle d'E. Coli et des coliformes (OMS, 2000). Il s'agit de cocci à Gram positif (CGP) de forme sphérique ou ovoïde, se présentant en chainettes plus ou moins longues, non sporulées aéro-anaérobies facultatives, ne possédant ni catalase ni oxydase, ce sont des hôtes normaux d'homme et ne sont pas considérés comme pathogène (Berne, 1972).

1.7.4 Recherche des Germes totaux

Ce sont des germes qui développent dans des conditions aérobies. Leur présence est indicatrice de pollution bactérienne. Leur dénombrement donne une information sur la qualité hygiénique de l'eau destinée à la consommation humaine. Ainsi, ils renseignent sur le degré de pollution des nappes d'où à analyser (Bourgois *et al.*, 1991).

1.8 Objectif de la réutilisation des eaux usées épurées

La gestion des eaux usées joue un rôle central dans le plan d'économie circulaire, et sa réutilisation à deux moteurs majeurs : minimiser la rareté de l'eau douce et optimiser l'utilisation des ressources ; et assurer la protection de l'environnement et de la santé publique. En effet, la réutilisation des eaux usées traitées peut améliorer la production agricole, diminuer la consommation d'énergie associée à la production / traitements /distribution de l'eau et réduire les problèmes environnementaux en réduisant les charges de nutriments dans les eaux réceptrices. Cependant, la réutilisation des eaux usées urbaines présente plusieurs défis liés à l'existence de réglementations adéquates, à l'acceptation socioculturelle et aux aspects financiers et techniques des traitements des eaux usées. La nécessité de réduire des risques pour la santé et l'environnement des pratiques de réutilisation de l'eau a conduit à l'élaboration de directives et de réglementations pour l'utilisation sûre de l'eau récupérée (**Santos *et al.*, 2023**).

1.9 Domaines de réutilisation des eaux usées traitées

La récupération et la réutilisation des eaux usées traitées apparaissent comme une option viable pour répondre à la pénurie et à la demande croissantes d'eau dans les pays hydro sensibles. Les principales utilisations des eaux usées traitées dans le monde sont les suivantes :

a) Utilisations urbaines : arrosage des espaces verts, lavage des rues, alimentation de plans d'eau, auxquelles on peut ajouter une utilisation périurbaine qui se développe comme l'arrosage des terrains de golf

b) Utilisations agricoles : irrigation

c) Utilisation pour la lutte contre les incendies

d) Utilisations industrielles : cette réutilisation est importante en raison du recyclage fréquent des eaux de procédés qui est souvent justifié par la réduction des consommations, mais aussi par la récupération des sous-produits. Mais elle peut aussi concerner les eaux de refroidissement

e) Recharge des nappes, protection contre l'intrusion du biseau salé en bord de mer (Kesari *et al.*, 2021**).**

1.10 Réutilisation des eaux épurées dans le monde

La réutilisation des eaux usées traitées a connu une croissance très rapide et les volumes ont été augmentés de 10 à 29% par an en Europe, aux USA, en Chine, et jusqu'à 41% en Australie. La Chine se distingue comme le premier pays d'Asie pour la réutilisation des eaux usées avec une superficie estimée à 1,3 milliards ha comprenant le Vietnam, l'Inde et le Pakistan. Actuellement, on estime que seulement 37,6 % des eaux usées urbaines en Inde sont traitées. En utilisant 90 % de l'eau récupérée, Israël est le plus grand utilisateur d'eaux usées traitées pour l'irrigation des terres agricoles. De nombreux pays à faible revenu d'Afrique, d'Asie et d'Amérique latine utilisent les eaux usées non traitées comme source d'irrigation. D'autre part, les pays à revenu intermédiaire, comme la Tunisie, la Jordanie et l'Arabie saoudite, utilisent les eaux usées traitées pour l'irrigation (**Kesari et al., 2021**).

1.11 Réutilisation des eaux épurées en Algérie

À l'échelle nationale, la capacité de réutilisation de l'eau traitée dans l'irrigation agricole est passée de 45 millions de m³ en 2012 à environ 325 millions de m³ en 2014, selon l'office national de la santé (ONA). Dans la foulée, 25 stations d'épuration devraient ouvrir prochainement. , notamment pour irriguer 70 000 hectares de terres agricoles dans les zones de Béni-Senous, Baraki, Ben-Ziad, Tipaza, Ouargla, Tiaret et Chlef, pour réutiliser les eaux usées traitées (**ONA, 2016**). En 2013, 12 000 hectares ont été irrigués et la quantité réelle. D'eau réutilisée pour l'irrigation agricole atteint 19 millions de m³. D'autres utilisations existent pour les eaux usées traitées, telles que la lutte contre les incendies, nettoyage des villes et production d'engrais naturels, en plus de l'industrie (**Boulakdem et Azem, 2016**).

1.12 Réutilisation des eaux usées épurées dans l'agriculture

La réutilisation de l'eau agricole est de loin l'application la plus dominante de la réutilisation de l'eau dans le monde. Au total, 91% de l'eau recyclée dans cette section est affectée à l'irrigation des cultures et des pâturages, y compris la culture de fruits, de noix, de légumes, de coton et de céréales. Les 9% résiduels sont dédiés au nettoyage des porcheries, et à l'eau potable pour le bétail et la laiterie. La réutilisation de l'eau agricole présente de multiples avantages tels que la réduction de la pression sur les sources d'eau douce, la gestion et récupération des nutriments et une plus grande fiabilité grâce à un rendement constant. Cependant, les eaux usées doivent être traitées de manière adéquate pour être

Utilisées pour l'irrigation agricole, en particulier pour l'irrigation des cultures vivrières en raison des risques potentiels pour la santé (Shoushtarian et Negahban-Azar, 2020).

1.13 Normes des rejets

Les normes de rejet sont des valeurs des paramètres polluants d'une eau usée à ne pas dépasser. On distingue :

1.13.1 Normes internationales

Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé pour les eaux usées sont présentées dans le tableau 01.

Tableau.01: Normes de rejets internationales (Yadav *et al*, 2022)

Caractéristiques	Normes utilisées par OMS
pH	6.5-8.5
DCO (mg/l)	<90
DBO5 (mg/l)	<30
MES (mg/l)	<20
NH ₄ ⁺ (mg/l)	<0.5
NO ₃ ⁻ (mg/l)	<1
P ₂ O ₅ (mg/l)	<1
NO ₂ ⁻ (mg/l)	1
Température	<30
Couleur	Incolore
Odeur	Inodeur

1.13.2 Normes algériennes

Les normes algériennes de rejet des eaux usées sont regroupées dans le tableau 02

Tableau.02 : Normes de rejet des eaux usées appliquées en Algérie selon (J.O.R.A, 2012).

Paramètres	Normes algériennes
T °C	30
pH	6.5 - 8.5
DBO5 (mg/l)	30
DCO (mg/l)	90
MES (mg/l)	30
Conductivité (DS/m)	3
Chlorure(CI) (meq/l)	10
Azote (NO3- N) (mg/l)	30
Bicarbonate (HCO₃) (meq/l)	8,5

Chapitre II : présentation des fruits étudiés

2.1 Agrumes

Les agrumes sont l'un des fruits les plus abondants au monde contenant des quantités appréciables de métabolites secondaires bénéfiques et appartiennent à la famille des Rutacées. La production mondiale annuelle d'agrumes dépasse 124 millions de tonnes par an et environ un tiers des agrumes sont transformés, ce qui entraîne chaque année une énorme quantité de résidus (Liu *et al.*, 2021).

2.2 Oranger (*Citrus sinensis*)

Citrus sinensis Souvent appelées « orange douce », Il appartient à la famille des Rutacées c'est l'un des types d'agrumes les plus courants et les plus cultivés. On pense que les oranges sont originaires et cultivées en Chine et ont été apportées dans l'hémisphère occidental par Columbus au 15^{ème} siècle. Les fruits orange sont sphériques à oblongs (figure 2), avec un faible nombre de graines et une bonne teneur en sucre (Vashisth *et al.*, 2020).

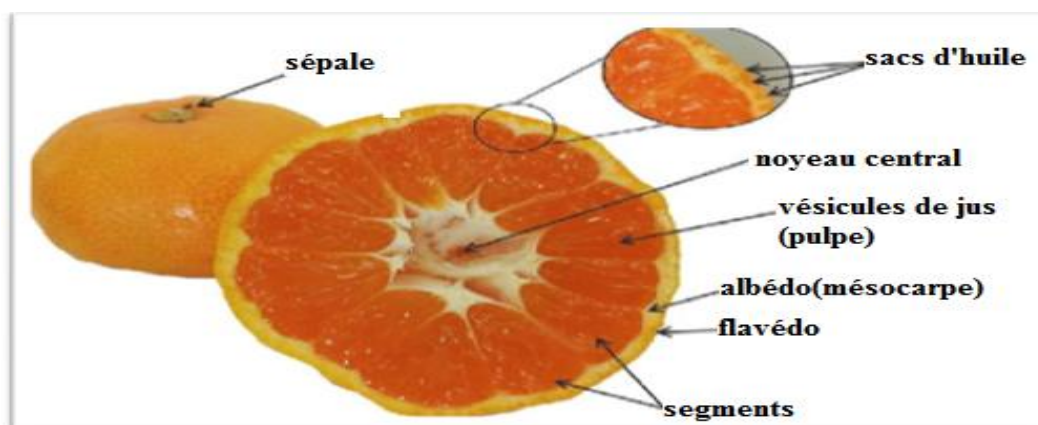


Figure.2: Coupe transversale de l'orange (Bures *et al.*, 2022).

2.2.1 Caractéristiques d'oranger

L'écorce externe (épicarpe) est orange ou jaune à maturité, l'écorce interne (mésocarpe) est blanche, spongieuse et non aromatique. La pulpe (endocarpe), jaune, orange ou plus ou moins rouge, est constituée de sacs de jus membraneux emballés enfermés dans 10 à 14 compartiments en forme de coin qui sont facilement séparés en segments individuels. Dans chaque segment, il peut y avoir 2 à 4 graines irrégulières, blanc à l'extérieur et à l'intérieur, bien que certains types d'oranges soient sans pépins (Seminara *et al.*, 2023).

2.2.2 Variétés de l'orange

2.2.2.1 Oranges Navel : Elles se différencient des autres par deux caractéristiques:

La présence au sein de l'apex, d'un fruit rudimentaire « Navel » et l'absence de pépins. Les variétés les plus communes sont Washington, Thomson.

2.2.2.2 Oranges blondes : communes (multipliées traditionnellement et contenant des pépins) et fines (plus cultivées pour leur productibilité, époque de production, absence de pépins). Les variétés de ce groupe sont : Salustiana, Hamlin, Cedenera, Shamouti et Valencialate.

2.2.2.3 Oranges sanguines (pigmentées) : Les oranges pigmentées se caractérisent par la présence de pigmentation rouge dans la pulpée parfois aussi dans la peau, qui est déterminée par la synthèse d'anthocyanines, des composés hydrosolubles appartenant au groupe des flavonoïdes. Les variétés sont : Moro et Tarocco.

2.2.2.4 Les oranges douces : comme les Limettes, limonettes, et les citrons doux sont insipides. Les variétés sont Impérial, Réal, Lima (**Seminara et al., 2023**).

2.2.3 Classification

L'oranger (*Citrus sinensis*) appartient à la famille des rutacées selon le (tableau 03) :

Tableau.03: classification de l'oranger (**Swingle, 1943**).

Règne	Plantae
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Magnoliidae
Super ordre	Rosaceae
Ordre	Sapindales
Famille	Rosaceae
Genre	<i>Citrus</i>
Espère	<i>sinensis</i>

2.2.4 Composition chimique et valeur nutritionnelle

Les principaux composants chimiques des agrumes (tableau 04) sont l'eau (85–90%), les sucres, les fibres, les graisses, vitamines (en particulier la vitamine C), minéraux, protéines, acides organiques, pectines et acides secondaires métabolites, tels que les composants des huiles essentielles, les composés phénoliques, les caroténoïdes, les alcaloïdes, limonoïdes, et coumarines (Ben Hsouna *et al.*, 2023).

Tableau. 04: Valeur nutritionnelle de l'orange (Ben Hsouna *et al.*, 2023)

Constituant	Teneur en %
Eau	87,3
Protéines	0,75
Glucides	8,03
Lipide	<0,5
Sucres	7,6
Fibres alimentaires	2,7
Acides organiques	1,05
Calcium	66
Vitamine C	47,5

2.2.5 Différents antioxydants de l'orange

Un antioxydant peut être défini comme toute substance capable de neutraliser les radicaux libres, et prévenir ou réduire les dommages causés par eux, avant qu'ils réagissent avec des cibles biologiques. Les antioxydants les plus connus dans l'orange sont le β -carotène (provitamine A), l'acide ascorbique (vitamine C), et les polyphénols. Ceux-ci incluent les flavonoïdes, les anthocyanes (notamment dans les fruits rouges et l'orange sanguine) (Ben Hsouna *et al.*, 2023).

2.2.6 Production mondiale des agrumes

La production mondiale d'oranges en janvier 2021/22 était d'environ plus de 48 millions de tonnes, le Brésil, la Chine, l'Union européenne, le Mexique et les États-Unis étant les principaux producteurs. Dans plusieurs pays, les oranges sont principalement utilisées pour extraire le jus, représentant 1,7 million de tonnes de sa production jusqu'en janvier 2021/22 (**United States Department of Agriculture, 2022**). Certains composés importants présents dans les fruits orange sont l'acide folique, la thiamine, la riboflavine, la niacine, l'acide pantothénique, le B6, le potassium, le phosphore, le calcium, le fer, le magnésium, le sodium, l'acide ascorbique, les acides aminés, les flavonoïdes et les composés phénoliques (**US Department of Agriculture, 2019**).

2.2.7 Production des agrumes en Algérie

La culture des agrumes est l'un des principaux contributeurs à la richesse algérienne et fait partie de l'agriculture traditionnelle du pays. De nombreux types d'agrumes sont cultivés en Algérie, notamment les oranges (48 400 ha), les clémentines (10 817 ha), les mandarines (2 347 ha), les citrons (4 409 ha) et les pamplemousses (83 ha). (**Berraf-Tebbal et al., 2020**).

Les principales wilayas agrumicoles sont : Blida (15809 ha), Chlef (5777 ha), Alger (5065ha), Ghilizane (4417 ha), Mascara (4232 ha), Mostaganem (4079 ha), Tipasa (3725 ha).

En fin juillet 2011, il a été créé le premier Club des agrumiculteurs en Algérie à Tipasa (**DirretGuemane, 2021**).

2.3 La grenadier (*Punica granatum*)

La grenade est le fruit bien établi d'un arbuste (*Punica granatum* L.) particulièrement cultivé en Asie occidentale et dans le pourtour méditerranéen, ainsi que dans d'autres parties du monde, dont l'Amérique, où le climat est propice à sa croissance. L'arbuste pousse normalement jusqu'à 5 m, mais dans certains cas, il peut atteindre une morphologie d'arbre pouvant atteindre 10 m, sauf pour les cultivars nains qui poussent jusqu'à 1–2 m. Les climats qui simulent celui de la Méditerranée (avec des hivers doux exposés au soleil et des étés secs) semblent être idéaux pour la croissance de la grenade. La plupart des variétés sont à feuilles caduques, bien qu'il y ait eu des rapports de grenades à feuilles persistantes et conditionnellement à feuilles caduques, selon l'altitude et la température de la zone. Le fruit est classé comme une baie charnue. Sa forme est presque ronde (figure 3), avec un diamètre allant jusqu'à 10 cm, et il y a un calice en forme de couronne au sommet. À l'intérieur de l'exocarpe coriace se trouve un mésocarpe charnu, organisé en chambres séparées par des

Membranes. Les arilles contiennent la partie comestible du fruit. L'exocarpe, à savoir l'écorce de la grenade, comprend environ 50 % du fruit entier, tandis que la partie comestible est constituée de 10 % de graines et de 40 % d'arilles. La grenade entière et son jus ont une couleur intense dont sont responsables des composés bioactifs sélectionnés, notamment les anthocyanes. Par conséquent, la variation de couleur entre les différents cultivars est principalement due à la concentration différente de ces composés (**Kandyli et Kokkinomagoulos, 2020**).

