

République Algérienne démocratique et populaire

Université Abdelhamid Ibn  
Badis-Mostaganem  
Faculté des Sciences de la  
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس  
مستغانم  
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DES SCIENCES ALIMENTAIRES

## MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

**M.Ile REHAMNIA chahinaz**

**M.Ile SENOUCI karima**

Pour l'obtention du diplôme de

### **MASTER EN SCIENCES ALIMENTAIRES**

**Spécialité : Technologie agroalimentaire et contrôle de qualité**

#### THEME

Effets de l'irrigation par les eaux usées traitées sur la  
qualité du fruit

Soutenue publiquement le 07/07/2022

DEVANT LE JURY :

Président	M. GHELAMALLAH Amine	MCA	U. Mostaganem
Encadreur	M. BENABDELMOUMENE Djilali	MCA	U. Mostaganem
Examination	M. SOLTANI fatiha	MAA	U. Mostaganem
Co encadreur	M. BENGUENNOUNA Noureddine	Doctorant	U. Mostaganem

Année universitaire : 2021-2022

## **Remerciement**

*C'est avec un réel plaisir que nous réservons ces lignes en signe de gratitude et de profonde reconnaissance à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation et à l'aboutissement de ce travail et toutes les personnes qui sont présentes autour de nous en ce moment.*

*Nous tenons à exprimer d'abord tout nous sincère remerciement et notre grand respect à Mr BENABDELMOUMENE.D pour nous avoir encadré, orienté pour toute sa Patience et ses précieux conseils qu'il nous a donnés.*

*Nous exprimons notre sincère gratitude à Mr GHELAMALLAH.A et nous le remercions pour nous avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury.*

*Nos remerciements vont également à Mm SOLTANI.F pour accepter d'examiner ce travail et bien voulue faire partie des membres du jury.*

*Nos sincères remerciements à Mr. 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. MUSTAPHA. F, pour sa gentillesse et son aide.*

*Nous adressons nos sincères remerciements à l'ensemble du personnel du laboratoire FATIMA et NABIL pour leurs aides, soutiens et les bons moments passés qui ne pourront que rester inoubliables pour nous*

*Enfin, on tient à remercier l'ensemble des enseignants du département de science alimentaire qui ont participé à notre formation.*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail, à tous ceux qui je porte dans mon*

*Cœur et a tous ceux qui sont chers à mes yeux...*

*A ma très chère mère **Fatiha** et mon*

*Très cher père **hamid***

*A ma très chère grande mère **Kadia** et grange père **Djilali***

*A mon frères : **Abdillah***

*A mes belles sœurs : **Dounia et Nebia***

*A mes oncles*

*A toutes les familles : **Rehamnia ,Boukhossa et Abbassa***

*A mon encadreur : **Benabdelmoumene***

*A mon binôme : **Karima***

*A tous mes amis de la promotion de contrôle de qualité des  
aliments*

*A Tous ceux que j'ai oubliés de citer*

**Chahinaz**

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail, à tous ceux qui je porte dans mon*

*Cœur et à tous ceux qui sont chers à mes yeux...*

*A ma très chère mère **Yamina** et mon*

*Très cher père **Mazari** rabi yerhemo*

*A ma très chère grande mère et grange père*

*A mon frères : **Youcef, Hadj, Abdelkader, Bendhiba et**  
**Charef***

*A mes belles sœurs : **Salma ,Zohra et Nadia***

*A mes neveux*

*A toutes les familles :**Senouci ,Mouzaoui***

*A mon encadreur : **Benabdelmoumene***

*A mon binôme : **Chahinaz***

*A mes copines : **Habiba , Nour elhouda et hakima***

*A tous mes amis de la promotion de contrôle de qualité des  
aliments*

*A Tous ceux que j'ai oubliés de citer*

***karima***

## Résumé

La rareté de l'eau en Algérie s'est aggravée de plus en plus depuis des années à cause de la forte demande et le déficit hydrique due aux aléas climatiques, donc la réutilisation des eaux usées Traitée pour l'irrigation agricole apparait comme une alternative nécessaire. Ce travail a été réalisé dans le but d'établir un diagnostic de l'état physicochimique et bactériologique des eaux usées épurées de la STEP de Bouguirat à Mostaganem (Algérie), de déduire la performance de cette station et d'étudier si la qualité de ces eaux et sa conformité aux normes locales et internationales d'irrigation ou non . La comparaison entre les valeurs des différents paramètres physicochimiques des eaux usées dépolluées de la station d'épuration de Bouguirat (pH, Avec 7.17 pour l'eau traitée contre 6.19 pour les normes de l'OMS) les normes d'irrigations fixées par l'OMS et le journal national montrent que toutes les valeurs sont supérieures. Et Cadmium avec 0.176 mg/l contre 0.05 mg/l pour les normes de journal officiel.

La deuxième partie de notre expérimentation consiste à déterminer l'effet sur les qualités physico chimiques et microbiologiques de l'irrigation avec les eaux usées traites ( EUT ) de la STEP de Bouguirat sur les cultures d'orange *Citrus sinensis* L. de variétés « Thomson » pour définir la bonne qualité d'eau à des fins Agricoles. En effet, les jus des oranges traités par l'eau usée traité montre plus de polyphénols par rapport aux oranges des eaux de puits (81,2 mg EAG/100ml vs 275,64 mg EAG/100ml ) respectivement

**Mots clés** Eaux usées Traitée, Paramètres physico - chimiques, microbiologique, irrigation, Agriculture, STEP Bouguirat, *Citrus sinensis* L.

## ملخص

نظرا للطلب المرتفع للمياه والعجز المائي الناتج عن التغيرات المناخية، استوجب الامر الاستعانة بمياه الصرف الصحي المعالجه للري الزراعي، الهدف من هذه العمل هو دراسة الخصائص الفيزيائية، الكيمائية و البكتيرييه لمياه الصرف الصحي المعالجه في محطه بوقيرات.

أظهرت النتائج ان المقارنة بين قيم المعلمات الفيزيائية والكيميائية المختلفة لمياه الصرف الصحي الملوثة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي بوقيرات (درجة الحموضة ، 7.17 للمياه المعالجة مقابل 6.19 لمعايير منظمة الصحة العالمية) معايير الري التي وضعتها منظمة الصحة العالمية والصحيفة الوطنية أن جميع القيم أعلى. والكاديوم 0.176 ملجم / لتر مقابل 0.05 ملجم / لتر لمعايير الجريدة الرسمية

يتمثل الجزء الثاني من تجربتنا في تحديد تأثير المياه المعالجه على جودة البرتقال، تُظهر عسائر البرتقال المعالجه بمياه الصرف الصحي المعالجه ان نسب متعدد الفينولات اكثر مقارنة بنظيرتها في البرتقال المسقي بالماء العاطي 275 مغ مقابل 81.2 مع.

الكلمات المفتاحية:

مياه الصرف الصحي، خصائص الكيمائية، متعدد الفينولات، البرتقال

## **Abstract**

The scarcity of water in Algeria has been increasing for years because of the high demand and the water deficit due to climatic hazards, so the reuse of treated wastewater for agricultural irrigation appears as a necessary alternative. This work was carried out with the aim of establishing a diagnosis of the physicochemical and bacteriological state of the treated wastewater of the STEP of Bouguirat in Mostaganem (Algeria), to deduce the performance of this station and to study whether the quality of this water and its compliance with local and international standards of irrigation or not . The comparison between the values of the different physico-chemical parameters of the treated wastewater of the Bouguirat wastewater treatment plant (pH, with 7.17 for the treated water against 6.19 for the WHO norms) the irrigation norms fixed by the WHO and the national newspaper show that all the values are superior. And Cadmium with 0.176 mg/l against 0.05 mg/l for the standards of official journal.