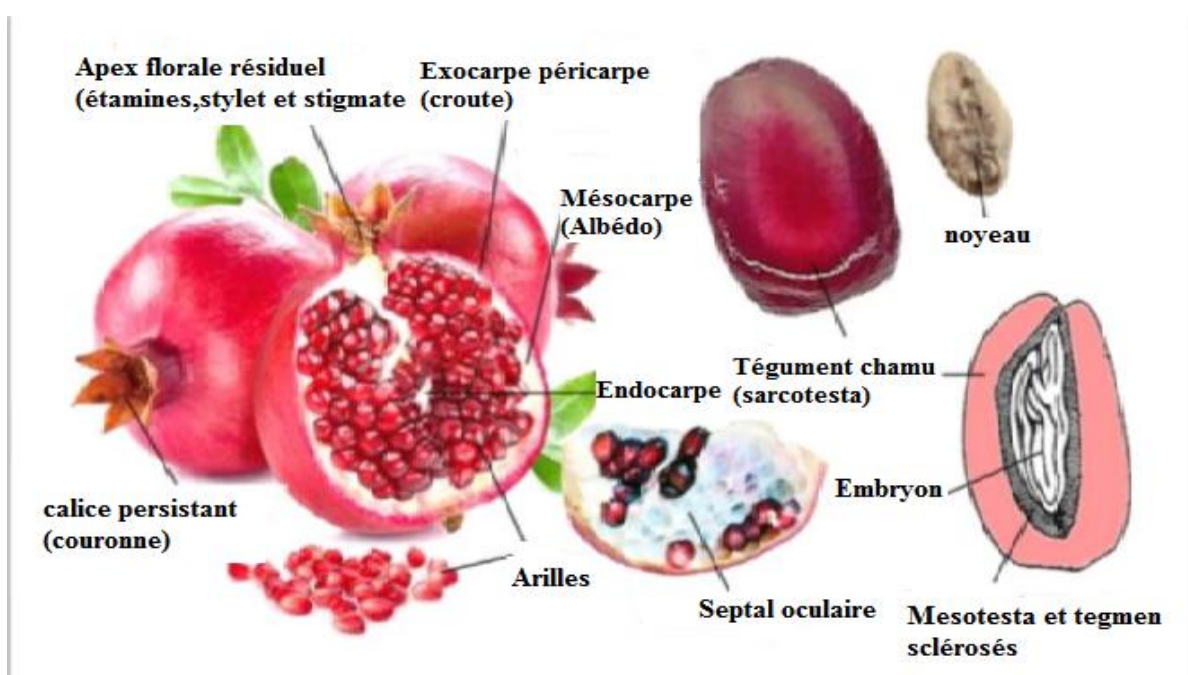


Figure. 3 : Coupe transversale d'un fruit et d'une graine typiques de grenades (arille) (**Montefusco et al., 2021**).

2.3.1 Classification

Punica granatum partage sa famille botanique, Punicaceae, avec *Punicaprotopunica*, une espèce endémique de l'île yéménite de Socotra. Cependant les récentes études moléculaires recommandent la classification de ce genre dans la famille des Lythraceae (Tableau 05) (**Boussalah et al., 2012**).

Tableau. 05 : Classification de la grenade (**Boussalah et al., 2012**).

Règne	Plantea
Sous-règne	Tracheobionta
Super division	Spermatophyta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magniliopsida
Sous-classe	Rosidiae
Ordre	Myrtales
Famille	Lythraceae
Genre	<i>Punica</i>
Espèce	<i>granatum</i>

2.3.3 Variétés de grenadier en Algérie

Il existe plus de 1000 variétés de *Punica granatum L.* Dans le monde. Parmi les cultivars les plus connus nous citons « Wonderful » qui est le plus commercialisé aux Etats Unis. En Algérie, il existe de nombreuses variétés de grenades (tableau 06), de qualités très différentes. Quatorze variétés sont actuellement autorisées à la production et à la commercialisation par l'état (**Arioua et Laggouni, 2020**).

Tableau.06 : Variétés de grenadiers commercialisées en Algérie (**Boullard, 2001**).

Corda travita	Sefri
MollerHuesso	Chelfi
Mellisse	Messaad
Papersshel	Doux de kolea
Sulfani	Zemdautomme
Espagne rouge	Gajin
Spanishduoy	Sélection station

2.3.4 Valeur nutritionnelle

Les composés chimiques majoritaires de *punica granatum* sont regroupés dans le tableau 07.

Tableau. 07 : Composition nutritionnelle de la partie comestible (Dif *et al.*, 2020).

Nutriment	Unité	Valeur pour 100g
Principe immédiat		
Eau	g	80.97
Énergie	Kcal	68
Protéine	g	0.95
Graisse	g	0.30
Hydrates de carbone	g	17.17
Fibre diététique	g	0.6
Sucre total	g	16.57
Vitamines		
Vitamine C	mg	6.1
Vitamine A	µl	1.08
Vitamine E	µg	0.60
Vitamine k	µg	4.6
Autres		
Phytostérols	mg	17
Cholestérol	mg	0
α-carotène	µg	50
β-carotène	µg	40

2.3.5 Propriétés antioxydants

Les antioxydants sont des molécules qui contribuent à la protection de notre corps contre le stress oxydatif. L'activité antioxydant de l'écorce du fruit est due sa richesse en polyphénols à savoir, les tannins hydrosolubles en particulier, l'acide éllagique, la punicalagine, la punicaline et l'acide gallique. Il a été démontré que l'écorce de grenade a un potentiel antioxydant puissant que les arilles et les graines. En effet plusieurs études ont rapporté que les composés phénoliques de l'écorce grenade peuvent exercer une activité antioxydants dans

Le piégeage des radicaux libres, ainsi dans l'inhibition de l'oxydation des LDL induite par le sulfate de cuivre ($CuSO_4$) (Benghiar, 2020).

2.3.6 Production mondiale de la grenade

La production mondiale a considérablement augmenté en raison de preuves récentes sur les attributs de santé des fruits. Les estimations actuelles de la production mondiale de grenade ne sont pas disponibles. D'après les données fournies par différents chercheurs et associations, la superficie mondiale totale consacrée à la culture de la grenade est bien supérieure à 300 000 ha, dont plus de 76 % se trouvent dans cinq pays (Inde, Iran, Chine, Turquie et États-Unis), l'estimation de la production mondiale de grenade est de plus de 3 millions de tonnes. Les données fournies ne correspondent donc pas à une année exacte et constituent une estimation basée sur différentes sources (Lahouel et Belhadj, 2022).

2.3.7 Production de grenade en l'Algérie

La production de la grenade en Algérie ainsi que sa superficie est enregistrée dans le tableau 08.

Tableau. 8 : Production de grenade en Algérie (DSA, 2018).

Wilaya	Superficie plantée (Ha)	Superficie en rapport (Ha)	Production (Qx)
Djelfa	1240	1186	110 760
Mostaganem	1140	1145	186 261
Relizane	723	705	90 565
M'sila	486	474	31 960
Tlemcen	444	205	1590

Chapitre III : Jus des fruits

3.1 Jus de fruits

Le jus de fruits est une boisson issue de l'extraction ou du pressage du liquide naturel contenu dans les fruits et légumes. S'il est une source de sucres libres, il contient également des micronutriments et des bioactifs végétaux (**Ruxton et Myers, 2021**).

3.1.1 Procédés de fabrication de jus de fruits

3.1.1.1 Préparation des fruits pour la transformation

Au niveau industriel, pour rendre les fruits apte à la transformation, un certain nombre d'opérations de prétraitement sont nécessaires. L'ordre des opérations de prétraitement varie suivant l'espèce et le mode de transformation choisi (**Nout *et al.*, 2003**). On cite :

a) Récolte

Pour garantir la qualité future du jus, il faut réunir plusieurs conditions lors du ramassage des fruits :

- La récolte du fruit se fait par deux méthodes soit mécanique ou manuelle.
- La récolte doit être effectuée avec soin. Ceci évite les meurtrissures pouvant entraîner un pourrissement.
- Les fruits doivent être cueillis en pleine maturité afin d'obtenir un maximum de saveurs et d'arômes
- L'implantation des usines de traitement doit être proche des lieux de récolte pour limiter le temps de transport et les risques de choc (**Sanders, 2005**).

b) Triage

Se fait selon le degré de maturité des fruits, leurs teintures, qui déterminent dans une large mesure la qualité du jus. Le triage est indispensable pour éliminer les fruits de mauvaise qualité, ainsi que les corps étrangers (feuilles, branchettes...etc.) (**Benamara et Agougou, 2003**).

c) Lavage-Nettoyage

Cette opération permet d'éliminer les pierres, les déchets terreux, les feuilles, une partie des microorganismes de surface et les résidus de produits de traitement phytosanitaire. Il peut se faire par plusieurs méthodes, par exemple, par aspersion d'eau, par aspersion suivie d'un trempage, etc. l'eau utilisée doit être dans la mesure du possible, propre, potable et être renouvelée (**Nout *et al.*, 2003**).

3.1.1.2 Traitements préalables de la matière première avant l'extraction

a) Broyage

Le processus mécanique d'action sur les tissus végétaux est le concassage. Les fruits sont coupés en petits morceaux, en conséquence de quoi le jus s'écoule du tissu végétal. Il est important de prendre en considération le type de la matière première à concasser. Les fruits à pépins et les tomates par exemple, sont broyés ensemble avec les graines (**Benamara et Agougou, 2003**).

b) Traitement thermique

Dans le processus du chauffage, les pectines se coagulent et se déshydratent. Les cellules perdent leurs élasticités et la libération du jus devient facile. Les paramètres des processus thermiques (temps-température), dépendent de l'espèce, de la matière première, et du degré de maturité des fruits (**Benamara et Agougou, 2003**).

c) Traitement enzymatique

Pour augmenter la sortie du jus et assurer un bon pressurage, la masse fruitière est traitée par des enzymes pectinolytiques. Ce processus est particulièrement nécessaire dans le cas des fruits contenant beaucoup de pectines et possédant une grande viscosité (**Benamara et Agougou, 2003**).

d) Traitement à l'ultrason

Le traitement s'effectue au moyen des ondes ultrasoniques conduisant à l'éclatement des cellules. L'écoulement du jus traité par l'ultrason est supérieur de 6 à 10% à celui de produit non traité. En plus le jus devient plus clair et plus teinté (**Benamara et Agougou, 2003**).

3.1.1.3 L'extraction du jus

Cette opération a pour but d'extraire le jus des fruits tout en effectuant un tamisage de la pulpe (**Nout, 2003**). Le jus à partir de la masse broyée peut être extrait par pressurage, centrifugation, diffusion (**Benamara et Agougou, 2003**).

a) Pressurage

Le pressurage est la méthode fondamentale la plus répandue dans l'industrie des jus. Après le traitement préalable, les fruits sont pressés en vue d'une extraction complète du jus et de la préservation de sa qualité, il est recommandé, durant le pressurage, d'observer les conditions suivantes (**Benamara et Agougou, 2003**):

- Adopter pour les paquets, des tissus perméables au jus et retenant les particules solides.
- Appliquer des surfaces dures pour créer une pression sur la masse fruitière.
- Séparer le jus sorti naturellement avant le pressurage.
- Ameublir la masse fruitière pendant le pressurage.
- Mener le pressurage en continu.

b) Raffinage

Il a pour but de séparer les pépins de la pulpe. Il est fait sur passoire centrifuge après chauffage de la pulpe comme pour la tomate. Une action enzymatique d'hydrolyse des polysaccharides faciliterait cette opération, mais enlèverait toute viscosité au jus. Ceci est surtout préjudiciable pour la fabrication de confiture ou de marmelade (**Espiard, 2002**).

3.1.1.4 Traitements des jus**a) Clarification**

La clarification est pratiquée pour donner à certains jus la transparence que désire le consommateur. Cette clarification est obtenue soit par l'action des enzymes pectinolytiques, amylolytiques et protéolytiques, suivies de débouillage centrifuge, de collage, ou par filtration (**Espiard, 2002**).

b) Désaération

La désaération va permettre de recalculer l'oxygène introduit dans les jus de fruits au cours de différentes opérations parce que l'oxygène est nocif et entraîne des pertes de vitamine C (**Claudin, 1986**).

c) Pasteurisation

La pasteurisation consiste à porter très rapidement le jus à 95°C- 97°C, à le maintenir une douzaine de secondes à cette température, puis à le refroidir tout aussi rapidement. Le but de la pasteurisation est d'éliminer la majorité des microorganismes viables dans le jus de fruits et d'inhiber l'action des enzymes susceptibles de provoquer des réactions chimiques indésirables (Chiftel, 1986).

d) Concentration

L'opération de concentration vise à éliminer environ 80% de l'eau contenue dans le jus de fruits, elle est le plus souvent réalisée par évaporation sous vide d'une grande partie d'eau, à une température qui n'atteint pas 30°C pendant 5 à 7 minutes (Vasseneix *et al.*, 2010).

e) Refroidissement et conditionnement

Le refroidissement du produit est lié au type de conditionnement et au mode de conservation souhaité. On distingue en effet trois procédés différents:

Le conditionnement dit stérile; le jus est mis dans l'emballage primaire à chaud et le plus près possible de la température de pasteurisation, en préchauffant l'emballage. Celui-ci est alors serti, et l'ensemble subit une pasteurisation de sécurité.

Dans le conditionnement dit aseptique ou dans celui destiné à la congélation; le jus est refroidi aussitôt après pasteurisation et avant d'être conditionné dans l'emballage aseptique choisi (Espiard, 2002).

3.2 Jus d'orange

« Jus d'orange » désigne le liquide non concentré, non dilué et non fermenté. Le jus d'orange est probablement le jus le plus connu et le plus consommé au monde. Il est particulièrement apprécié pour son goût frais et est considéré comme nutritif en raison de sa teneur élevée en vitamine C, contient divers caroténoïdes, parmi lesquels la xanthophylle bêta-cryptoxanthine en concentration plus élevée, et des flavanones telles que l'hespéridine et la naringénine (Dorna *et al.*, 2021).

3.2.1 Composition chimique du jus d'orange

La composition chimique de jus d'orange est regroupée dans le tableau 09.

Tableau. 09 : la composition chimique moyenne du jus d'orange (**Hendrix et Redd, 1995**).

Constituants	Teneur (g/l)
Eau	87-92
Cendres	0.25-0.48
Protéines	0.58-1.29
Glucides	10-12
Lipides	0-0.56
Flavonoïdes	0.08-0.11
Composés volatils	0.03-0.11

3.3 Jus de grenade

Le jus contient 85,4 % d'eau, environ 1 % de polyphénols, 10,6 % de sucres et 1,4 % de pectine. Le jus est riche en minéraux et contient des concentrations variable d'éléments tels que le cobalt, le sodium, le calcium, le magnésium, le césium, le sélénium et le zinc (**Fakudze et al., 2022**).

Partie expérimentale

Matériel et Méthodes

1. Problématique

Devant la rareté de la ressource conventionnelle en eau, la mauvaise gestion des ressources en eau ainsi que la pollution causée par les rejets des eaux usées dans le milieu naturel, Le traitement des eaux usées est donc essentiel pour protéger le milieu naturel et pour créer des nouvelles ressources en eau. Pour la réutilisation et la valorisation pour irrigation agricole.

2. Objectifs

L'objectif du présent travail est de déterminer l'effet d'irrigation par les eaux usées traitées de la station d'épuration de Bouguirat en comparaison avec les eaux de puits, sur la qualité biochimique (teneur en polyphénols, flavonoïdes, caroténoïdes, vitamine C, protéines, lipides et les sucres) et microbiologique (recherche des coliformes fécaux et totaux, germes aérobies mésophiles total, et les salmonelles) de l'orange et de grenade.

3. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de deux fruits :

- a) L'orange de variétés Thomson Navel sont récoltés à maturité le mois de janvier 2023.
- b) Grenadier de variétés Sefri qui sont récoltés en mois d'octobre 2022.

L'orange et le grenadier ont été cueillis dans deux vergers situés dans la commune de Bouguirat wilaya de Mostaganem. Après avoir lavé ces fruits, ces derniers sont présentés manuellement.

Le jus obtenu après filtration est subi des plusieurs analyses biochimiques, physico chimiques et microbiologiques.

4. Les systèmes épuratoires de la wilaya de Mostaganem

La Wilaya de Mostaganem dispose actuellement de neuf (09) stations d'épuration, dont quatre (04) stations réceptionnées en 2017 et 2018. Notamment la STEP de Mostaganem a bénéficiée d'une réévaluation avec un montant de 800 000 000,00 DA, pour l'achèvement de La réalisation du système tertiaire, confinement des ouvrages et relevage des eaux épurées vers la frange maritime environ 2.000 ha irriguées. Une haute augmentation a été enregistrée dans le taux d'épuration des eaux usées durant l'année 2017, de 25% à 75 % soit 126.000 m³/j, dont 71.700 m³/j ont été déversés directement au milieu marin, actuellement le taux de la dépollution de littoral est de 95% (Tableau 10).

Tableau.10 : Systèmes épuratoires à travers la wilaya (DRE de la wilaya de Mostaganem, 2018).

LE VOLUME GLOBAL DES EAUX USÉES DE LA WILAYA EST DE 110 000 M3/J						
STATIONS D'ÉPURATION EN EXPLOITATION						
COMMUNE	STATIONS	CAPACITÉ EQ/HAB	STATIONS	VOLUME EPURÉ M3/J	SUPERFICIE À ÊTRE IRRIGUÉE HEC	ETAT
AIN NOUISSY	STATION DE LAGUNAGE AIN NOUISSY ET BENI YAHI	36 000	AÉRÉ	5 200	100	Gérée par l'ONA Depuis le 04.01.2012
FORNAKA	STATION DE LAGUNAGE DE FORNAKA ET KEDADRA	27 000	NATURL	4000	120	Gérée par l'ONA Depuis le 10.11.2011
BOUGUIRAT	STATION DE LAGUNAGE DE BOUGUIRAT	18 000	NATUREL	2 600	120	Gérée par l'ONA Depuis le 18.07.2012
MESRA	STATION DE LAGUNAGE DE MESRA	18 000	AÉRÉ	2 600	120	Gérée par l'ONA Depuis le 02.12.2013
HADJADJ	STATION DE LAGUNAGE DE HADJADJ	18 000	AÉRÉ	2 600	100	Gérée par l'ONA Depuis le 18.03.2013
PLUS DE 17 000 M3/JOUR DES EAUX USÉES ÉPURÉES VIA LES CINQ STATIONS DE LAGUNAGE SOIT UN TAUX D'ÉPURATION DE 16% DU VOLUME D'EAU REJETÉS						
STATIONS D'ÉPURATION EN COURS DE RÉALISATION						
SIDI LAKHDAR	STATION D'ÉPURATION DE SIDI LAKHDAR	35 000	BOUES ACTIVÉES À MOYENNE CHARGE	5 600	220	Mise en service Mars 2016
KHADRA	STATION D'ÉPURATION DE KHADRA	30 000	BOUES ACTIVÉES À MOYENNE CHARGE	4 300	150	Mise en service Janvier 2016
LE VOLUME DES EAUX USÉES ÉPURÉES ATTEINDRA LES 26 900 M3/J, SOIT UN TAUX DE 25 % APRÈS LA MISE EN SERVICE DES DEUX STEP 1ER TRIMESTRE 2016						
SIDI ALI	STATION D'ÉPURATION DE SIDI ALI	40 000	BOUES ACTIVÉES À FAIBLE CHARGE	5 800	220	Travaux en cours Date mise en service Juillet 2016
MOSTAGANEM	STATION D'ÉPURATION DE MOSTAGANEM	350 000	BOUES ACTIVÉES À MOYENNE CHARGE	50 000	850	Travaux en cours Date mise en service Juillet 2016

5. Description de la Station d'épuration

Dans ce travail, nous nous intéressons à l'étude d'une source d'eau usée traitée dans la région de Bouguirat, gouvernorat de Mostaganem. station épuration a lagunage naturelle. La station d'épuration de Bouguirat contient un site (Al Merdja) pour traiter les eaux usées avant qu'elles ne soient rejetées dans le milieu naturel, les cours d'eau et l'environnement en général, et est généralement installée à l'extrémité du réseau de collecte, à l'estuaire principal, uniquement à la source de la sortie d'eau vers le milieu naturel.

Nom de la lagune : Bouguirat

Capacité: 18000 EQ/h

Type de traitement : lagunage Naturel

Volume traité : 2600 m³/j

Date mise en service : Gérée par l'ONA depuis 18/07/2012.

6. Matériel utilisés

6.1 Appareillage

Tableau .11 : Les différents appareils utilisés pour l'étude expérimentale.

Appareils	pH mètre (ADWA) ; Spectrophotomètre (JENWAY) ; Centrifugeuse (SIGMA) ; Etuve ; Four pasteur ; Bain marie ; Soxhlet ; Balance de précision ; Agitateur, pompe sous vide ; Broyeur électrique
Verreries	Bécher ; erlenmeyer ; les éprouvettes ; entonnoir ; flacon ; tube à essai
Autres	Spatule ; papier filtre ; papier aluminium ; papier absorbant ; micropipettes.

6.2 Produits

Tableau .12 : Les différents produits utilisés.

Produits chimiques	Folin-ciocalteu ; Carbonate de sodium ; chlorure d'aluminium($AlCl_3$) ; Queursitine ; β -carotène ; BSA (Sérum Albumine Bovin) ; sulfate de cuivre ($CuSO_4$) ; tartrate double Sodium Potassium ; Acide gallique, hexane ; acétone ; éthanol ; éther de pétrole ; sulfate de cuivre ($CuSO_4$) ; la soude ($Na OH$) ; l'acide sulfurique (H_2SO_4) ; phénol ; l'iode ; amidon ; thiosulfate de sodium ; acide ascorbique.
Milieus de culture	VRBG ; OGA ; S.S ; S.F.B ; EVA-Litsky.

7. Méthodes

7.1 Analyse physico-chimiques de l'eau

7.1.1 Potentiel d'hydrogène (pH)

➤ Principe

Ce paramètre donne le degré d'acidité ou d'alcalinité d'une eau, l'appareil utilisé est le pH mètre. Ce dernier s'étalonne d'abord dans des solutions tampons de pH 7 et 4 puis introduit dans l'eau à analyser (JORA, 2006).

7.1.2 Demande biochimique en oxygène (DBO5)

➤ Principe

Mesure de la DBO5 consiste à déterminer la quantité d'oxygène consommée au bout de cinq jours d'incubation, dans les conditions d'essai, à 20°C dans une solution diluée de l'échantillon. Pour déterminer la DBO5, deux mesures de l'oxygène dissout doivent être effectuées :

A l'instant $t = 0$, au moment d'incubation

0 A l'instant $t = 5$ jours, après 5 jours d'incubation

Le dosage de la demande biochimique en oxygène (DBO5) que nous avons appliqué s'effectue électro chimiquement en utilisant un oxymètre équipé d'une sonde à oxygène. La norme de cette méthode est AFNOR (NF T90-103 Décembre, 1975).

7.1.3 Demande chimique en oxygène (DCO)

➤ Principe

Mesure de la DCO consiste à faire bouillir à reflux pendant 2 heures, une prise d'essai de l'échantillon, en milieu acide, en présence d'une quantité de bichromate de potassium (oxydant), de sulfate d'argent (jouant le rôle d'un catalyseur d'oxydation) et de sulfate de mercure II (permettant de complexer les ions chlorures). On dose ensuite l'excès de bichromate de potassium. La norme de cette méthode est **AFNOR (NF T90-101 Février, 2001)**.

7.1.4 Matière en suspension (MES)

➤ Principe

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. La connaissance de la concentration de ces particules dans les eaux usées est nécessaire dans l'évaluation de l'impact de la pollution sur le milieu aquatique. Elles agissent d'une façon négative sur les caractéristiques physico-chimiques de l'eau tels que : la turbidité, la transparence de la lumière donc de la photosynthèse (**Aassiri, 2001**). La quantité des MES contenue dans l'eau a été déterminée par la méthode de filtration selon (**Rodier et al, 2009**).

7.2 Les analyses microbiologiques de l'eau

7.2.1 Recherche de coliformes fécaux et totaux (ISO 21528-1, 2004)

➤ Principe

Il s'agit d'une culture en profondeur d'un milieu gélosé VRBG.

➤ Technique

A partir de la solution mère ainsi que de ses dilutions décimales, on procède à un ensemencement en profondeur, en portant aseptiquement 1ml dans les boîtes de pétri stériles, auxquelles on ajoute 15 ml VRBG fondue puis refroidie à 45°C. Faire ensuite des mouvements circulatoires pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose et laisser solidifié sur paillasse.

➤ Incubation

Incuber les boîtes, couvercle en bas à 37°C pendant 24 heures à 48 h pour les coliformes totaux et à 44°C pendant 24 à 48 h pour les coliformes fécaux.

7.2.2 Recherche des salmonelles

➤ Principe

La recherche de salmonelle dans les denrées alimentaires se fait par trois étapes : un pré-enrichissement sur le bouillon au sélénite de sodium et à la cystéine (SFB), un enrichissement et un isolement sur le milieu gélose Salmonella-Shigella (SS).

➤ Technique

• Premier jour : Enrichissement

Introduire 1ml de l'échantillon dans 1 ml de sélénite cystéine (SFB). Puis incubé à 37°C pendant 18 à 24 h (Navoun, 2005).

• Deuxième jour : Isolement

On porte 0.1 ml (2 gouttes) de milieu d'enrichissement et à l'aide d'une pipette pasteur stérile ensemencé dans des boîtes de pétri contenant gélose Salmonella-Shigella (Gélose SS). Par la suite, les boîtes sont incubées à 37°C pendant 24h (Rodier *et al*, 2009).

➤ Lecture

Après 24 heures, les salmonelles se présentent sous forme des colonies incolores à centre noir (Navoun, 2005).

7.2.3 Recherche et dénombrement de streptocoques fécaux

a) Teste présomptif

- A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement 1ml dans un tube contenant 9ml de milieu Rothe S/C pour obtenir la dilution 10^{-1}
- Prélèvement 1 ml de tube précédent 10^{-1} et mettre dans le second tube contenant 9ml de milieu Rothe S/C pour avoir la dilution 10^{-2}
- Transférer 1 ml de la dilution 10^{-2} dans un tube contenant 9 ml de milieu Rothe S/C, pour obtenir la dilution 10^{-3}
- Refaire la technique pour les 2 autres séries.
- L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures (Rejsek, 2002).

➤ Lecture

Les tubes présentant un trouble microbien seront considérés comme positifs et la lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP (Rejsek, 2002).

b) Teste Confirmatif

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des streptocoques du groupe (D) éventuellement présents dans le test de présomption. Les tubes de Rothe trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage à l'aide d'un ose bouclé dans un tube contenant le milieu EVA-Litsky, bien mélangé le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C, pendant 24 heures (Rejesk, 2002).

➤ Lecture

Seront considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien.
- Une pastille violette (blanchâtre) au fond de tube.
- La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP (Maalem *et al*, 2018).

7.3 Les analyses biochimiques et physico chimiques de jus

7.3.1 Détermination du pH

Le pH correspond au logarithme négatif de la concentration en ions H⁺, il est la différence de potentiel existant entre deux électrodes plongées dans le produit. La détermination du pH par méthode potentiométrique est réalisée grâce à un pH-mètre (AFNOR, 1986).

7.3.2 Détermination de la teneur en matière sèche

➤ Principe

La teneur en matière sèche de l'échantillon est déterminée en séchant 5g de produits à l'étuve réglée à une température de 105°C pendant 24 heures (AFNOR, 1985).

La teneur en matière sèche (MS) en gramme de l'échantillon est calculée par l'expression suivante :

$$\text{MS (g)} = (\text{Poids du creuset} + \text{l'aliquote après séchage}) - \text{poids du creuset vide}$$

Calcul de la matière sèche en % :

$$\text{MS (\%)} = (\text{MS(g)} / \text{masse échantillon (g)}) \times 100$$

La teneur en eau de l'échantillon est calculée par l'expression suivante :

$$\text{Teneur en eau (\%)} = 100 - \text{MS (\%)}$$

7.3.3 Détermination de la teneur en matière minérale

➤ Principe

La teneur en cendres de l'aliment est conventionnellement le résidu de la substance après destruction de la matière organique par l'incinération à 550°C dans un four à moufle pendant 2 heures (AFNOR, 1985).

La teneur en matières minérales de l'échantillon est calculée par la relation suivante :

$$\text{MM (g)} = (\text{Poids du creuset contenant les cendres} - \text{poids du creuset vide})$$

Calcul de la matière minérale en % :

$$\text{MM (\%)} = (\text{MM (g)} / \text{M1} - \text{M2}) \times 100$$

Avec :

M1 : Masse totale du creuset contenant la prise d'essai (en gramme).

M2 : Masse totale du creuset et les minéraux bruts (en gramme).

7.3.4 Dosage des composés phénoliques

Les polyphénols sont particulièrement abondants contribuent à la défense des organismes contre le stress oxydant et les dommages des DRO (des dérivés réactifs de l'oxygène) les polyphénols sont des métabolites secondaires constituant l'un des groupes les plus abondants dans le royaume végétal avec plus de 8000 structures différentes (Tolba, 2016).

➤ Principe

Le dosage des polyphénols totaux a été fait selon la méthode de Folin-Ciocalteu. Ce réactif est constitué à partir d'un mélange de l'acide phosphotungstique et d'acide phosphomolybdique. Lors de l'oxydation, il est réduit en un mélange d'oxyde bleu. La coloration produite est proportionnelle à la quantité de phénols totaux présents dans l'échantillon (Boizot et Charpentier, 2006).

7.3.5 Dosage des flavonoïdes

Les flavonoïdes représentent une classe de métabolites secondaires. Ce sont des pigments qui sont responsables de la coloration des fruits et des fleurs (Guillouty, 2016).

➤ Principe

Le dosage des flavonoïdes est basé sur la formation de complexes suite à la chélation des ions Al_3^+ , utilisés sous forme de chlorure d'aluminium ($AlCl_3$), par les groupements OH, en formant une coloration jaune dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de flavonoïdes présents dans l'extrait (**Ribéreau-Gayon, 1968**).

7.3.6 Dosage des caroténoïdes

➤ Principe

Les caroténoïdes sont des composés insolubles dans l'eau et soluble dans les solvants apolaire tels que l'hexane et le chloroforme. L'extraction de ces substances consiste à utiliser deux phases : une phase apolaire qui permet la récupération des caroténoïdes et une phase polaire (éthanol/acétone) qui élimine les interférents tels que les polyphénols et les flavonoïdes (**Sass-Kisset et al., 2005**).

7.3.7 Dosage des lipides totaux

➤ Principe

L'extraction par Soxhlet est une méthode simple et convenable permettant de répéter infiniment le cycle d'extraction avec du solvant frais jusqu'à l'épuisement complet du soluté dans la matière première (**Soxhlet, 1879**).

7.3.8 Dosage des protéines brutes

➤ Principe

Les protéines réagissent avec le réactif Folin-Ciocalteu pour donner des complexes colorés. La couleur ainsi formée est due à la réaction du phosphomolybdate par la tyrosine et le tryptophane. L'intensité de la coloration dépend donc de la quantité d'acides aminés aromatiques présents et varie selon les protéines. Les densités optiques sont mesurées à 700nm (**Lowry, 1951**).