The second part of our experiment consists in determining the effect on the physico-chemical and microbiological qualities of irrigation with treated wastewater (TME) of the STEP of Bouguirat on the cultures of orange *Citrus sinensis* L. of "Thomson" varieties to define the good quality of water for agricultural purposes. Indeed, the juices of oranges treated by wastewater shows more polyphenols compared to oranges of well water (81.2 mg EAG/100ml vs 275.64 mg EAG/100ml ) respectively

**Keywords:** Treated wastewater , Physico-chemical parameters , microbiological , irrigation , Agriculture , STEP Bouguirat ,*Citrus sinensis* L .

## Liste des figures

Figure 01 : Les eaux usées dans le cycle de l'eau .....	03
Figure 02 : Anatomie du fruit d'orange .....	14
Figure 03. Production d'orange : 10 Principaux producteurs entre 1994 et 2018.....	21
Figure 04. Schéma des extracteurs Brown (A) et FMC (B).....	27
Figure 05. Diagramme de fabrication des jus d'orange.....	30
Figure 06 : variation du pH.....	46
Figure 07 : variation de MES des EUT.....	47
Figure 08 : variation de DBO5 de EUT de station Bouguirat.....	48
Figure 9 : variation de DCO de EUT de station Bouguirat.....	48
Figure 10. Valeurs du pH des jus d'orange étudiés.....	51
Figure11 : Taux l'humidité d'orange après le séchage.....	52
Figure 12. Teneur en matière sèche (en %) des deux échantillons de l'orange après séchage.	53
Figure13. Teneurs encendres d'orange après séchage.....	54
Figure 14. Teneur en lipide (en g) du jus d'orange.....	55
Figure 15. Teneurs en vitamine C (en mg/ml) dans les jus d'orange.....	56
Figure 16. Teneur en sucre totaux (en g) dans les jus d'orange.....	57
Figure 17. Teneur en protéine (en %) du jus d'orange.....	58
Figure 18. Teneurs en polyphénols totaux (en mg EAG/ml) dans les jus d'orange.....	59
Figure 19. Teneurs en Flavonoïdes (en mg EQ/ml) dans les jus d'orange.....	60
Figure 20. Représente l'activité anti-radicalaire DPPH (en %) des jus d'orange.....	61
Figure 21. Représente l'oxydation des lipides TABRS (mg EMDA/kg) des jus d'orange.....	62



## Liste des tableaux

Tableau 01. Normes de rejets internationaux .....	05
Tableau02 : Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées .....	13
Tableau 03 : Valeur nutritionnelle de l'orange.....	17
Tableau 04. Principaux pays producteurs d'orange dans le bassin méditerranéen.....	21
Tableau 05. Composition chimique et nutritionnelle du jus d'orange.....	24
Tableau 06 : concentrations des métaux lourds (Cd, Cu, Zn) dans eaux usées traitées.....	49
Tableau 07. Résultats de l'évaluation microbiologique de l'eau.....	50
Tableau 08. Résultats de l'évaluation microbiologique des jus d'orange.....	65

## **Liste des abréviations**

**AOAC:** Association of the Official Analytical Chemists.

**Cd :** Cadmium

**CE :** conductivité électrique

**CF :** Coliformes fécaux.

**CT :** Coliformes Totaux.

**Cu :** Cuivre

**DBO5 :** Demande biochimique en oxygène à cinq jours

**DCO :** Demande Chimique en Oxygène (mg/l).

**DPPH :** 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl.

**EP :** eaux puits

**EUT:** eaux usées traitées

**FAO:** Food and Agriculture Organization

**ISO:** International Organization for Standardization

**JORA :** Journal officiel de la république algérienne

**MES :** Matières en suspension

**MM:** Matière minérale.

**MS :** Matière Sèche

**ONA :** Office national d'assainissement

**pH :** potentiel hydrogène

**STEP :** Station d'épuration

**UFC :** Unité Formant une Colonie.

**Zn :** Zinc

# *Table de matières*

**Remerciements**

**Dédicaces**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Liste des abréviations**

**Résumé**

**ملخص**

**Abstract**

**Introduction .....01**

## **Partie bibliographique**

### **Chapitre I : épuration des eaux usées**

1. Réutilisation des eaux usées épurées dans l'agriculture.....	03
2. Origine des eaux usées.....	03
2.1. Eaux domestiquées.....	04
2.2. Eaux usées industrielles.....	04
2.3. Eaux usées agricoles.....	04
3. Paramètres caractéristiques de la pollution des eaux usées.....	04
3.1. Paramètres Organoleptiques.....	05
3. 1.1 Turbidité.....	05
3.2. Paramètres Physiques.....	06
3.2.1 Température.....	06
3.2.2 Matière en suspension (MES).....	06

3.3 Paramètres Chimiques.....	06
3.3.1 Potentiel Hydrogène (pH).....	06
3.3.2 Demande Chimique en Oxygène (DCO).....	06
3.3.3 Biodégradabilité.....	06
3.3.4 Demande Biochimique en Oxygène (DBO5).....	06
3.3.5 Azote.....	07
3.3.6 Phosphore total.....	07
3.3.7 Conductivité électrique (CE).....	07
3.3.8 Oxygène Dissous.....	07
3.4 Paramètres de pollution de nature bactériologique.....	08
3.4.1 Coliformes totaux.....	08
3.4.1 Coliformes totaux.....	08
3.4.3 Salmonelles.....	08
4. Irrigation avec les eaux usées épurées.....	09
5. Epuration des eaux usées.....	09
5.1. Présentation d'un système d'épuration.....	09
5.2. Méthodes de traitement des eaux usées.....	09
6. Rôle principal de station d'épuration des eaux usées.....	10
7. Effet de l'utilisation des eaux usées épurées.....	11
8. Impacts du rejet des eaux usées au milieu récepteur.....	11
9. Situation actuelle .....	11
10. Les normes d'utilisation des usées épurées.....	13

## **Chapitre II : Connaissances sur l'orange**

1. Généralités sur les agrumes.....	14
2. Oranges.....	14
2.1. Définition de l'orange.....	14
2.2. Variétés de l'orange.....	15
2.2.1. Oranges blondes.....	15
2.2.2. Oranges sanguines.....	15
2.2.3. Oranges douces.....	15
2.3. Composition et valeur nutritive de l'orange.....	16
2.4. Production de l'oranger .....	20
2.4.1. Dans le monde.....	20
2.4.2. En Algérie.....	21

## **Chapitre III : Jus de fruit**

1. Jus de fruits.....	22
2. Jus d'orange.....	22
3. Différents types du jus d'orange.....	23
3.1. Jus d'orange frais.....	23
3.2. Jus d'orange « 100 % pur jus ».....	23
3.3. Jus d'orange obtenus à partir d'un concentré.....	23
3.4. Jus de fruits déshydratés.....	23
3.5. Nectars de fruits.....	24
4. Composition chimique et valeur nutritionnelle du jus d'orange.....	24
5. Fabrication de jus d'orange industriel.....	25

5.1. Etapes de fabrication du jus d'orange industriel.....	25
5.1.1. Récolte de l'orange.....	25
5.1.2. Choix de l'orange.....	25
5.1.3. Procédé d'extraction et d'épuration du jus d'orange.....	26
5.1.3.1. Extraction du jus d'orange.....	26
5.1.3.2. Raffinage et centrifugation.....	28
5.1.3.3. Pasteurisation.....	29
5.1.3.4. Transport.....	29