7.3.9 Dosage des sucres totaux

➤ Principe

Le dosage des sucres totaux a été réalisé selon la méthode au phénol sulfurique (**Dubois et al, 1965**) par la mesure de l'absorbance à 490 nm.

7.3.10 Détermination de la vitamine C

➤ Principe

La détermination de la vitamine C a été réalisée par un dosage en retour en présence de diode et de thiosulfate de sodium (**Pourmaghi-Azar et Ojani, 1997**).

7.4 Les analyses microbiologiques du jus

7.4.1 Préparation des dilutions décimales (*Guillet et al., 2002*)

A partir de la solution mère (SM), on prépare une série de dilution allant de 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} et 10^{-4} (voir parfois jusqu'à 10^{-5}) dans les conditions d'asepsie.

7.4.2 Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles total (GAMT)

➤ Principe

Il s'agit d'une culture en profondeur d'un milieu gélose PCA.

➤ Technique

A partir des dilutions décimales préparées à partir du jus, allant de 10^{-3} à 10^{-1} , porter aseptiquement 1 ml dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage. Compléter ensuite avec environ 20 ml de gélose PCA 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 et laisser solidifier sur paillasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose ou de gélose blanche.

➤ Incubation

Les boîtes seront incubées couvercle en bas à 30°C pendant 72 heures avec une première lecture à 24 h, une deuxième lecture à 48 h et une troisième lecture à 72 h.

➤ Lecture

Les colonies des germes mésophiles totaux se présentent sous forme lenticulaire en masse.

7.4.3 Recherche et dénombrement des coliformes fécaux et totaux

La recherche des coliformes a été faite selon la norme (**ISO 21528-1, 2004**)

7.4.4 Recherche des salmonelles

La recherche des salmonelles a été faite selon la méthode de (Navoun, 2005 ; Rodier *et al*, 2009).

8. Etudes statistiques

Les données recueillies dans ce travail randomisé ont été soumises à l'analyse de variance. Le teste de portée multiple de Duncan a été utilisé pour distinguer les moyens de traitement. Le niveau de $p < 0,05$ a été prise en compte pour importance (SAS, 2008).

Les résultats descriptifs des variables quantitatives ont été présentés sous forme de tableaux et d'histogrammes illustrant les moyennes et les écarts-types

Résultats et Discussion

1. Les analyses physico chimiques de l'eau

1.1 pH

Les résultats obtenus montrent que les valeurs de pH dans les eaux usées traitées est de 7.34, donc elles sont conforme aux normes algérienne qui fixent des valeurs de pH entre 6,5 et 8.5 (**JORA, 2012**).

1.2 Température

L'analyse de ce paramètre est très importante, car elle conditionne de nombreux paramètres, tels que la conductivité électrique, l'oxygène dissous et le pH, ainsi que les réactions de dégradation et minéralisation de la matière organique. Elle est mesurée à l'aide d'un thermomètre. L'élévation de la température s'accompagne toujours d'une modification des propriétés de l'eau, la densité et la viscosité qui favorisent l'autoépuration et accroît la vitesse de sédimentation, ce qui peut présenter un intérêt dans les stations d'épuration (**Bedouh, 2013**).

Les résultats obtenus la température moyenne des eaux usées traitées est de 22.3°C. Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes de la qualité des eaux usées destinées à l'irrigation et elles se trouvent également dans la valeur limite 30°C.

1.3 Matières en suspension (MES)

La valeur limite des MES fixées pour l'eau destiné à l'irrigation est de 30 mg/l (**JORA, 2012**). On remarque que la concentration en MES dans les EUT était de 16mg/l. Cela est dû à l'efficacité du traitement.

1.4 La demande chimique en oxygène (DCO)

La moyenne de la DCO présente dans les eaux usées traitées est de 72mg/l, la moyenne est inférieur aux normes algériennes de rejets 90 mg/l (**JORA, 2012**). Ceci s'explique par l'élimination importante de la matière organique qui nécessite la présence d'oxygène pendant le traitement.

1.5 La demande biochimique en oxygène (DBO5)

Les valeurs de DBO5 pour les EUT (18mg/l) sont conformes aux de (**JORA, 2012**) qui est de 30 mg/l.

2. Les analyses microbiologiques de l'eau

Les résultats d'analyses bactériologiques des eaux usées traitées sont regroupés dans le (tableau 13).

Tableau 13 : Résultats de l'évaluation microbiologique de l'eau.

Les microorganismes	Eau usée épurée	Norme JORA (2012)
Coliformes totaux	998	<1000 CF/100 ml
Coliformes fécaux	990	<1000 CF/100 ml
Streptocoques fécaux	Absence	Absence
Salmonelles	Absence	Absence

On remarque à partir les résultats enregistrés dans ce tableau une absence totale de streptocoques fécaux et de salmonelles.

Concernant les coliformes fécaux qui sont un indicateur des contaminations fécales, nous avons observé que le nombre des colonies est inférieur aux normes (moins de 1000 colonies). Cela indique que l'EUT est de bonne qualité hygiéniques.

3. Les analyses biochimiques et physico chimiques de jus

3.1 Détermination du pH

Les résultats du pH de nos échantillons étudiés sont illustrés dans la figure 4

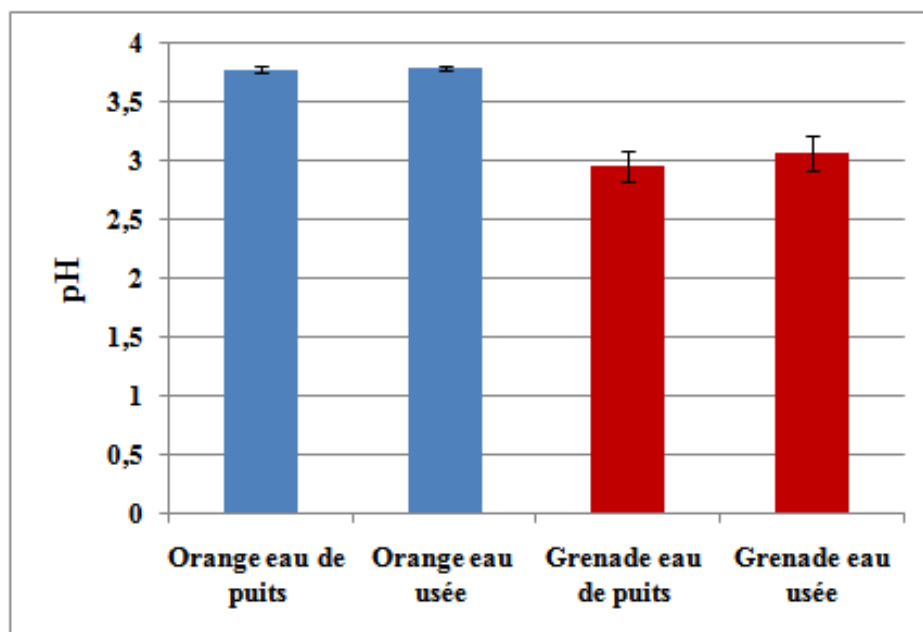


Figure 4 : valeurs du pH des jus d'orange et de grenade

Les résultats obtenus (Figure 4) indiquent que les valeurs du pH de jus issus d'oranges irriguées par l'eau de puits sont comparables à celles de jus issus d'oranges irriguées par eau usée traitée (3.78 ± 0.02 ; 3.79 ± 0.01) respectivement. Nos résultats sont proches de ceux cités par (Ndife *et al*, 2013) qui ont trouvé des valeurs du pH entre 3.23 et 4.08.

Les valeurs du pH pour le jus de grenade irriguées par eau de puits sont similaires à celles irriguées par les eaux usées traitées (2.957 ± 0.125 ; 3.067 ± 0.153) respectivement. Cependant, ces résultats sont conformes à celle trouvée par (Hmid, 2017) qui a donné un intervalle de 2.85- 4.17 sur différentes variétés de grenades.

3.2 Détermination de l'humidité

Les taux d'humidité de jus d'orange et de grenade après l'étape de séchage sont illustrés dans la figure 5.

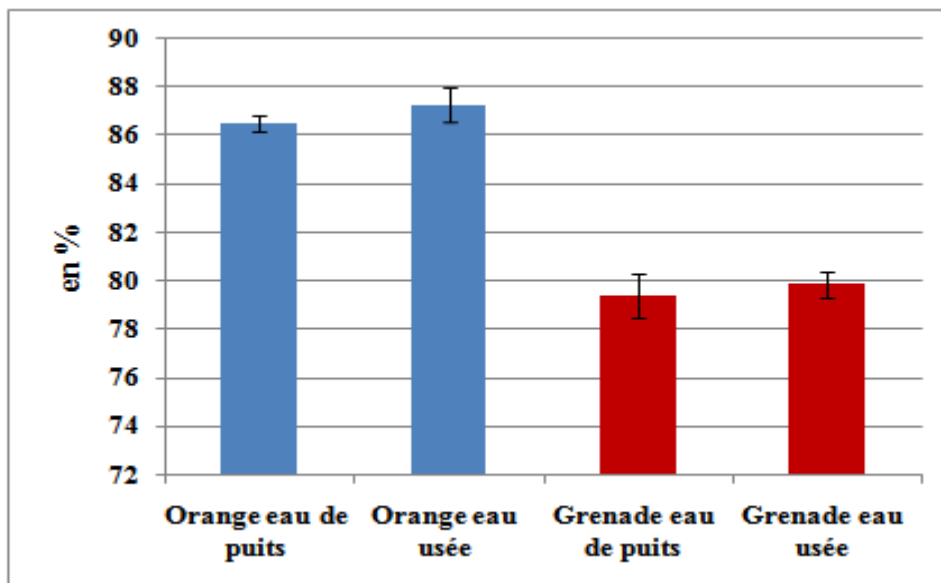


Figure 5 : taux de l'humidité d'orange et de grenade.

D'après les résultats (figure 5) le taux d'humidité dans l'orange irrigué par eau de puits et l'orange irriguée par les EUT sont similaires ($86,5 \pm 0,35\%$; $87,3 \pm 0,70\%$). Nos résultats sont supérieurs à celles obtenues par (Osfor *et al.*, 2013) respectivement, qui ont démontré que la teneur en humidité d'orange frais était de 82.6%.

Le taux d'humidité dans le jus de grenade irriguée par eau de puits est comparable à celle irriguée par les eaux usées épurées ($79,383 \pm 0,917\%$; $79,867 \pm 0,535\%$) respectivement. Une étude élaborée par (Al-Maiman et Ahmad, 2002) a montré que la teneur en humidité dans le jus de grenade est de 84.40%.

Donc la température a une influence sur l'évolution de la teneur en eau au cours du séchage. L'influence de la température sur la cinétique de séchage est importante, une augmentation de la température résulte en une diminution de la teneur en eau (Lahmari *et al.*, 2012).

3.3 Détermination de la matière sèche

La teneur en matière sèche des deux fruits après séchage est représentée dans la figure 6.

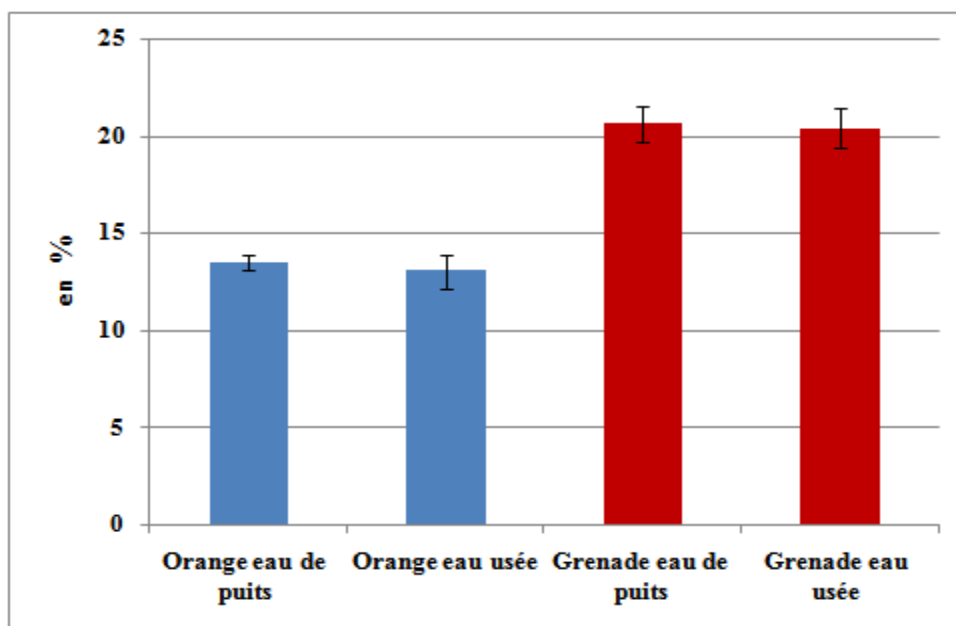


Figure 6: Teneur en matière sèche en (%) des (orange et grenade).

Les résultats obtenus montrent que la teneur en matière sèche de l'orange irriguée par l'eau de puits sont comparable à celles de l'orange irriguée par les eaux usées traitées ($13,5 \pm 0,3513\%$; $13,05 \pm 0,872\%$) respectivement. ces valeurs sont situent dans l'intervalle trouvé par (Martinet Mohand., 2010), qui est entre 13.05% et 15% pour de quelques agrumes et tomates séchées.

La teneur en matière sèche dans le jus de grenade irriguée par eau de puits ($20,617 \pm 0,917$) et similaires à celles irriguées par les EUT ($20,413 \pm 1,019$). Nos résultats sont situés dans l'intervalle donné par (Mousavinejad *et al.*, 2018) (13% à 23%).

3.4 Détermination de la matière minérale

La figure 7 illustre la teneur en matière minérale de l'orange et de grenadier.

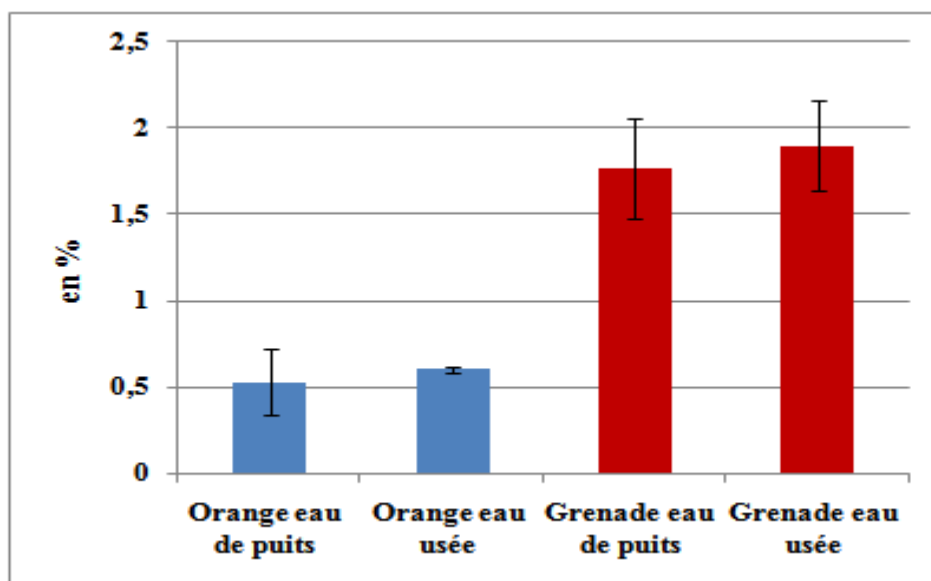


Figure 7 : Teneur en cendre en (%) des (orange et grenade).

Les résultats consignés dans la figure 7 indiquent que les teneurs en minéraux dans les oranges irriguées par l'eau de puits sont proches à celles irriguées par les eaux usées traitées ($0,527 \pm 0,191\%$; $0,6 \pm 0,017\%$) respectivement. Ces résultats inférieurs par rapport à ceux de (**Osfor *et al.*, 2013**), qui ont démontré que la teneur en cendres d'orange en poids sec était de 2.3%.