## **Partie expérimentale**

### **Matériels et méthodes**

1. Objectif.....	31
2. Matériel végétal.....	31
3. Station d'épuration.....	31
4. Analyse physico-chimiques de l'eau .....	31
4.1. Détermination du pH.....	31
4.2. Demande chimique en oxygène (DBO5).....	32
4.3. Demande chimique en oxygène (DCO).....	32
4.4. Mesure des M.E.S (Matières en suspension).....	33
4.5. Métaux lourds (Zinc Zn, Cadmium Cd, Chrome Cr).....	33
5. Analyses microbiologiques de l'eau.....	34
5.1. Démembrement des coliformes fécaux (méthode par filtration sur membrane)...	34
5.2. Recherche de salmonelle.....	34
6. Analyse physico-chimiques du jus d'orange .....	35

6.1. Détermination du pH.....	35
6.2. Détermination de la teneur en matière sèche.....	35
6.3. Détermination de la teneur en matière minérale.....	36
6.4. Dosage de la vitamine C.....	37
6.5. Dosage des sucres totaux.....	37
6.6. Dosage des protéines totales par la méthode du biuret.....	38
6.7. Dosage des polyphénols totaux.....	39
6.8. Dosage des flavonoïdes.....	39
6.9. Dosage des lipides totaux (SOXHLET).....	40
6.10. Détermination de l'activité antioxydante par la méthode DPPH.....	41
6.11. Détermination de l'indice TBARS.....	41
7. Analyses microbiologiques du jus d'orange.....	42
7.1. Préparation des dilutions.....	43
7.2. Recherche et dénombrement de germes aérobies mésophiles totaux (GAMT)...	43
7.3. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	43
7.4. Recherche et dénombrement des levures et moisissures.....	44
7.5. Recherche et identification des salmonelles.....	45

### **Résultats et discussion**

1. Analyses physico-chimiques de l'eau.....	46
1.1. Détermination du pH de l'eau.....	46
1.2. Matière en suspension (Mes).....	46
1.3. Demande biochimique en oxygènes DBO5.....	47
1.4. Demande chimique en oxygènes DCO.....	48



1.5. Métaux lourds.....	49
2. Analyses microbiologiques de l'eau.....	50
3. Analyse physico-chimiques du jus d'orange.....	51
3.1. Détermination du pH du jus.....	51
3.2. Détermination du L'humidité.....	51
3.3. Détermination de la Matière sèche.....	53
3.4. Détermination du la Teneur en Matière Minérale.....	54
3.5. Teneur en lipide.....	54
3.6. Teneur en Vitamine C.....	56
3.7. Teneur en sucre totaux.....	57
3.8. Teneur en protéine.....	58
3.9. Teneur en Polyphénols.....	58
3.10. Teneur en Flavonoïdes.....	60
3.11. Activité anti-radicalaire (DPPH).....	61
3.12. Évaluation de la stabilité oxydative TBARS.....	62
4. Analyses microbiologiques des jus d'orange.....	63

## **Discussion**

## **Conclusion**

## **Références bibliographiques**

# *Introduction générale*

### Introduction

La croissance démographique et l'urbanisation rapide de la population algérienne sont à l'origine de l'augmentation significative des besoins en eau potable. Dans le même temps, l'intensification de l'agriculture a doublé la demande en eau d'irrigation. L'Algérie fait également partie des pays méditerranéens touchés par le stress hydrique. Ils sont classés comme pays pauvres dans cette zone, en dessous du seuil théorique de rareté fixé à 1000 m<sup>3</sup>/ha/an (**Bouchala et al.**, 2017 ; **Bozzo et al.**, 2018). Et le problème du manque d'eau qui s'aggrave depuis des années, les précipitations sont insuffisantes et irrégulières dans le temps et dans l'espace. Le climat chaud et sec qui prévaut sur la majeure partie du territoire national réduit également la disponibilité en eau (**Hasbaya**, 2014), ainsi la valorisation des eaux usées traitées est une composante essentielle de la politique GIRE. En effet, la richesse des eaux usées pures dans les éléments de compostage contribuera au recyclage de ces éléments et réduira l'utilisation excessive d'engrais (**Mouhani et al.**, 2012) d'une part, et d'autre part permettra de réduire la pression sur les ressources traditionnelles plus adaptées à l'approvisionnement de la population en eau potable. Cependant, pour s'inscrire dans le cadre du développement durable, favoriser la réutilisation de ces eaux nécessite une étude attentive et intégrée prenant en compte avant tout les aspects environnementaux. Les travaux menés montrent que l'apport d'eaux usées apporte des quantités importantes de matière organique et d'oligo-éléments (Cu, Cd, Zn, etc.) et améliore les paramètres agronomiques des plantes cultivées (**Lebkiri et al.**, 2015). En Algérie, les agriculteurs pratiquent la réutilisation des eaux usées traitées, soit directement (13%) des stations d'épuration, soit indirectement (87%) des barrages alimentés par les oueds (**Lehtihet**, 2005). En revanche, 8 % des terres irriguées reçoivent des eaux usées non traitées (**Hartani**, 2004).

Au pays de Maghreb, dont l'Algérie fait partie une augmentation nette de la fréquence des sécheresses a été observée. Ainsi, on est passé d'une sécheresse tous les dix ans au début du 20ème siècle à cinq à six années de sécheresses en dix ans actuellement (**IISD**, 2003) . Les plaines de Nord-Est de l'Algérie sont connues par leur fertilité et leur superficie ainsi que par leur production agricole. Le déficit hydrique affecte donc négativement la production agricole et le rendement des cultures. A cet effet et pour faire face à ce problème, cette étude permettra d'une part à prévoir les événements de sécheresse pour mieux gérer les terres agricoles et surtout contribuer à l'optimisation des ressources en eau et d'essayer de réduire l'intensité et les effets de la sécheresse. D'une autre part, ce projet participera de songer à des plans

## **Introduction générale**

---

d'intervention par les services concernés et constituera ainsi un outil d'aide de prise de décision.

Ainsi, le travail que nous présentons ici vise à comprendre la valeur agronomique des eaux usées traitées par la station Bouguirat, ainsi que les risques de contamination des cultures par les éléments toxiques qu'elles contiennent. Notre étude s'est appuyée sur plusieurs types d'approche : Une approche par l'expérimentation de l'irrigation à l'eau pure sur la croissance et la qualité des cultures fruits (orange).

Méthode par expérimentations en laboratoire dont le but est de renseigner sur la qualité de ces eaux, qu'elles soient ou non soumises à des normes d'irrigation.

# *Partie bibliographique*

*Chapitre I : épuration  
des eaux usées*

### 1. Réutilisation des eaux usées épurées dans l'agriculture

L'agriculture représente l'activité humaine la plus consommatrice d'eau, soit environ 70% de la demande mondiale en eau. Avec l'augmentation de la population mondiale, produire plus en agriculture devient une pression et nécessite encore plus d'eau. C'est ainsi que les eaux usées sont de plus en plus considérées comme une ressource alternative permettant de limiter les déficits en eau et ainsi pallier aux pénuries d'eau engendrées par les changements climatiques.

La réutilisation des eaux usées en agriculture peut être également considérée comme :

- un "traitement" des eaux et donc de préserver les ressources naturelles. En effet, le sol représente un filtre efficace.
- Une source d'engrais puisque ces eaux contiennent des éléments nutritifs qui peuvent contribuer à l'amélioration des rendements agricoles (Maji Solution ;2021)

### 2. Origine des eaux usées

Les eaux usées (ou eaux polluées) sont des eaux qui ont été altérées par l'activité humaine. Elles sont constituées d'un mélange d'eaux de lavage, d'eaux vannes, rejets d'activités artisanales et parfois il s'y ajoute les eaux pluviales et les rejets autorisés d'unités industrielles (Rafika & Benhabib, 2015).