Les teneurs en cendres pour le jus de grenade irriguée par eau de puits et pour le jus d'orange irriguées par les EUT sont ($1,767 \pm 0,293\%$; $1,897 \pm 0,257\%$) respectivement. Ces valeurs sont situées dans l'intervalle donné par (**Dadashil *et al.*, 2013**) (1.653 à 1.887%). Ces taux dépendent de l'efficacité de séchage.

3.5 Teneur en polyphénols

La figure 8 illustre les résultats obtenus de la teneur en polyphénols totaux.

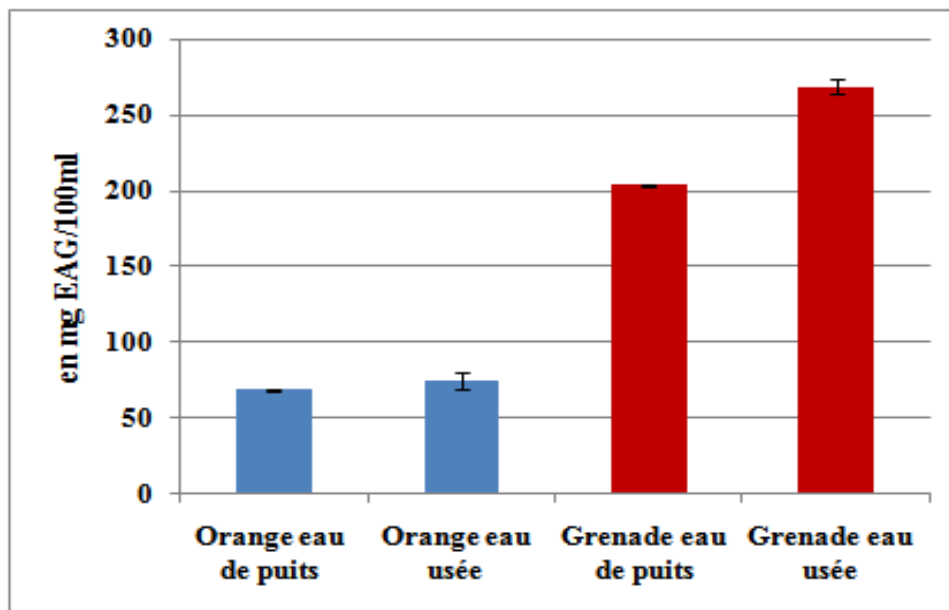


Figure 8 : Teneur en polyphénols totaux (en mg EAG/ml) des (orange et grenade).

Les teneurs moyenne en composés phénoliques totaux pour le jus d'orange irrigué par eau de puits $69,123 \pm 2,705$ mg EAG/100ml est similaires à celles irriguées par les EUT $74,447 \pm 5,208$ mg EAG/100ml. Ces valeurs sont proches à celles obtenues par (**Gardner et al., 2000**) et (**Velazquez-estrada et al., 2013**) (75,5 et 77,10 mg EAG/100 ml de jus) respectivement.

La teneur en polyphénols totaux pour le jus de grenade irriguées par eau de puits est $203,99 \pm 0,71$ mg EAG/100g et inférieur à celles irriguées par les EUT $268,9 \pm 5,244$ mg EAG/100g. Cette teneur est supérieur à celle trouvé par (**Bazargani-Gilani et al., 2014**) qui donne un résultat de 154.90mg EAG/100g, et elle est très supérieur à celle trouvé par (**Tahirovic et al., 2012**) qui est de l'ordre de 10.22 mg EAG/100ml. Mais elles sont proches à celle menée par (**Ara et al., 2008**), qui a révélé une concentration en polyphénols totaux dans le jus de grenade des différentes variétés entre 90.4 et 206.7 mg EAG/100ml. Et elle est dans l'intervalle donnée par (**Hmid et al., 2017**) qui a révélé une teneur de 138.5 à 947.6 mg EAG/100ml.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les différences observées entre nos résultats et ceux de la littérature peuvent être expliqués selon (Li *et al.*, 2006) à la méthode d'extraction, le degré de maturation des fruits et les conditions de l'environnement, en plus de réactif adopté pour le dosage.

3.6 Teneur en flavonoïdes

Les résultats de la teneur en flavonoïdes obtenus pour nos échantillons sont mentionnés dans la figure 9.

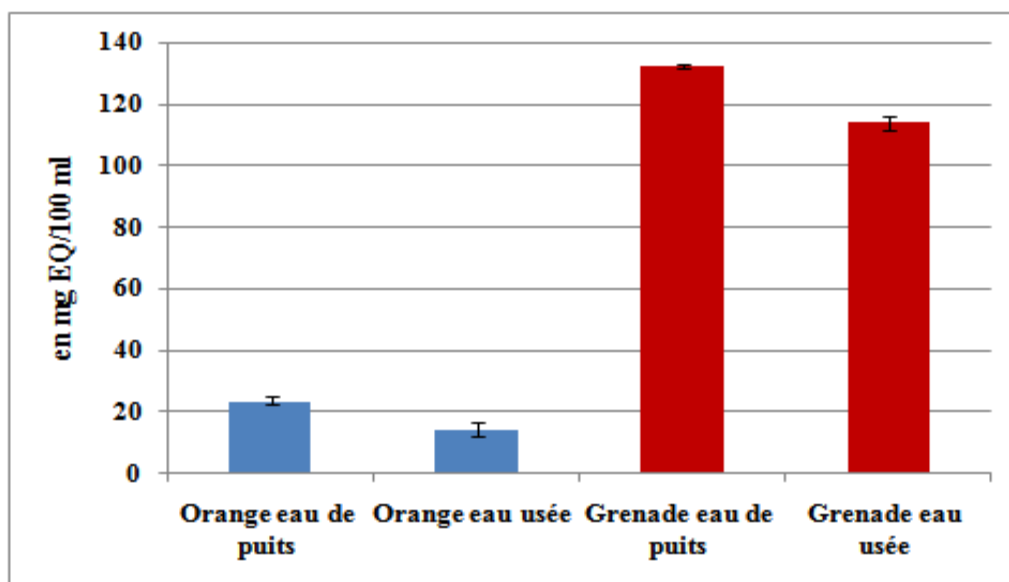


Figure 9 : Teneur en flavonoïdes (en mg EQ/ml) dans le jus des (orange, grenades).

La teneur moyenne en flavonoïdes totaux pour le jus d'orange irrigué par eau de puits est de $23,607 \pm 1,353$ mg EQ/ml et supérieur à celles irriguées par les eaux usées traitées $14,28 \pm 2,452$ mg EQ/ml. Les résultats de la présente étude sont inférieurs à ceux rapportés par (Guimaraes *et al.*, 2010), qui ont indiqué pour le jus d'orange une valeur de 62 mg EQ/ 100ml, mais elles sont conformes aux valeurs trouvées par (khodja, 2008) dans l'étude de l'activité antioxydant des jus et pulpes de quelques de variétés d'oranges de la région de Bejaïa révèle des teneurs comprises entre (6.2 et 29.8 mg EQ/100 ml).

On peut observer une différence significative entre la teneur en flavonoïdes pour la grenade irriguée par eau de puits ($132,467 \pm 0,722$ mg EQ/100 ml) et le grenade irriguées par les EUT ($113,803 \pm 1,998$ mg EQ/100 ml). Ces résultats sont similaires à celles trouvées par (Mphahlele *et al.*, 2013) qui donne des valeurs comprises entre (65mg EQ/100ml) à (800mg EQ/100ml).

La diversité des teneurs en flavonoïdes est influencée par plusieurs facteurs tels que la lumière, climat, saison, le soleil, le degré de maturation et la méthode analytique (Melo *et al.*, 2006) et (Xu *et al.*, 2008).

3.7 Teneur en caroténoïdes

La figure 10 représente la teneur en caroténoïdes contenu dans le jus d'orange et le jus de grenade.

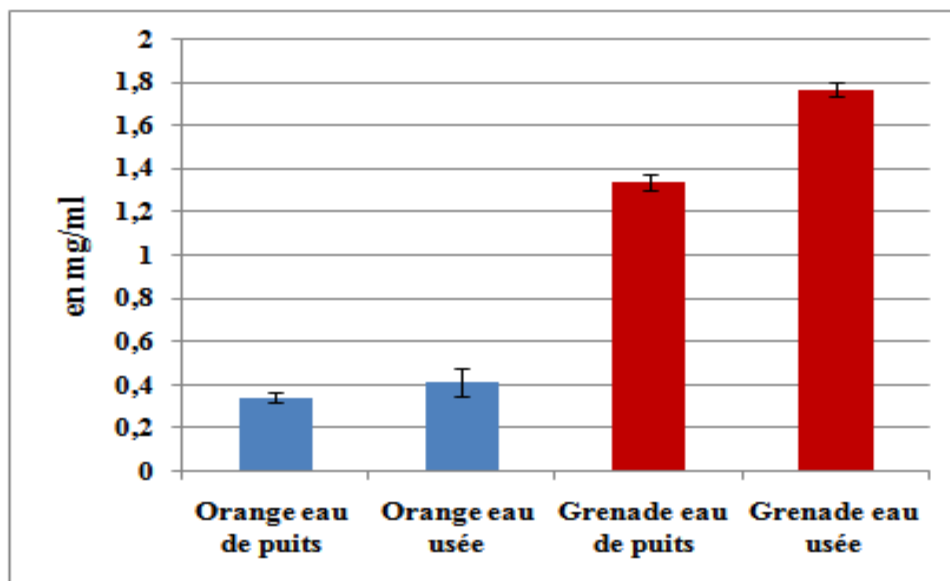


Figure 10 : Teneur en caroténoïdes (mg/l) dans le jus des (orange, grenade).

D'après les résultats obtenus en remarque que la teneur en caroténoïdes dans le jus d'orange irrigué par eau de puits et le jus d'orange irrigué par les eaux usées traitées sont comparables ($0,343 \pm 0,021$ mg/l ; $0,417 \pm 0,064$ mg/l) respectivement. L'étude de (Lee, 2001) sur les jus des variétés d'oranges a rapporté des teneurs comprises entre 0.38 et 0,57 mg/l, ce qui est en accord les résultats obtenus dans notre travail.

On remarque que la teneur en caroténoïdes dans le jus de grenade irriguée par eau de puits ($1,34 \pm 0,036$ mg/l) est inférieure à celles irriguées par les eaux usées traitées ($1,77 \pm 0,036$ mg/l). Nos résultats sont inférieurs par rapport aux normes de (Grajzer *et al.*, 2015) qui trouve des valeurs comprises entre 1.96 mg/l à 5.99 mg/l.

Il est bien connu que la teneur en caroténoïdes des jus est influencée par de nombreux facteurs : en premier se place la variété du fruit utilisé dont les jus peuvent présenter des caractéristiques diverses et se différencier par la teneur en caroténoïdes et en bêta-carotène. La maturation provoque des changements dans la composition des caroténoïdes.

(**Bauernfeind, 1958**) rapporte en effet que la teneur en caroténoïdes s'élève au cours de la maturation. Le climat et la technique d'extraction du jus (**Calvarano, 2013**).

3.8 Teneur en lipides

La figure 11 illustre les résultats obtenus de la teneur en lipide.

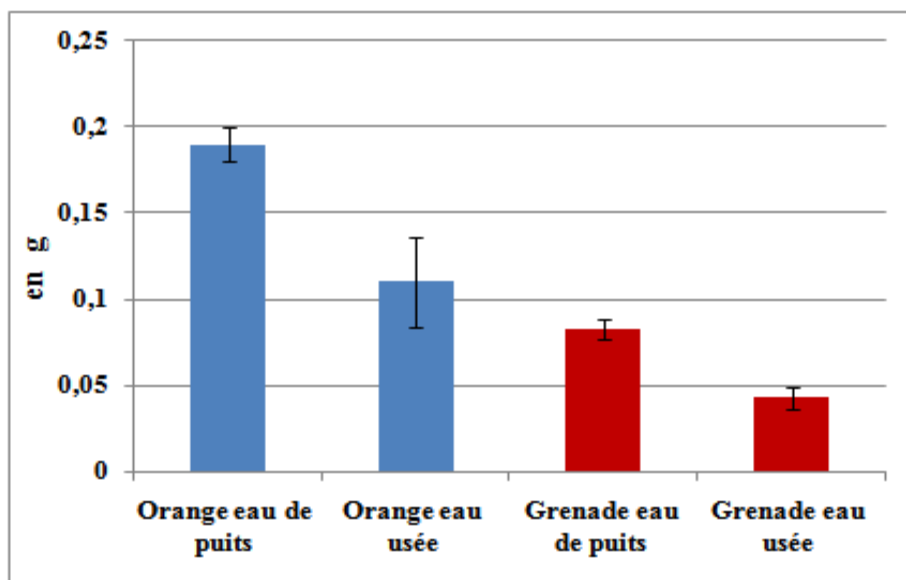


Figure 11 : Teneur en lipides (en g) des jus d'orange et de grenade.

À partir des résultats obtenus, nous avons observé que la teneur en lipides dans le jus de orange irrigués par eau de puits ($0,19 \pm 0,01$ g) est supérieure à celles irriguées par les eaux usées traitées ($0,11 \pm 0,026$ g).

Le jus d'orange est une boisson très faible en matières grasses. En moyenne, il contient environ 0,1 g de lipides pour 100ml. Ce qui est généralement considéré comme bénéfique pour la santé. Cette faible teneur en lipides est principalement due à la nature aqueuse du jus d'orange qui est composée à 90% d'eau (**USDA, 2021**)

La teneur en matières grasses dans le jus de grenade irriguées par eau de puits ($0,08 \pm 0,006$ g) est supérieure à celles irriguées par les eaux usées traitées ($0,04 \pm 0,006$ g).

Le jus de grenade est également très faible en lipides. En moyenne, il contient moins de 0,5 g de lipides pour 100ml. Cette faible teneur en lipides est également due à la nature aqueuse du jus de grenade qui est composé à plus de 80% d'eau (**USDA, 2021**).

3.9 Teneur en protéines

La figure 12 illustre la teneur en protéines de nos échantillons.

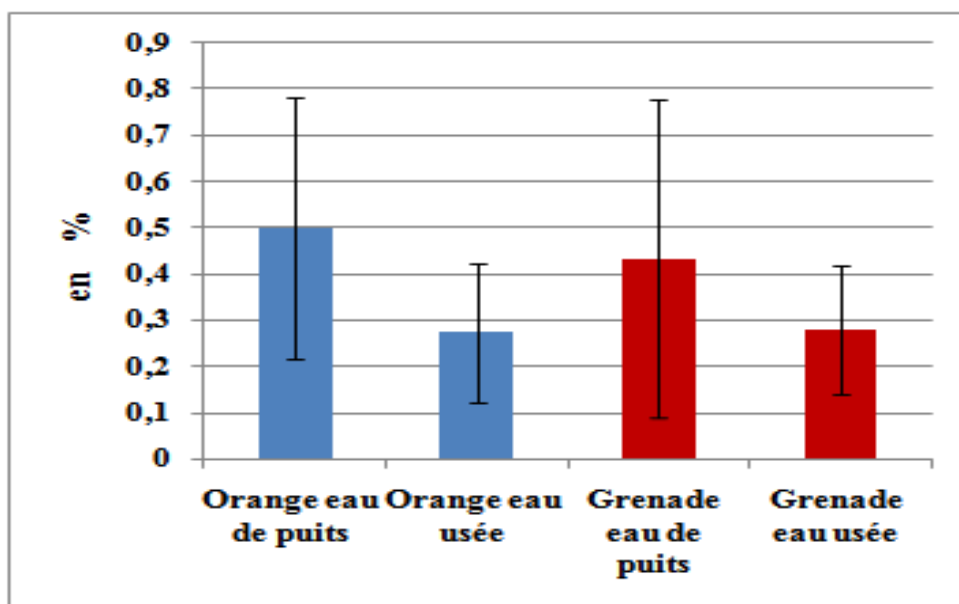


Figure 12 : Teneur en protéines (en %) dans les jus d'orange et grenade.

Les résultats indiquent des niveaux très faibles en protéines. Il est évidemment connu que les oranges irriguées par l'eau de puits sont pauvres en ces protéines. Le taux de protéines enregistré dans le jus d'orange irrigué par eau de puits et dans le jus d'orange irriguées par les EUT sont ($0,5 \pm 0,282\%$; $0,273 \pm 0,154\%$) respectivement. Ces valeurs sont proches à celle obtenue par (**Chuku et Chinaka, 2014**) avec 0,51 % et par (**Chaudhary et Verma, 2011**) avec 1,975%.

La teneur en protéines dans la grenade irriguée par eau de puits ($0,433 \pm 0,344\%$) est supérieur à celles irriguées par les EUT ($0,28 \pm 0,139\%$). Ces valeurs sont légèrement inférieures aux résultats obtenus par (**Hamedi et al., 2011**) qui donne un intervalle de (0.5% à 1%).

La variation de la teneur en protéines est due également à la modification génétique, aux facteurs de production, aux conditions climatiques, au stade de maturité, à la manipulation et au stockage (**Abbas et al., 2008**).

3.10 Teneur en sucres

La figure 13 représente la teneur en sucres totaux dans le jus d'orange et de grenade.

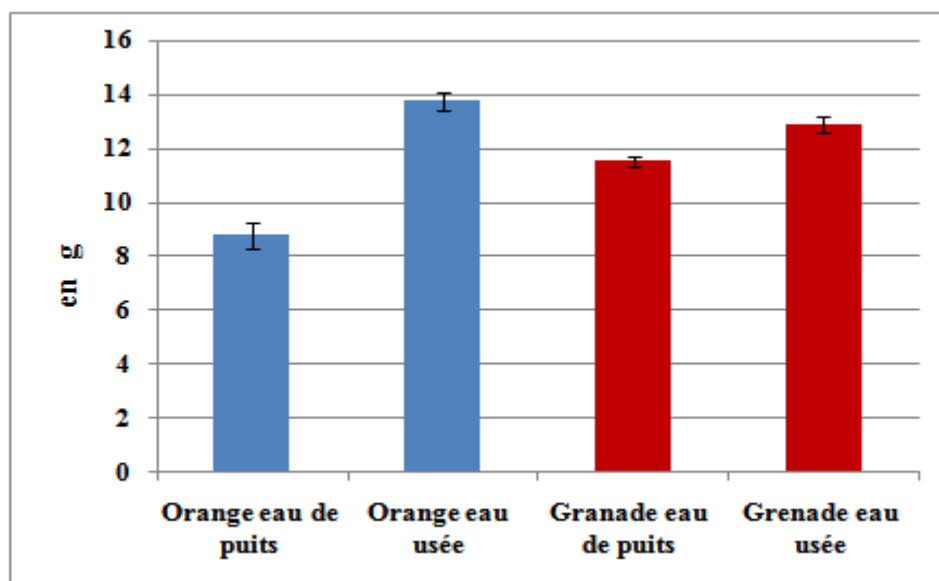


Figure 13 : Teneur en sucre totaux (en g) dans le jus des (orange et grenade).

D'après les résultats obtenus, la teneur en sucre dans le jus d'orange irrigué par eau de puits ($8,793 \pm 0,479$ g) et inférieur à celles irriguées par les eaux usées traitées ($13,753 \pm 0,339$ g). Ces valeurs sont comparables par rapport la gamme de 9.15 g à 14.25 g rapportés par (Ndife *et al.*, 2013).

La teneur en sucres dans le jus de grenade irriguée par eau de puits ($11,553 \pm 0,163$ g) et inférieur par rapport au jus de grenade irriguée par les EUT ($12,917 \pm 0,3$ g). Ces valeurs sont différentes à celles trouvées par (Zarei *et al.*, 2011), qui donne un intervalle de 74 à 178.8g pour les sucres totaux. Les conditions pédoclimatique, le stade de maturité des fruits à la récolte, les modes de dosage peuvent être à l'origine de ces différences.

3.11 Teneur en Vitamine C

L'acide ascorbique est abondant et à de nombreuses fonctions biologiques dans les fruits, il contrôle de nombreux aspects d'oxydation-réduction et l'activité antioxydant (**Basaki et al., 2012**).

Les résultats de la vitamine C sont illustrés dans la figure 14.

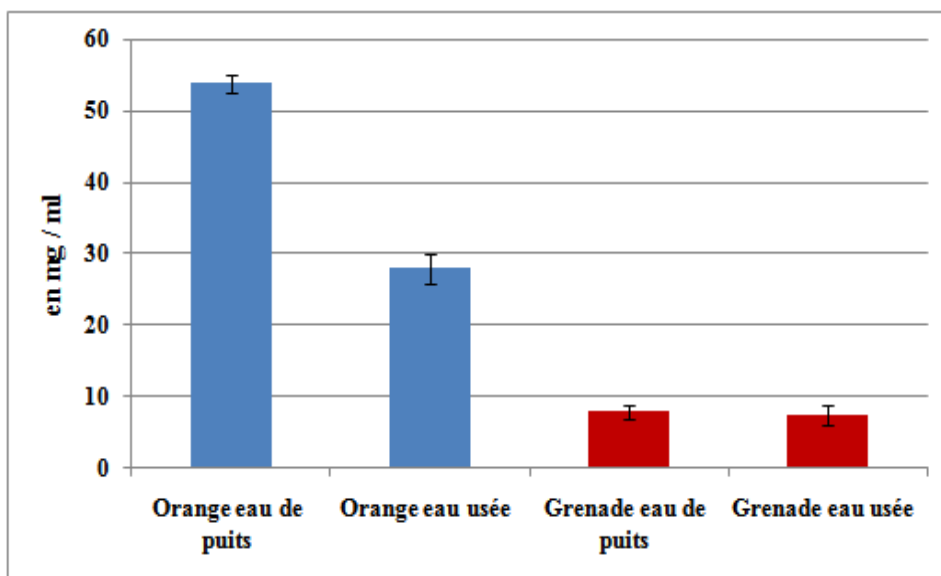


Figure 14 : Teneur en vitamine C (en mg/ml) dans les jus d'orange et grenade.

On peut observer une différence significative entre la teneur en vitamine C du jus d'orange, qui est de l'ordre (53,933±1,29 mg/ml) de l'orange irriguée par eau de puits, et 27,997±2,005 mg/ml pour l'orange irriguée par les eaux usées traitées.

Les études menées par (**Primo, 1982**) et (**Hendrix et Redd, 1995**) révèlent des valeurs de vitamine C allant de 25 à 80 mg/ml pour les jus d'orange. On peut conclure à partir de ces études que les valeurs trouvées dans nos jus sont comprises dans cet intervalle.

On remarque que la teneur en vitamine C dans le jus de grenade irriguée par eau de puits est supérieure à celles irriguées par les eaux usées traitées (8,007±1 mg/100ml ; 7,407±1,434 mg/100 ml) respectivement. (**TehraniFar et al., 2010**) ont rapporté la présence de la vitamine C dans les génotypes de grenade entre 9,9 - 20,9 mg /100 ml de jus.

La variabilité des teneurs en acide ascorbique est influencée par les variations saisonnières et annuelles du soleil, l'humidité, la variété du fruit, position des fruits sur l'arbre et leur degré de maturité (**Nagy, 1980**).

4. Les analyses microbiologiques de jus

Il s'agit d'un bon indice de la qualité du produit du point de vue hygiénique et de l'aptitude à la conservation.

L'action microbienne sur un aliment affecte les caractères physicochimiques, nutritifs et organoleptiques. Cette activité se manifeste souvent à travers des réactions enzymatiques (Galzy et Guirand, 1980).

D'après Guiraud (1998), les germes présents dans le jus d'orange proviennent en grande partie des matières premières. Le nombre des micro-organismes dans les jus fraîchement pressés est souvent très élevé : il dépend de l'état des fruits (maturité et propreté) et du type d'extraction.

Les résultats de l'analyse microbienne des différents échantillons de jus d'orange sont présentés dans le tableau 14.

Tableau 14 : Résultats de l'évaluation microbiologique de jus d'orange (JORA, 1998).

	Jus d'orange (Eau de puits)	Jus d'orange (EUT)	Jus de grenade (Eau de puits)	Jus de grenade (EUT)	Normes JORA (1998) UFC
FTAM	1.10 ²	8.10 ²	2.10 ²	6.10 ²	10 ³
Coliformes totaux	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Coliformes fécaux	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Salmonelles	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence

D'après les résultats illustrés dans le tableau 14 nous remarquons l'absence totale de salmonelles qui est conforme aux normes exigés par la (JORA, 1998), cela pourrait être dû aux valeurs basses du pH où ces germes ne peuvent se développer.

L'absence des coliformes fécaux et totaux dans notre jus est conforme aussi à la norme (JORA, 1998), cela est un résultat d'un bon respect des règles hygiéniques par le manipulateur.

Concernant la flore mésophile aérobie totale (FTAM) qui est le premier indicateur de la qualité, nous avons observé leur présence dans le jus d'orange avec une moyenne de 100 colonies pour le jus d'orange irrigués par eau de puits et 800 colonies pour le jus irrigués par eau usée traitée. Nos résultats est conforme aux normes cités par la (JORA, 1998).

Discussion

Dans cette étude, nous avons évalué l'influence de l'irrigation avec des eaux usées épurées de la station d'épuration Bouguirat sur l'évolution des quelques paramètres physico chimiques et microbiologiques des cultures des oranges et des grenades.

Ce travail a pu déceler l'incapacité de la station de Bouguirat à épurer les eaux usées traitées.

Les valeurs de pH et de température sont conformes aux normes algériennes de rejets. Un pH alcalin et une température modérée constituent des conditions de milieu idéales pour la prolifération des microorganismes qui établissent un parfait équilibre biologique, permettant la dégradation de la matière organique ce qui conduit à la décontamination de l'eau.

Les valeurs de la MES, DBO5 et la DCO sont inférieurs par rapport aux normes exigés par le journal officiel algériennes. Ce qui nous donne une idée sur l'efficacité de traitement.

Pour le côté bactériologique les résultats sont satisfaits aux normes algériennes. Cela indique que les eaux usées traitées par la station d'épuration de Bouguirat sont de bonnes qualités hygiéniques et peuvent être utilisées dans l'irrigation sans aucun risque.

Toutefois, les EUT n'ont pas d'effet notable sur les caractéristiques physico-chimiques où le taux des flavonoïdes, de vitamine C, des protéines et des lipides diminue dans le jus d'orange et le jus de grenade irrigués par les EUT, et augmenter dans les plantes arrosées avec l'eau de puits due à la variation de la concentration d'azote dans l'eau d'irrigation, l'eau de puits contient un taux élevée par rapport à l'EUT, Dans ce qui augmente la teneur de polyphénols, sucre et caroténoïdes dans les plantes irrigués avec EUT à cause de degré de maturation des fruits et les conditions de l'environnement (la lumière, climat, saison, et le soleil),

Enfin, selon les résultats obtenus dans cette expérience, la réutilisation de ces eaux (à condition de l'application d'un traitement adéquat) est très bénéfique pour assurer la compensation des risques de sécheresse sur la durabilité des systèmes de cultures et la pression sur les ressources en eaux conventionnelles mais avec un suivi et le choix de la culture irriguées.

Conclusion générale

Conclusion générale

Les eaux usées traitées sont considérées comme une source d'eau supplémentaire inestimable pour irrigation agricole. La réutilisation des eaux usées traitées réduit la quantité d'eau douce utilisée pour l'irrigation et la quantité d'eaux usées rejetées dans l'environnement, créant un potentiel important pour la santé, l'environnement et l'économie.

Les résultats des analyses physico chimiques et microbiologiques des eaux usées traitées par La station d'épuration de Bouguirat montre que ces dernières sont satisfaites aux normes de journal officiel algérien et peuvent être utilisées dans l'irrigation sans aucun risque.

L'étude de l'effet d'irrigation par les EUT indique que ces eaux ont un effet significatif sur la qualité biochimiques de jus d'orange et de grenadier où le taux de polyphénols de sucre et de caroténoïdes augmente.

Enfin, la réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation des cultures pourrait contribuer à atténuer voire réduire le déficit en eau, soutenir le secteur agricole et protéger les ressources en eau souterraines. Mais il est nécessaire de mentionner qu'une gestion appropriée et une surveillance périodique des paramètres de la qualité de l'eau, du sol et des produits agricoles sont nécessaires à court et à long terme.

Références
Bibliographiques

- Aassiri A, (2001).** Impact des eaux usées déversées par Oued Sebou sur le littoral de l'océan Atlantique : Evaluation de la contamination par les métaux toxiques. Mémoire de Doctorat. Université Mohammed V, faculté des sciences, Rabat. 231p.
- Aburzizah A.S, et Aljohani F.S, (2019).** Activated sludge process of waste water treatment plant. 3(1), p70-61. <https://doi.org/10.26389/AJSRP.F280119>.
- Afag, F., Saleem, M., & Krueger, C.G. (2005).** Anthocyanin and hydrolyzable tannin-rich pomegranate fruit extract modulates MAPK and NF-KB pathways and inhibits skin tumorigenesis in CD-1 mice. International journal of cancer, 113(3) ,423-433.
- AFNOR (Association Française de Normalisation), (1975).** Essais des eaux - Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO) (NF T90-103 Décembre 1975).
- AFNOR (Association Française de Normalisation), (1985).** Aliments des animaux, méthodes d'analyses françaises et communautaires. 2ème édition, 200 p.
- AFNOR (Association Française de Normalisation), (1986).** Jus de fruits et de légumes: spécification et méthodes d'analyse. 2ème Ed. Tour Europe, Paris, 155 p.
- AFNOR (Association Française de Normalisation), (2001).** Qualité de l'eau - Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO) (NF T90-101 Février 2001).
- Al-Maiman, S.A., Ahmad, D., (2002).** Changes in physical and chemical properties during pomegranate (*Punica granatum*L.) fruit maturation. Food Chem. 76, 437–441.
- Ara F., Fisher-zorn M. (2008).** Comparaison chimique et frelatage possible. Science et recherche, jus de grenade. VOL 1.PP :8.
- Arioua S et Laggouni Z, (2020).** Evaluation de l'abondance des mouches de fruit dans deux grenaderie à El khERZA(M'sila). Mémoire de Master. Université MOHAMED BOUDIAF-M'SILA, 53p.
- Bachi O, Halilat M, Bissati S, Al-Ansari N, Saggai S, Kouadri S, Hadee M, (2022).** Wastewater Treatment Performance of Aerated Lagoons, Activated Sludge and Constructed Wetlands under an Arid Algerian Climate. Sustainability, 14(24), 16503. <https://doi.org/10.3390/su142416503>.
- Barbara H.I, (2008).** Faire des confitures, des gelées et des conserves de fruits Université du Wisconsin—Extension, Extension Coopérative, 65 p.
- Basaki, T., Tabatabaei, Z., Faraji, S., & MirEskandari, S. A., (2012).** "Study and evaluation of floral morphology of the Saveh pomegranates collection".