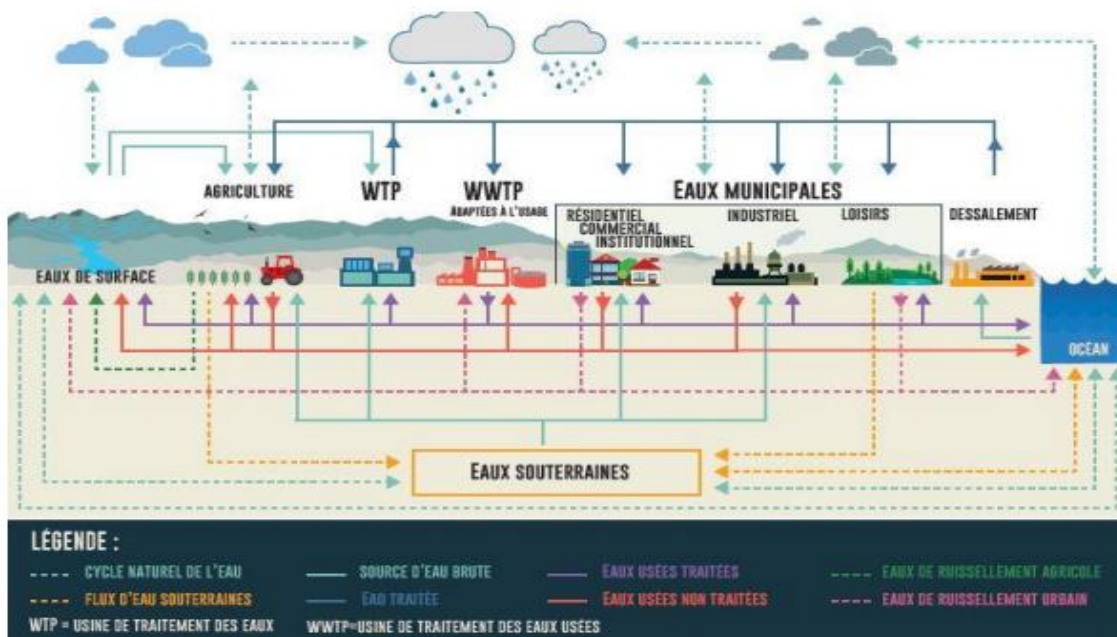


Figure 01 : Les eaux usées dans le cycle de l'eau (UN WATER, 2017)

Suivant l'origine et la qualité des substances polluantes, on distingue trois catégories d'eaux usées :

### **2.1. Eaux domestiquées**

Les eaux usées urbaines ou domestiques

L'eau domestique provient des activités humaines quotidiennes : bains, matières fécales, préparations alimentaires et loisirs. Ces eaux comprennent généralement de la matière organique dégradable et de la matière minérale. Ces substances sont alors dissoutes ou en suspension. (**Mazro**, 2017).

### **2.2. Eaux usées industrielles**

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient selon les secteurs. En plus des matières organiques, azotées ou phosphoreuses, ces substances peuvent également contenir des substances toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques et des hydrocarbures (**Rafika et Benhabib**, 2015).

### **2.3. Eaux usées agricoles**

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux. Il s'agit principalement

- Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation) ;
- Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,...). (**Bouassaba. F.**, 2013)

## **3. Paramètres caractéristiques de la pollution des eaux usées**

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



Tableau 01. Normes de rejets internationaux (Medjdoub T., (2014).

Caractéristiques	Unité	Normes Utilisées (OMS)
<b>pH</b>	-----	6,5-8,5
<b>DBO5</b>	mg/L	< 30
<b>DCO</b>	mg/L	< 90
<b>MES</b>	mg/L	< 20
<b>NH<sup>4</sup></b>	mg/L	< 0,5
<b>NO<sub>2</sub></b>	mg/L	1
<b>NO<sub>3</sub></b>	mg/L	< 1
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	mg/L	< 2
<b>Température</b>	°C	< 30
<b>Couleur</b>	-----	Incolore
<b>Odeur</b>	-----	Inodore

### 3.1. Paramètres Organoleptiques

On distingue les paramètres organoleptiques, physiques, les paramètres chimiques et les paramètres toxiques

#### 3. 1.1 Turbidité

C'est un paramètre, qui varie en fonction des composés colloïdaux (argiles, débris de roche, micro-organismes, ...) ou aux acides humiques (dégradation des végétaux) mais aussi pollutions qui troublent l'eau. Avec un appareil (turbidimètre) on mesure la résistance qu'elle oppose par l'eau au passage de la lumière pour lui donner une valeur (Cpepesc, 2017)

- NTU < 5 => Eau claire
- NTU < 30 => Eau légèrement trouble
- NTU > 50 => Eau trouble

### **3.2. Paramètres Physiques**

#### **3.2.1 Température**

Elle joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz (en particulier O<sub>2</sub>) dans l'eau ainsi que, la détermination du pH et la vitesse des réactions chimiques. La température a également joué un rôle physiologique dans le métabolisme de croissance des micro-organismes vivants dans l'eau (**Boudaoud & Sellaoui, 2019**).

#### **3.2.2 Matière en suspension(MES)**

Exprimée en mg par litre. Ce sont les matières non dissoutes de diamètre supérieur à 11. un contenues 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 ( **Boudaoud & Sellaoui, 2019; Sahnine & Abbassi, 2017**)

### **3.3 Paramètres Chimiques**

#### **3.3.1 Potentiel Hydrogène (pH)**

Le pH représentant la concentration en ions oxonium (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) dans une solution aqueuse. Ce paramètre donne le degré de l'acidité ou de l'alcalinité d'une eau (**Walaa, 2016**).

#### **3.3.2 Demande Chimique en Oxygène (DCO)**

C'est la quantité d'oxygène dissoute nécessaire pour l'oxydation des matières organiques dans l'eau. Une COD élevée signifie une forte demande en oxygène dissous et donc une forte contamination organique dans l'eau. (**Patil et al., 2012**).

#### **3.3.3 Biodégradabilité**

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux (**Metahri., 2012**).

#### **3.3.4 Demande Biochimique en Oxygène (DBO5)**

La DBO5 est la mesure de la quantité d'oxygène consommée par les bactéries pour la destruction de la matière organique, au bout de 5 jours d'incubation à 20°C à l'obscurité (**Mohammed**, 2012). Elle se résume à la réaction chimique suivante :

Substrat nutritif + microorganismes + O<sub>2</sub> CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + énergie + biomasse

### **3.3.5 Azote**

Dans les eaux usées domestiques, l'azote est sous forme organique et ammoniacale.

En plus de la toxicité de la forme ammoniacale et nitrique, l'azote intervient dans le phénomène de l'eutrophisation. Donc, sa caractérisation et sa quantification sont primordiales pour les rejets liquides dans le milieu naturel (**F. Cherki et H. Hesses** , 2015)

Les formes de l'azote dans les eaux usées sont

- L'azote total de Kjeldahl (NTK).
- Les nitrates (NO<sub>3</sub>-).
- Et les nitrites (NO<sub>2</sub>-).

### **3.3.6 Phosphore total**

Le phosphore se trouve dans les eaux résiduaires sous formes

> D'ortho-phosphate, soluble PO<sub>4</sub>-12. > De poly-phosphate qui a tendance à s'hydrolyser en ortho-phosphate. > De phosphore non dissous (**Bourenane et al .**, 2018).

### **3.3.7 Conductivité électrique (CE)**

La conductivité électrique d'une eau est la mesure du courant électrique conduit par les ions présent dans l'eau ; Elle est proportionnelle au degré de minéralisation et varie en fonction de la température. (**Rodier**, 2005 ; **JOEL**, 2015).

### **3.3.8 Oxygène Dissous**

La présence d'oxygène dans l'eau est indispensable à la respiration des êtres vivants aérobies aquatiques. En dessous d'un certain seuil de concentration en oxygène c'est l'asphyxie des poissons. L'oxygène de l'eau permet également le processus d'oxydation des matières organiques (autoépuration), mais cette décomposition appauvrit le milieu aquatique en oxygène (**Cpepesc**, 2017)

### 3.4 Paramètres de pollution de nature bactériologique

Les analyses microbiologiques réalisées en laboratoire ont pour but de déceler et évaluer la présence dans les eaux de microbes pathogènes dangereux pour l'homme : eau potable, eaux de baignade, etc...

Ces analyses reposent sur la recherche dans les eaux de bactéries indicatrices de leur éventuelle contamination fécale, les *Escherichia coli* (E.coli) et les Entérocoques. Ces organismes, d'origine intestinale sont naturellement présents dans les déjections animales ou humaines qui via les déversements, eaux usées et épandages peuvent se retrouver dans l'eau. Les Entérocoques sont pathogènes de même que certains colibacilles. L'eau potable du robinet doit être exempte de la présence de ces bactéries (Cpepsc, 2017)

#### 3.4.1 Coliformes totaux

Les coliformes totaux constituent un groupe de bactéries qui se trouvent fréquemment dans l'environnement, ainsi que dans les intestins des mammifères, dont les êtres humains.

Elles sont capables de se développer à 37°C, elles n'entraînent en général aucune maladie, mais leur présence indique que l'eau peut être contaminée par des micro-organismes plus nuisibles (J. Rodier, B. Legube, N. Merlet, Et R. Brunet, 2009)

#### 3.4.2 Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux ou « coliformes thermotolérants » sont un sous-groupe des coliformes fécaux, renferme toutes les espèces bactériennes faisant partie de la famille des Enterobacteriaceae qui sont aérobies ou anaérobies facultatives, à Gram négatif, en forme de bâtonnet, sont capables de se développer à 44°C (J. Rodier, B. Legube, N. Merlet, Et R. Brunet, 2009).

#### 3.4.3 Salmonelles

Ce sont des bactéries Gram négatif, oxydase négative, anaérobies facultatives, asporulées, en forme de bâtonnet qui forment des colonies typiques sur milieu sélectif solide. Elles présentent les caractéristiques biochimiques et sérologiques de ce genre d'Entérobactéries (Frank, 2002).

#### 4. Irrigation avec les eaux usées épurées :

L'agriculture consomme la part la plus importante de l'eau, à travers les statistiques, L'eau douce est partagée entre les principales activités comme suit 15 : Agriculture: 70%, Industrie: 20%, Eau potable: 10%.

Afin de préserver l'eau douce et de répondre aux besoins alimentaires de la population future, il est donc normal d'utiliser d'autres ressources en eau. Selon la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), la superficie irriguée devrait s'accroître de 33% d'ici 2010 et de 53% d'ici 2025. Cet accroissement de l'irrigation s'accompagne d'une forte consommation d'eau qui risque de se faire aux dépens de l'eau potable. C'est Pour cette raison, la plupart des projets de réutilisation des eaux usées portent sur l'agriculture. (Moussaoui *et al* ., 2015).

#### 5. Epuration des eaux usées

##### 5.1. Présentation d'un système d'épuration

L'objectif d'épuration des eaux usées est l'obtention d'une eau épurée qui satisfait aux normes de rejets édictés par la législation, et pouvant par suite être évacuée sans danger du point de vue du risque pour la santé humaine et l'environnement (Zeghoud., 2014).

##### 5.2. Méthodes de traitement des eaux usées

Qu'il soit collectif ou individuel, l'objectif de l'assainissement est le même : rejeter dans le milieu naturel une eau suffisamment décontaminée pour qu'elle n'ait aucun impact sur l'environnement ou la santé des populations locales. Cela ne veut pas dire qu'elle peut être consommée directement : eau "propre" ne veut pas dire eau "potable".

- **Dans l'usine de Traitement de masse**, la première étape élimine les matières en suspension et les graisses à l'aide de différents systèmes, notamment la filtration (tamisage) et la maille de sédimentation. C'est le prétraitement - ou le **Traitement primaire**.

La deuxième étape, **le traitement secondaire**, vise à éliminer les substances dissoutes dans l'eau (nitrates, ammoniac, polluants dégradables, etc.). A cet effet, les principes d'épuration naturelle ont été perfectionnés pour leur utilisation : l'eau passe à travers un filtre biologique,

constitué d'un très grand nombre de micro-organismes vivant sur un support adapté (sable par exemple). Ces bactéries se nourrissent et digèrent les substances présentes dans l'eau.

- **En plus de ce Traitement biologique**, des techniques physiques et chimiques peuvent être utilisées pour éliminer les contaminants : par exemple, l'ajout d'un réactif pour oxyder les substances dissoutes.

Généralement, l'eau traitée est rejetée dans l'environnement après **un Traitement secondaire**.

- **Un Traitement tertiaire** peut être appliqué, notamment pour éliminer les matières azotées ou phosphorées résiduelles. Autre exemple, si le rejet se fait dans un milieu utilisé pour la baignade, une étape de désinfection est ajoutée pour éviter tout risque de contamination bactérienne. Les systèmes d'assainissement non collectifs reposent sur le même principe : dépôt de particules plus grosses, puis digestion au moyen d'un filtre biologique. Cependant, l'eau traitée n'est généralement pas rejetée dans les eaux de surface, mais s'infiltre plutôt dans le sol. La matière restante est ensuite éliminée grâce à l'auto-épuration naturelle du sol. (**eaufrance**, 2016)

- **Traitement des boues**

Les boues constituant le résidu principal des stations d'épuration. Le traitement des boues représente 30% de l'investissement dans la construction d'une station d'épuration (**Z. Hadjou Belaid**, 2013).

Le traitement des boues a pour objectif :

- Réduire la fraction organique afin de diminuer leur pouvoir fermentescible et les risques de contamination (stabilisation)
- Diminuer leur volume total afin de réduire leur coût d'évacuation (déshydratation).

## **6. Rôle principal de station d'épuration des eaux usées.**

Les stations d'épuration jouent un rôle principal pour la protection de l'environnement et la conservation de la santé humaine et évite le Problème de contamination de la nappe phréatique. Les stations d'épuration permettent également une économie d'eau grâce à la réutilisation de celle-ci. Cependant ce procédé n'est que très peu pratiqué en raison d'un fort coût à la mise en place. (**Mahdjar**. 2016)

## 7. Effet de l'utilisation des eaux usées épurées

Les rejets d'eaux usées non traitées peuvent avoir de graves effets sur la santé humaine et l'environnement, et notamment des épidémies de maladies vectorielles transmises par l'alimentation et l'eau, ainsi que la pollution et la perte de diversité biologique et des services des écosystèmes. L'exposition de groupes vulnérables, notamment les femmes et les enfants, à des eaux usées partiellement traitées ou non traitées, exige une attention particulière. Une connaissance limitée des risques pour la santé associés à l'utilisation d'eaux usées, en raison de la pauvreté et d'une éducation déficiente, contribue à accentuer ces risques, notamment dans les pays en développement. À chaque fois que l'exposition humaine est considérée comme étant probable (p. ex. par l'alimentation ou par contact direct), des mesures de gestion des risques plus strictes doivent être prises.) (Unesco 2017)

## 8. Impacts du rejet des eaux usées au milieu récepteur

Le rejet direct des eaux usées au milieu naturel a un impact négatif sur plusieurs plans :

### a- Impact environnemental

Le rejet direct des eaux usées dans le milieu naturel perturbe l'équilibre aquatique, en transformant les rivières en égouts à ciel ouvert. Cette pollution provoque la diminution de la biodiversité et l'altération de la qualité de l'eau (Bodenne, 2012)

### b- Impact sanitaire

Les eaux usées sont le siège du transport, de la croissance et du développement de plusieurs maladies et agents pathogènes appelés Maladies à Transmission Hydrique (MTH) (Fièvre entérique, Choléra, Leptospirose ) dues à la pollution biologique bactérienne, virales et zoo parasitaires.