- Bauernfeind J. C. (1958).** Symposium Fruc. ltsaft-J, onien trat. Brislol, 266p.
- Bazargani-gilani B., Tajik H., Aliakbarlu J. (2014).** Physicochemical and antioxidative characteristics of Iranian pomegranate (*Punica granatum L. cv. Rabbab-e-Neyriz*) juice and comparison of its antioxidative activity with *Zataria multiflora* boiss essential oil. Department of Food Hygiene and Quality Control, faculty of veterinary medicine. Veterinary Research Forum, URMIA university, IRAN; 5 (4). PP: 313-318.
- Bedouh Y et Boumedris, (2013).** Contribution à l'épuration des eaux usées industrielles par un procédé biologique (*Lemna minor*), cas de l'oued Mebouja. Laboratoire de Toxicologie Cellulaire, Département de Biologie, Faculté des sciences, Université Badji Mokhtar BP 12, Annaba 23000, Algérie. P 354-357.
- Belhadj, S., Yahia, S., Dahmana, (2018).** « Analyse de la qualité de l'eau suivant les normes de potabilité de quelques sources naturelle dans la commune de Feraoun (Wilaya Bejaia) ». Mémoire de Master. Université Abderrahmane MIRA-Bejaia (Algérie), 63p.
- Ben Hsouna, A.; Sadaka, C.; Generali'cMekini'c, I.; Garzoli, S.; Švarc-Gaji'c, J.; Rodrigues, F.; Morais, S.; Moreira, M.M.; Ferreira, E.; Spigno, G.; (2023).** The Chemical Variability, Nutraceutical Value, and Food-Industry and Cosmetic Applications of Citrus Plants: A Critical Review. *Antioxidants*, 12, 481, 37p. <https://doi.org/10.3390/antiox12020481>.
- Benamara S, agougou A, (2003).** Jus alimentaires. Technologies agroalimentaire. Ed.2.01.4280.
- Benameur N, (2018).** Analyse des indicateurs de pollution biologique dans les rejets des eaux usées civiles de la ville de Biskra. Thèse de doctorat. Université Mohamed Khider-BISKRA. 192p.
- Benghiar R, (2020).** Effet préventif de l'écorce de grenade (*Punica granatum L.*) vis à vis du trouble oxydatif et du microbiote intestinal associés aux lésions précancéreuses chimio-induites chez le rat Wistar. Thèse de doctorat. Université abdelhamid ibn badis – Mostaganem, 182p.
- Berraf-Tebbal, A., Mahamedi, A. E., Aigoun-Mouhous, W., Špetík, M., Čechová, J., Pokluda, R., Baránek, M., Eichmeier, A., & Alves, A. (2020).** *Lasiodiplodiamitidjanasp. Nov. And other Botryosphaeriaceae species causing branch canker and dieback of Citrus sinensis in Algeria. PloS one*, 15(5), e0232448.

- Berne F. (1972).** Les traitements des eaux dans l'industrie pétrolière. Édition : Technip p : 207.
- Bijekar, S.; Padariya, H.D.; Yadav, V.K.; Gacem, A.; Hasan, M.A.;Awwad, N.S.; Yadav, K.K.; Islam, S.; Park, S.; Jeon, B.-H, (2022).** The State of the Art and Emerging Trends in the WastewaterTreatment in Developing Nations. *Water*, 14, 2537, 19p. <https://doi.org/10.3390/w14162537>.
- Bissati,S.;Al-Ansari,N.; Saggai,S.; Kouadri,S.; Najm,H.M, (2022).** WastewaterTreatment Performance of AeratedLagoons, ActivatedSludge and ConstructedWetlandsunder an Arid Algerian Climate. *Sustainability*, 14(24), 16503. <https://doi.org/10.3390/su142416503>.
- Boizot N, Charpentier J.P, (2006).** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Cahier des Techniques de l'INRA*, p 79-82.
- Bonvehí J, SolivaTorrentó M, CentellesLorente E, (2001).** Evaluation of polyphenolic and flavonoid compound in honeybee-collected pollen produced in spain. *Journal of agricultural and foodchemistry*, 49(4), p 1848-1853.
- Bouchaala L, Charchar N et Gherib AE, (2017).**Ressources hydriques: traitement et reutilisation des eaux usees en algerie. *Algerian journal of aridenvironment*, 6(1), p 84-95.
- Boulakdem, G et Azem, R., (2016).** Contribution à l'évaluation des paramètres de traitement des eaux usées domestiques de la STEP d'Azeffoun willaya de Tizi-Ouzou. *Mémoire de Master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou*, 90p.
- Boullard B, (2001).** *Plantes médicinales du monde, Réalités et croyances*, Editions Estem, 636 p.
- Bourgeois C.M., Mescle J.F., Zucca J. (1991).** *Microbiologie alimentaire : aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Tome 1. Edition : Lavoisier, techniques et documentations p : 260- 261.*
- Boussalah, N., Merzouk, H. et Chibane, M. (2012).** Caractéristiques morphologiques, physicochimiques et propriétés antioxydantes. *La Grenade fruit divin. Ed. Université Européennes. P 1-141.*

- Bouزيدane Z, Beniaich G, Kaioua S, Rezouki S, Mansouri D, El Mahjoub A, Eloutassi N, (2023).** Physicochemical Characterization and Evaluation of the Organic pollution of Domestic and Industrial Wastewater in the City of Fez. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 24(4), p177–18
<https://doi.org/10.12912/27197050/160069>.
- Bures M.S, Bandic L.M et Vlahovicek-Kahlina K, (2022).** Determination of Bioactive Components in Mandarin Fruits: A Review. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 26p.
- Calvarano M, (2013).** Les caroténoïdes et le bêta carotène dans les jus d'oranges italiens. Etude comparative des méthodes de détermination. Station Expérimentale pour l'industrie des Essences et des Dérivés d'Agurmes de Région de Calabre, Italie. *Fruits*, 68, p 61–67. [DOI:10.1051/fruits/2012052](https://doi.org/10.1051/fruits/2012052).
- Chaudhary, M & Verma S.K., (2011).** Analysis of the physicochemical properties of the processed Fruits and vegetable products. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*. Vol 2. 661-665.
- Cheftel J. C, Cheftel, (1986).** Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Ed., Lavoisier Technique et Document, Paris II, p 47-52.
- Chuku, L. C., & Chinaka, N. C. (2014).** Protein and mineral element levels of some fruit juices (Citrus spp.) in some Niger Delta areas of Nigeria. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 3, 58-60.
- Claudian J, (1986).** Boisson, Les aliments «Manuel d'alimentation humaines». Ed.E.S.F, Paris, II, p 399-400. Controlling Factors. *Water*, 13, 517, 20p.
<https://doi.org/10.3390/w13040517>.
- Dadashil S., Mousazadeh M., Emam-djomeh Z., Mousavi S.M. (2013).** Pomegranate (Punica granatum L.) seed: a comparative study on biochemical composition and oil physicochemical characteristics. *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research*. ISSN: 2322-4827, Vol 1, Issue 4, 2013: 351-363.
- Dif Y, Djoui S, Ben seghir A, (2020).** Etude de la toxicité des extraits d'écorce de Punica granatum L. Mémoire de Master. Université des Frères Mentouri Constantine, 80 p.
- Dir A et Guemane S, (2021).** Plantes alimentaires comme sources potentielles de substances pharmacologiquement active : cas de Citrus sinensis et Cinnamomum sp. Mémoire de Master. Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi, 117p.

Dorna MS, Barbosa EMS, Callegari MA, Tanni SE, Chiuso-Minicucci F, Felix TF, Seneda AL, Correa CR, Fernandes AAH, Azevedo PS, Polegato BF, Rogero MM, Paiva SAR, Zornoff LAM, Reis PP et Minicucci MF, (2021). Orange Juice Attenuates Circulating miR-150-5p, miR-25-3p, and miR-451a in Healthy Smokers: A Randomized Crossover Study. *Front. Nutr.* 8:775515 <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.775515>.

DSA, (2018). Direction des services agricoles.

Dubois M., MC Cowen L.D, Schotcht.J, Rebersp.A et Smithf, (1965). Analytical Chemistry. 28, 250p.

Elodie W, (2009). Le grenadier (punicagranatum) : Plante historique et évolutions thérapeutiques récentes. Thèse de doctorat. Université Henri Poincaré - Nancy 1, 159p.

Espiard E, (2002). Introduction à la transformation industrielle des fruits. Ed., Technique et document, Lavoisier, Paris, p 6-12, 52-162, 305-309.

Fakudze, N.T.; Anigo, E.C.; George, B.P.; Abrahamse, H, (2022). The Therapeutic Efficacy of Punicagranatum and Its Bioactive Constituents with Special Reference to Photodynamic Therapy. *Plants*, 11, 2820, 15p. <https://doi.org/10.3390/plants11212820>.

Food Agriculture Organization of the United Nations, (2022). Citrus. Markets and Trade. Available online at: <https://www.fao.org/markets-and-trade/commodities/citrus/en/>.

Galzy, P .et Guirand, J.P. (1980). L'analyse microbienne dans les industries alimentaires L'usine nouvelle Eds (Paris), P. 165.

Gardner P.T., Tamsin A.C., Mcphail D.B., Duthie G.G. (2000). The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. *Food Chemistry*, 68, 471-474.

Grajzer, M., Prescha, A., Korzonek, K., Wojakowska, A., & Drużyńska, B. (2015). Nutritional composition and antioxidant activity of juices obtained from different cultivars of pomegranate (*Punica granatum L.*). *Journal of food science and technology*, 52(8), 4793-4800.

Guillet F, Bennefoy C, Leyral G, Bourdais E.V, (2002). Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires. Ed. Centre régionale de documentation pédagogique d'aquitaine, Bordeaux, 45p.

- Guillouty A, (2016).** Plantes médicinales et antioxydants. Pharmacie. Pour le diplôme d'état de docteur. Université Toulouse III Paul Sabatier, France. 101p.
- Guiraud, J. P. (1998).** Microbiologie alimentaire. DUNOD Eds (paris), pp.128-151.
- Habibi B, Meddi M, Torfs P, Remaoun M, Lanen H.A, (2018).** Characterisation and prediction of meteorological drought using stochastic models in the semi-arid Chélif–Zahrez basin (Algeria). *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 16, p 15-31.
<https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2018.02.005>.
- Hamedi, M., Ghanbari, R., Razavi, S. H., & Seidavi, A.R. (2011).** Extraction and quantification of anthocyanin pigments in pomegranate fruit and juice from Shiraz area. *African Journal of Biotechnology*, 10(44), 8829-8833.
- Hendrix C.M. et Redd J.B. (1995):** Chemistry and Technology of Citrus Juices and Dy-Products. In: Ashurst, P.R. (Ed.) 1995. Production and Packaging of Non-Carbonated Juices and Fruit Beverages. Blackie Académie & Professional, P 53-87.
- Hmid I., Elothmani D., Hanine H., Oukabli A., Mehinagic E. (2017).** Comparative study of phenolic compound and their antioxidant attributes of eighteen pomegranate (*Punica granatum L.*) cultivars grown in Morocco. *Arabian Journal Chemistry*, Vol 10, S2675-S2684.
<https://www.researchgate.net/deref/https%3A%2F%2Fdoi.org%2F10.1080%2F10408347.2022.2035209>.
- ISO 21528-1, (2004).** Microbiologie des aliments - Méthodes horizontales pour la recherche et le dénombrement des Enterobacteriaceae - Partie 1 : recherche et dénombrement à l'aide de la technique NPP avec pré-enrichissement.
- Jora, (1998).** Journal Officiel de la République Algérienne N° 35. Aouel Safar 1419/27 Mai 1998. Critères microbiologiques des eaux et boissons, 18p.
- Jora, (2006).** Journal Officiel de la République Algérienne. Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels, 27p.
- Jora, (2012).** Journal Officiel de la République Algérienne N°41. 8 safar 1433 Correspondant au 2 Janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation.
- Kama, R.; Song, J.; Liu, Y.; Hamani, A.K.M.; Zhao, S.; Li, Z, (2023).** Water Availability and Status of Wastewater Treatment and Agriculture Reuse in China: A Review. *Agronomy*, 13, 1187, 19p. <https://doi.org/10.3390/agronomy13051187>.

- Kandyli P et Kokkinomagoulos E, (2020).** Food Applications and Potential Health Benefits of Pomegranate and its Derivatives. *Foods*, 9(2), 21p. <https://doi.org/10.3390/foods9020122>.
- Kesari K, Soni R, Qazi M.J, Tripathi P, Jonathan A, Jha N.K, Haris Siddiqui M, Pradeep K, Tripathi V, et Ruokolainen J, (2021).** Waste water Treatment and Reuse: a Review of its Applications and Health Implications. *Water, Air, & Soil Pollution. Water, Air, & Soil Pollution*, 232(208).
- Koul, B.; Yadav, D.; Singh, S.; Kumar, M.; Song, M, (2022).** Insights into the Domestic Wastewater Treatment (DWWT) Regimes: A Review. *Water*, 14,3542, 29p. <https://doi.org/10.3390/w14213542>.
- Lahmari, N., Fahloul, D., & Azani, I. (2012).** Influence des méthodes de séchage sur la qualité des tomates séchées (variété Zahra). *Revue des Energies Renouvelables*, 15(2), 285-295.
- Lahouel M et Belhadj S, (2022).** «Morphological variability of the fruits of seven pomegranate (*Punicagranatum L.*) Cultivars grown in Messaad region in central Algeria», *Base*, 26(1), p16-29 URL: <https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=19447>.
- Lee, H.S. (2001).** Characterization of carotenoids in juice of red navel orange (Cara Cara). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 :2563-2568.
- Lemessa, F.; Simane, B.; Seyoum, A.; Gebresenbet, G, (2023).** Assessment of the Impact of Industrial Wastewater on the Water Quality of Rivers around the Bole Lemi Industrial Park (BLIP), Ethiopia. *Sustainability*, 15, 4290, 18p. <https://doi.org/10.3390/su15054290>.
- Li B.B., Smith B., Hossain Md. M. (2006).** Extraction of phenolics from citrus peels: Solvent extraction method *Separation and Purification Technology*, 48: 182– 188.
- Liu I, Zhao P, Zhang X, Qiao O, Huang L, Guo L, Gao W, (2021).** A review of chemical constituents and health-promoting effects of citrus peels. *Food Chemistry*, 365, 130585p. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130585>.
- Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ, (1951).** Mesure des protéines avec le réactif Folin phénol, *J. Biol. Chem.*, 193, p 265-275.

- Maalem, T, Saidia, C, Togo I, (2018).** Caractérisation bactériologique de boues résiduaires de station d'épuration des eaux usée : cas de la station de Guelma. Mémoire de master. Université 8 Mai 1945-Guelma, 100p.
- Maqboul H, Latonglila J, Maibam R.S, (2021).**Évaluation des paramètres physico-chimiques et des éléments traces de métaux lourds provenant de différentes sources d'eau dans et autour du campus institutionnel de Lumami, Université du Nagaland, Inde. *Applied Water Science* 11:76, 21p. <https://doi.org/10.1007/s13201-021-014055>.
- Martin A et Mohand A. (2010).** Valorisation de résidus de transformation industrielle des tomates. Mémoire ingénieur agronome, science alimentaire, université Saad dahleb de Blida.
- Martinez-Sanchez, A., Gil-Izquierdo, A., Gil, M. I, & Ferreres, F. (2007).** Contribution of anthocyanin glycosides to the antioxidant capacity of fresh pomegranate juice. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(19), 7871-7877.
- MiliauskasG, VenskutonisP.R, Van BeekT.A, (2004).** Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food chemistry*, 85(2), p 231-237.
- Montefusco, A.; Durante, M.; Migoni, D.; De Caroli, M.; Ilahy, R.; Pék, Z.; Helyes, L.; Fanizzi, F.P.; Mita, G.; Piro, G, (2021).** Analysis of the Phytochemical Composition of Pomegranate Fruit Juices, Peels and Kernels: A Comparative Study on Four Cultivars Grown in Southern Italy. *Plants*, 10, 2521, 23p. <https://doi.org/10.3390/plants10112521>.
- Mousavinejad, G., Emam-Djomeh, Z., & Rezaei, K. (2018).** Phenolic profiles, antioxidant activity, and minerals in juice and by-product of pomegranate cv. Ariana. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(6), 1457-1463.
- Mphahlele, R. R., Fawole, O. A., & Opara, U. L. (2013).** Flavonoids of pomegranate (*Punica granatum*) peels: extraction optimization using response surface methodology and their drying kinetics. *Food Research International*, 50(2), 534-541.
- Nagy S, (1980).** Vitamin C contents of citrus fruit and their products: a review. *Journal of agricultural and food chemistry* 28 (1), p8-18.
- Navoun S, (2005).** Thermorésistante de trois sérotypes de salmonella dans l'œuf et les gésiers de poulets. Université Cocody d'Abidjan. 87p.
- Ndife, J., Awogbenja, D., & Zakari, U. (2013).** Comparative evaluation of the nutritional and sensory quality of different brands of orange-juice in Nigerian market. *African Journal of Food Science*, 7(12), 479-484.