L'irrigation directe à partir des ces eaux usées affecte la santé humaine, le cas échéant des maladies digestives (diarrhées aiguées, choléras,...). (Metahri, 2012).

## 9. Situation actuelle

La réutilisation des eaux usées épurées est une action volontaire et planifiée qui vise la production de quantités complémentaires en eau pour différents usages. Aujourd'hui la stratégie nationale du développement durable en Algérie se matérialise particulièrement à travers un plan stratégique qui réunit trois dimensions à savoir : Sociale, Economique et

Environnementale. Le réseau national d'assainissement totalise un linéaire de 27000 kilomètres. Le taux de recouvrement est, hors population éparsée, de 85%. Le volume global d'eaux usées rejetées annuellement est évalué à près de 600 millions de m<sup>3</sup>, dont 550 pour les seules agglomérations du nord. Ce chiffre passerait à près de 1150 millions de m<sup>3</sup> à l'horizon 2020 (**Bouchaala et al.**, 2017; **Hannachi et al.**, 2014).

La réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation doit concerner en priorité les zones déficitaires en eau conventionnelle. Parmi les stations d'épuration exploitées par l'ONA (Office nationale d'assainissement) à travers les wilayas, quelques-unes sont concernées par la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture. Le potentiel de la réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles évoluera d'une manière significative d'environ 17 millions de m<sup>3</sup> en 2011 à environ 200 millions de m<sup>3</sup> en 2014, et le nombre de stations concernées sera de 25 stations d'épurations à l'horizon 2014. Les stations d'épurations gérées par l'ONA concernées par les projets de réutilisation des eaux usées épurées en cours d'étude ou de réalisation, sont au nombre de 12, pour l'irrigation de plus de 8 000 hectares de terres agricoles (**Hannachi et al.**, 2014; **Hind**, 2010).

Un plan d'action entre ONA et ONID (Office national d'irrigation et de drainage) est en cours d'étude, pour définir les possibilités réelles d'une éventuelle réutilisation des eaux usées épurées des stations d'épurations exploitées par l'ONA pour l'irrigation des grands périmètres d'irrigation (GPI) gérés par l'ONID au niveau des cinq (05) bassins hydrographiques à l'échelle nationale (**Hannachi**, 2014).



**Tableau02** : Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées (Hannachi, 2014).

Groupes de cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées	Liste des cultures
Arbres fruitiers (*)	Dattiers, vigne, pomme, pêche, poire, abricot, nêfle, cerise, prune, nectarine, grenade, figue, rhubarbe, arachides, noix, olive
Agrumes	Pamplemousse, citron, orange, mandarine, tangerine, lime, clémentine.
Cultures fourragères (**)	Bersim, maïs, sorgho fourragers, vesce et luzerne.
Cultures industrielles	Tomate industrielle, haricot à rames, petit pois à rames, betterave sucrière, coton, tabac, lin.
Cultures céréalières	Blé, orge, triticales et avoine.
Cultures de production de semences	Pomme de terre, haricot et petit pois.
Arbustes fourragères	Acacia et atriples
Plantes florales à sécher ou à usage industriel	Rosier, iris, jasmin, marjolaine et romarin

#### 10. Les normes d'utilisation des usées épurées :

Les parcelles irriguées, au moyen des eaux usées épurées, doivent être éloignées de plus de 100 mètres des routes, des habitations, des puits de surface et autres ouvrages destinés à l'alimentation en eau potable. Tout raccordement avec une canalisation transportant de l'eau potable est interdit (Hannachi, 2014).

*Chapitre II : Connaissances  
sur l'orange*

## 1. Généralités sur les agrumes

Le mot agrume provient du latin *acrumen* (aigre) a été donné dans l'antiquité aux arbres à fruits acides (Mekkiou et Berbaoui, 2014).

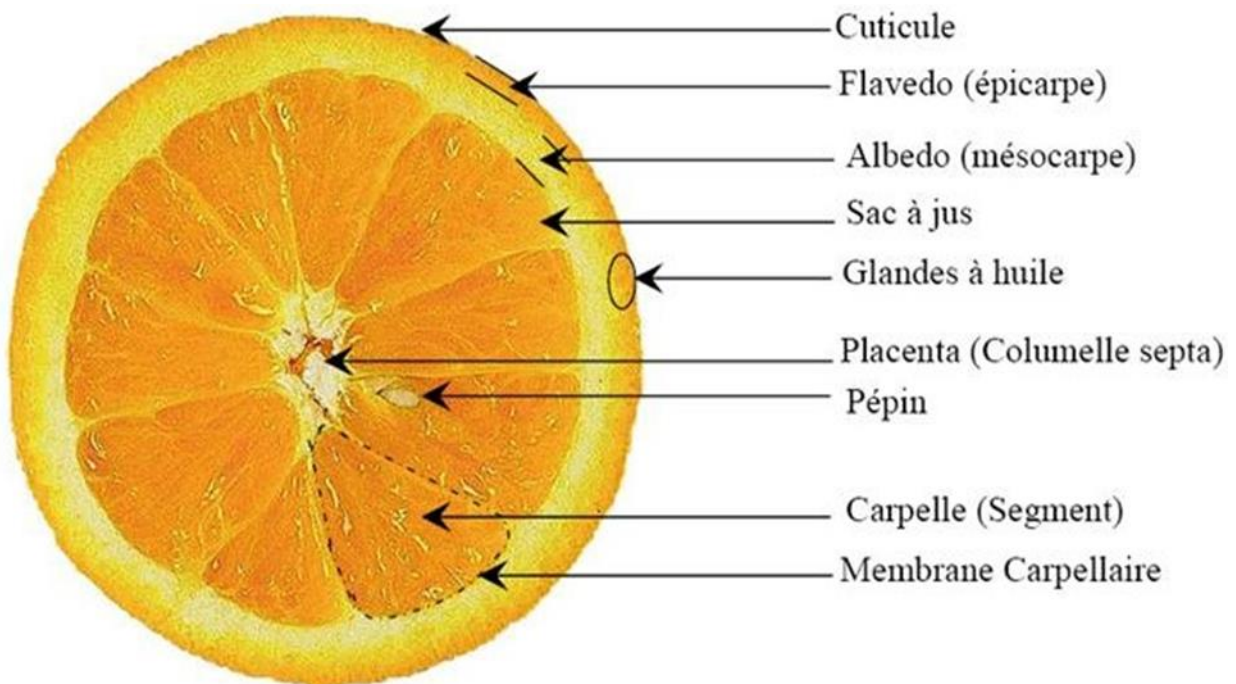
Les agrumes regroupent plusieurs espèces les plus connues sont : les oranges, les pamplemousses, les mandarines, les clémentines et les citronniers. En botanique, les agrumes appartiennent à la famille des Rutacées (M'Hiri, 2015).

Ce sont des baies modifiées ou en forme spécialisées de baie (*Hesperidium*). La plupart des types d'agrumes sont originaires des grandes zones à climat tempéré, autour des montagnes de l'Himalaya et du sud-est Asiatique (Bousbia, 2011).

## 2. Oranges

### 2.1. Définition de l'orange

Les oranges sont des agrumes de forme ronde avec une texture fine et d'une couleur identique à celle de leur chair pulpeuse. Leurs diamètres varient généralement entre 5 et 10 cm (Parle milind *et al.*, 2012). Elles proviennent de l'oranger, arbuste originaire du sud de la chine, pouvant atteindre 7,5 à 15 m de hauteur, ses feuilles sont vertes, persistantes et coriaces, sa floraison est blanche et très parfumée (Etebu *et al.*, 2014).



**Figure 02** : Anatomie du fruit d'orange (Ouldyerou *et al.*, 2016 ; Rafiq *et al.*, 2016).

## **2.2. Variétés de l'orange**

Les jus de fruits sont des produits liquides non alcooliques avec un certain degré de clarté et de viscosité obtenus par pressurage ou fragmentation des fruits avec ou sans addition de sucre ou de dioxyde de carbone (**Akusu et al.**, 2016).

Il existe plusieurs types de jus de fruits. Tous sont élaborés partir de jus de fruits mais se distinguent par leur teneur en fruits et leur mode de fabrication.

### **2.2.1. Oranges blondes**

Leur chair est plus ou moins orange claire, avec peu ou pas de pépins, elles sont récoltées de décembre à la fin février pour les variétés dites saison et jusqu'en juin pour les variétés tardives (**Brossard et al.**, 2002) parmi lesquelles on cite :

- **Navels**

Elles ont une peau rugueuse et une chaire blonde juteuse. Précoces, elles sont disponibles de novembre (navelines, navels ordinaires, washington) à mai (navel late) quand elles proviennent des régions méditerranéennes et de mai à octobre quand elles sont importées de l'hémisphère Sud (**Aubineau et al**, 2002).

- **lanes lates**

Variété blonde tardive, arrivant en même temps que Navelate, développement des plantations en Espagne.

### **2.2.2. Oranges sanguines**

Les oranges sanguines sont le résultat d'une mutation génétique spontanée qui est apparue il y a plusieurs siècles dans des plantes originaires de Chine, en raison des mouvements migratoires à travers la Méditerranée (**Cebadera et al.**, 2019). Caractérisées par leur chair colorée due à des pigments rouges, des anthocyanes. Ceux-ci sont sensibles aux techniques d'extraction des jus et au stockage du jus, et leur dégradation peut donner une couleur brune indésirable au produit.

### **2.2.3. Oranges douces**

Elles ne possèdent pas d'acidité et de ce fait sont insipides, elles sont très peu cultivées (**Bakry et al.**, 2002).

**2.3. Composition et valeur nutritive de l'orange**

Les teneurs en protéines, glucides et lipides sont illustrés dans le tableau

Tableau 03 : Valeur nutritionnelle de l'orange (Ciquel, 2020)

Constituant	Teneur moyenne
Energie (kcal/100 g)	45,5
Eau (g/100 g)	87,3
Protéines (g/100 g)	0,75
Glucides (g/100 g)	8,03
Lipides (g/100 g)	< 0,5
Sucres (g/100 g)	7,6
Fibres alimentaires (g/100 g)	2,7
Acides organiques (g/100 g)	1,05
AG saturés (g/100 g)	< 0,01
AG monoinsaturés (g/100 g)	< 0,01
Calcium (mg/100 g)	66
Chlorure (mg/100 g)	< 20
Cuivre (mg/100 g)	0,04
Fer (mg/100 g)	0,57
Iode ( $\mu$ g/100 g)	< 20
Magnésium (mg/100 g)	15
Manganèse (mg/100 g)	0,02
Phosphore (mg/100 g)	38
Potassium (mg/100 g)	180
Sélénium ( $\mu$ g/100 g)	< 20
Sodium (mg/100 g)	< 5
Zinc (mg/100 g)	0,25
Rétinol ( $\mu$ g/100 g)	0
Beta-Carotène ( $\mu$ g/100 g)	< 5
Vitamine D ( $\mu$ g/100 g)	0
Vitamine E (mg/100 g)	0,19
Vitamine K1 ( $\mu$ g/100 g)	< 0,8
Vitamine C (mg/100 g)	47,5
Vitamine B1 ou Thiamine (mg/100 g)	0,045
Vitamine B2 ou Riboflavine (mg/100 g)	< 0,01
Vitamine B3 ou PP ou Niacine (mg/100 g)	0,37
Vitamine B5 ou A. pantothénique (mg/100 g)	0,16
Vitamine B6 (mg/100 g)	< 0,01
Vitamine B9 ou Folates totaux ( $\mu$ g/100 g)	25,9
Vitamine B12 ( $\mu$ g/100 g)	0

➤ **Eau**

Avec plus de 87% d'eau, l'orange est un fruit particulièrement juteux et désaltérant. C'est dans cette eau que se trouvent sous forme dissoute les principaux éléments nutritifs (**Ciqua**, 2020).

➤ **Glucides**

La teneur en sucres peut varier selon la variété mais elle est en moyenne de 7,7g à 9,5 g dans le fruit à maturité, avec 3,5 g de saccharose. Parmi les autres glucides constitutifs, on a le fructose et le glucose qui sont rapidement assimilables (les sucres rapides) et fournissent rapidement de l'énergie à l'organisme (**Ciqua**, 2020).

➤ **Acides organiques**

Ils représentent en moyenne de 1,05 % et c'est essentiellement de l'acide citrique et un peu de l'acide malique qui apportent à l'orange sa saveur acidulée (**Vierling**, 2008).

➤ **Autres composants énergétiques**

Ils sont négligeables du point de vue de la composition de l'orange. En effet, elle ne contient que des traces de lipides (moins de 1%) concentrées dans les graines et la pulpe. Contient orange comme peu de protéines, il est donc classé comme un fruit à faible énergie avec une moyenne de 45 à 50 kcal par 100 g. (**Ciqua**, 2020).

➤ **Minéraux et oligoéléments**

Les oranges sont une bonne source d'acide folique, de potassium, de phosphore, de calcium, de fer, de magnésium, de sodium et de soufre (**Nagy et al.**, 2007).

➤ **Fibres**

Les fibres y sont abondantes (avec une teneur de 2.7 % en moyenne) : pectines, hémicelluloses, celluloses, et lignine (traces) (**Ciqua**, 2020).

D'après plusieurs études menées sur les teneurs en fibres insolubles dans l'eau, nous avons :

- lignine et cellulose (c'est-à-dire fibres brutes et une partie des hémicelluloses) : plus de 2/3 des fibres. Dont :

- lignine : <20% des fibres totales.

- cellulose : < 25% des fibres totales.

- hémicelluloses : 50% des fibres insolubles dans l'eau

- pectine « fibre soluble dans l'eau »: 0.5 à 1.7% de pectines fortement méthylées (méthoxyles).

➤ **Pigments**

La couleur des écorces et de la pulpe de la plupart des oranges matures est due aux pigments caroténoïdes. La couleur de certaines variétés appelées orange sanguines telles que l'orange Maltaise et Moro est due aux caroténoïdes et aux anthocyanes (**Wang et al.**, 2008)

➤ **Huiles essentielles**

ce sont des substances volatiles qui donnent à chaque fruit une odeur caractéristique. Elles sont renfermées dans des petites poches, appelées glandes à essences, visibles à l'œil nu sur l'écorce d'orange (**Ezejiolor et al.**, 2011).