- Nobaharan, K.; BagheriNovair, S.; AsgariLajayer, B.; vanHullebusch, E.D, (2021).** PhosphorusRemovalfromWastewater: The Potential Use of Biochar and the Key.
- Nout R, Honnhonigan J.D, Boekel T.V, (2003).** Les aliments : Transformation, conservation e qualité. Ed. CTA, Germany, P 37-42, 134-261, 109-119.
- Nusrat J, Tahmid M, AfrinaZaman S, Athkia F, Hridoï R, Pervez N, Yingjie C, Vincenzo N, Shahinoor I, (2022).** A ComprehensiveReview on the SustainableTreatment of Textile Wastewater: ZeroLiquidDischarge and Resource Recovery Perspectives. Durabilité, 14 (22), 15398 ; <https://doi.org/10.3390/su142215398>.
- Omer N.H, (2019).** Water quality parameters In Water quality. Intechopen, p 1-15. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.89657>.
- ONA, (2016).** Fiche technique de l'Office National d'Assainissement
- Osfor M.M.H, Hegazy A, Maha A, Elmadbouly M. A, Afify A.M.R, Elbahnasawy A.S.M, (2013).** Hypo-Cholesterolemic and Hypoglycemic Effects of Orange Albedo Powder (Citrus Aurantium L.) on Male Albino Rats, International Journal of Nutrition and Food Sciences. 2(22, pp. 70-76. [doi: 10.11648/j.ijnfs.20130202.17](https://doi.org/10.11648/j.ijnfs.20130202.17).
- Parlakidis, P.; Gounari, I.; Georgiou, A.; Adamidis, G.; Vryzas, Z.; Gikas, G.D, (2023).** Removal of TwoTriazoleFungicidesfromAgriculturalWastewater in Pilot-Scale HorizontalPMI.
- Pourmaghi-Azar MH, Ojani R. (1997).** A selectivecatalyticvoltammetricdetermination of vitamin C in pharmaceutralpreparations and complex matrices of fresh fruit juices. Talanta, 44: 297-303.
- Primo, E. (1982).** Cítricos y derivados. In: QuímicaAgrícola III. Alimentos. Alhambra, Madrid.
- Rejsck, F, (2002).** Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques. Ed CRDP, Aquitaine. France. 358 p.
- Ribéreau-Gayon P, (1968).** Propriétés chimiques des phénols. Applications aux produits naturels. In : « Les composés phénoliques des végétaux ». Edition. Dunod. P 28-57.
- Rodier J, Legube B, Merlet N, (2009).** L'analyse de l'eau. 9ème édition, Dunod, Paris, 1579 p.
- Ruxton, C.H.S.; Myers, M, (2021).** Fruit Juices: Are TheyHelpful or Harmful? An Evidence Review.Nutrients, 13, 1815, 14p. <https://doi.org/10.3390/nu13061815>.
- Sanders, K.F. (2005).**Orange HarvestingSystemsReview. J. Biosystems Engineering, 90(2), p.115–125.

- Santos, A.F.; Alvarenga, P.; Gando-Ferreira, L.M.; Quina, M.J. (2023).** Urban Wastewater as a Source of Reclaimed Water for Irrigation: Barriers and Future Possibilities. *Jia-Qian Jiang*. 10, 17p. <https://doi.org/10.3390/environments10020017>.
- Sass-Kiss A, Kiss J, Milotay P, Kerek M.M, Toth-Markus M, (2005).** Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. *Food Research International*, 38, p 1023–1029.
- SAS, (2008).** Statistical analysis systems user's guide : version 9.2. 2nd édition, SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- Sdiri, W.; AlSalem, H.S.; Al-Goul, S.T.; Binkadem, M.S.; BenMansour, H, (2023).** Assessing the Effects of Treated Wastewater Irrigation on Soil Physico-Chemical Properties. *Sustainability*, 15, 5793, 12p. <https://doi.org/10.3390/su15075793>.
- Seminara, S.; Bennici, S.; Di Guardo, M.; Caruso, M.; Gentile, A.; La Malfa, S.; Distefano, G, (2023).** Sweet Orange: Evolution, Characterization, Varieties, and Breeding Perspectives. *Agriculture*, 13, 264, 24p. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020264>.
- Shah N. P, Castruccio J. L, and Miller M, (2003).** "Orange Juice," in *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 2nd Ed., Elsevier, pp.5067-5071.
- Shoushtarian, F and Negahban-Azar, M, (2020).** World wide Regulations and Guidelines for Agricultural Water Reuse: A Critical Review, *Water*, 12 (4), 971p. <https://doi.org/10.3390/w12040971>.
- Soxhlet F, (1879).** Die gewichtsanalytische bestimmung des milchfettes. *Dingler's Polytech. J*, 232, p 461–465. Subsurface Flow Constructed Wetlands. *Agronomy*, 13, 265, 14p. <https://doi.org/10.3390/agronomy13010265>.
- Suits, K.; Annus, I.; Kändler, N.; Karlsson, T.; Maris, A.V.; Kaseva, A.; Kotovič, N.; Rajarao, G.K, (2023).** Overview of the (Smart) Stormwater Management around the Baltic Sea. *Water*, 15, 1623, 30p. <https://doi.org/10.3390/w15081623>.
- Swingle, W.T., (1943).** The botany of citrus and its wild relatives of the orange subfamily. *The Citrus Industry*, 1. 415p.
- Tahirovic I., Keskin-sasic I., Topcagic A., Kelpo L., Salihovic M., Ibragic S., Toromanovic J., Ajanovic A., Velispahic E. (2012).** Total phenolic content and antioxidant capacity of fruit juices. *Bulletin of the chemists and technologists of Bosnia and Herzegovina*, 39, PP: 25-28.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Tehranifar, A., Zarei, M., Nemati, Z., Esfandiyari, B., & Vazifeshenas, M. R. (2010)**, "Investigation of physico-chemical properties and antioxidant activity of twenty Iranian pomegranate (*Punica granatum* L.) Cultivars", *Scientia Horticulturae*, V. 126(2), 180-185.
- TolbaI, (2016)**. Détermination d'un méta-paramètre pour l'estimation de la capacité antioxydante globale des thés, tisanes et jus. Mémoire de Master. Université du Québec à Trois-Rivières, 103p.
- U.S. Department of Agriculture, (2019)**. Oranges, raw, navels. Available online at : Nutrients <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/746771/>.
- United States Department of Agriculture, (2021)**. National NutrientDatabase for StandardReference. Pomegranate juice,bottled. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170869/nutrients>.
- Vashisth, T., &Kadyampakeni, D. (2020)**. Diagnosis and management of nutrientconstraints in citrus. In *Fruit Crops*. Elsevier, pp 723-737. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818732-6.00049-6>.
- Vasseneix C, Trouilloud C, Afroukh N, Bidot S, Caputo G, (2010)**. "Endophtalmie endogène unilatérale à *Pseudomonas aeruginosa* chez un prématuré: à propos d'un cas." *Journal Français d'Ophtalmologie* 8(33): 556-560.
- Velázquez-Estrada, R. M., Hernández-Herrero, M. M., Rüfer, C. E., Guamis-López, B., & Roig-Sagués, A. X. (2013)**. Influence of ultra high pressure homogenization processing on bioactive compounds and antioxidant activity of orange juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 18, p 89-94.
- Xu G., Liu D., Chen J., Ye X., Ma Y. Et Shi J. (2008)**. Juice components and antioxidant capacity of citrus varieties cultivated in China. *Food Chemistry*. 106:545-551.
- Yadav, P.; Chaudhary, A.; Keshari, A.; Chaudhary, N.K.; Sharma, P.; Kumar, S.; Yadav, B.S, (2022)**. Data Visualization of Influent andEffluentParameters of UASB-basedWastewaterTreatment Plant in UttarPradesh. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications(IJACSA)*, 13, p 1–10.
- Zarei M., Azizi M., Bashir-sadar Z. (2011)**. Evaluation of physicochemical characteristics of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit during ripening. *Fruit*, 66 (2). PP: 121-129.
- Zegait R, Kouadri S, Kateb S et Azlaoui M, (2021)**. Reliability and problems of waste water treatment processes in the Algerian sahara In *Promising Techniques for WastewaterTreatment and Water QualityAssessment*. IntechOpen, vol, 8 p 1-14. [DOI:10.5772/intechopen.96113](https://doi.org/10.5772/intechopen.96113).

Annexes

Annexe N° 01 :

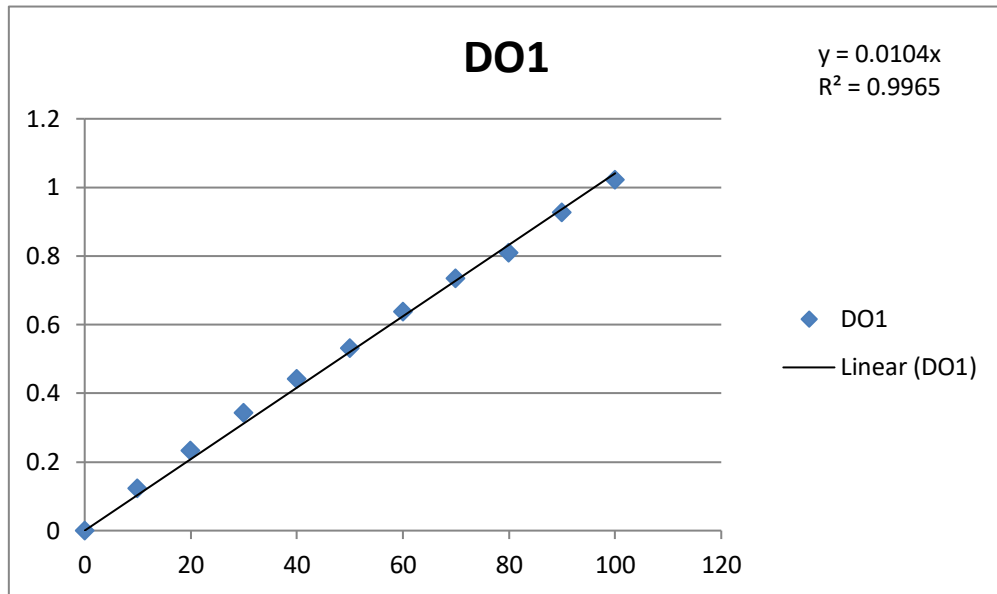


Figure. 1 : Courbe d'étalonnage d'acide gallique

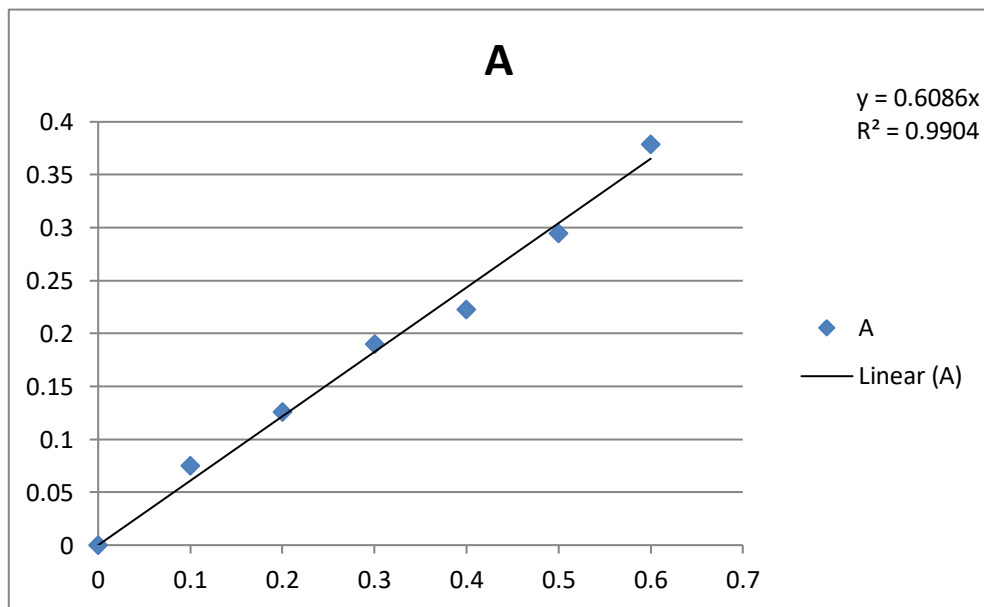


Figure. 2 : Courbe d'étalonnage de la BSA

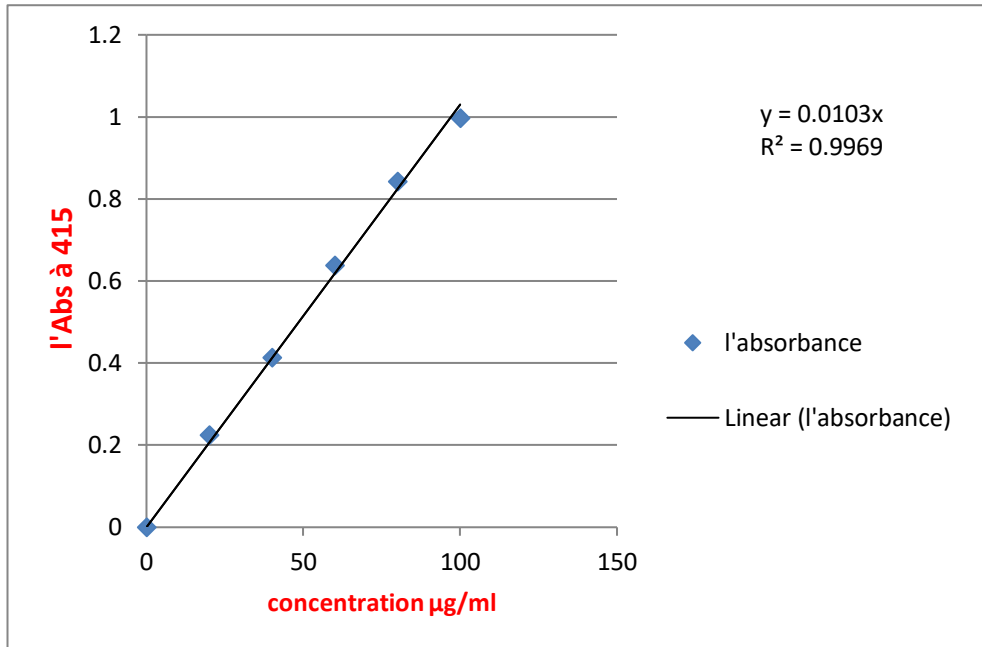
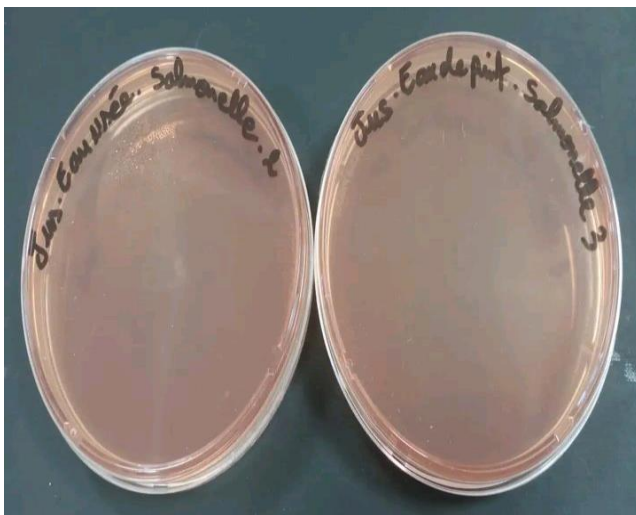


Figure. 3 : Courbe d'étalonnage de la queursitine

Annexe N° 02:



Germes aérobies mésophiles totale Coliformes fécaux et totaux



Salmonelles



Streptocoques

Figure.4 : Résultats des analyses microbiologiques