➤ **Vitamine C**

le profil vitaminique de l'orange est dominé par une teneur élevée en vitamine C qui constitue 47,5 à 60,8 mg de la partie comestible. L'activité vitaminique est renforcée par la présence de flavonoïdes et d'anthocyanes. Ces substances potentialisent l'effet antiscorbutique de la vitamine C et ont par ailleurs une action protectrice sur les capillaires sanguins. La vitamine C est un micronutriment qui n'est pas synthétisé par l'organisme humain. Il doit être apporté par les aliments (fruits et légumes). Il a un rôle antioxydant multiple. En effet, il inhibe le brunissement enzymatique, protège contre l'oxydation, car il est connu pour ses effets antiradicalaires et réducteurs des métaux de transition (**Ciquel**, 2020)

➤ **Composés phénoliques**

Polyphénol décrit un composé dont la structure chimique contient un ou plusieurs anneaux phénoliques (**Frank et al.**, 2020). D'autres classifications peuvent être faites en fonction des numéros d'anneaux phénoliques et des structures connexes liant ces anneaux ensemble (p. ex., hétérocycle oxygéné) (**Cutrim et Cortez**, 2018). Avec environ 15000 variétés actuellement identifiées, les flavonoïdes représentent une classe de polyphénol très diversifiée (**Xiao**, 2017). La base structurelle du flavonoïde est une structure d'atome de 15 carbones, formant un squelette hétérocyclique C6–C3–C6, composé de deux anneaux de benzène, liés à un anneau



hétérocyclique (anneau aromatisant). Omniprésents dans les régimes à base de plantes, les flavonoïdes sont le principal composant polyphénolique des agrumes. Une oxydation hétérocyclique différente donne lieu à d'autres sous-classes : flavanones, flavonols, flavones et anthocyanes (présents dans les oranges sanguines). Les agrumes (Rutaceae) tels que les oranges, les pamplemousses, les citrons et les limes sont une source particulièrement riche de flavanones et sont donc parfois appelés citroflavonoïdes. Les flavanones sont également présentes dans d'autres sources alimentaires, comme les herbes aromatiques (romarin, origan, menthe poivrée) (Rothwell *et al.*, 2013).

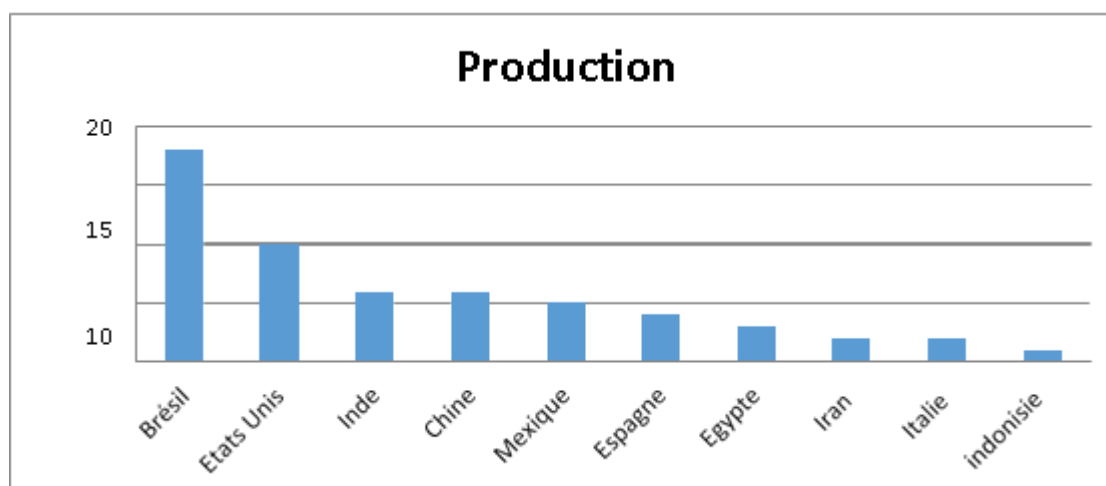
### ➤ Flavonoïdes

L'hespéridine (hesperetin-7-O-rutinoside) est un important citrus flavanone présent dans tous les agrumes (Jadeja et Devkar, 2014), atteignant des concentrations de 25,8 à 38,3 g/kg dans les oranges douces (Iglesias -Carres *et al.*, 2019) et jusqu'à 520 mg/L dans le jus d'orange (De Rycker *et al.*, 2020). L'hespéridine est également le plus commun des flavonoïdes contenus dans les régimes alimentaires européens avec un apport d'environ 27 mg/jour (Zamora-Ros *et al.*, 2015), bien que des variations régionales soient obtenues (Wang *et al.*, 2015). Les oranges et les jus d'orange contiennent également de la naringénine-7-O-rutinoside (narirutine) en plus de petites quantités d'hespéridine-7-O-rutinoside-3'-O-glucoside, 4'-O-méthyl-naringénine-7-O-rutinoside (didymine) et ériodictyol-7-O-rutinoside (ériocitrine) (Kay *et al.*, 2017). On croit que ces composés sont responsables de nombreuses actions biologiques liées aux agrumes, bien que plusieurs autres bioactifs soient également présents dans diverses sources d'agrumes et de jus (p. ex., anthocyanes, flavonols, caroténoïdes, pectines), et sont donc susceptibles de posséder également des propriétés bioactives

## 2.4. Production de l'oranger

### 2.4.1. Dans le monde

Selon les données de la FAO la production mondiale d'orange a atteint les 70 millions de tonnes pour l'année 2018. Le Brésil est le premier producteur dans le monde avec plus de 18 millions de tonnes (Figure 03), les Etats unis se classent en deuxième position avec une production de 8 millions de tonnes, l'Inde et la Chine occupent la 3ème et la 4ème place respectivement avec une production de 5 millions de tonnes. Le Mexique occupe la 5ème place avec une production de 4 millions de tonnes suivis par l'Espagne et l'Egypte avec une production de 4 millions de tonnes.



**Figure 03.** Production d'orange : 10 Principaux producteurs entre 1994 et 2018 (FAO, 2020).

#### 2.4.2. En Algérie

La production Algérienne d'oranges pour l'année 2018 est estimée de 558573.13 tonnes. Elle occupe la 14ème place dans le monde, la 2ème place dans la région nord-africaine et la 4ème place dans le continent.

Elle occupe la 7ème place dans le bassin méditerranéen selon des études préliminaires entre 1994 et 2018 (**Tableau 04**) (FAO, 2020).

**Tableau 04.** Principaux pays producteurs d'orange dans le bassin méditerranéen (FAO, 2020)

Pays	Production en milles de tonnes (MT)
Espagne	2950082.6
Egypte	2203243.4
Italie	1902199.4
Turquie	1411453.4
Grèce	909555.84
Maroc	854095.56
Algérie	558573.16

## *Chapitre III : Jus de fruit*

## 1. Jus de fruits

Le jus de fruits est le liquide non fermenté, mais fermentescible, tiré de la partie comestible de fruits sains, parvenus au degré de maturation approprié et frais ou de fruits conservés dans de saines conditions par des moyens adaptés et/ou par des traitements de surface post-récolte appliqués conformément aux dispositions pertinentes de la Commission du Codex Alimentarius (**Akusu et al.**, 2016).

Certains jus peuvent être obtenus à partir de fruits comprenant des pépins, graines et peaux qui ne sont pas habituellement incorporés dans le jus, bien que des parties ou composants de pépins, de graines et de peaux impossibles à retirer par des bonnes pratiques de fabrication (BPF) soient acceptés. Le jus est obtenu par des procédés adaptés qui conservent les caractéristiques physiques, chimiques, organoleptiques et nutritionnelles essentielles des jus du fruit dont il provient. Le jus peut être trouble ou clair et peut contenir des substances aromatiques et des composés volatils restitués, à condition qu'ils proviennent des mêmes espèces de fruits et soient obtenus par des moyens physiques adaptés. De la pulpe et des cellules obtenues par des moyens physiques adaptés à partir du même type de fruits peuvent être ajoutées.

Un jus simple est obtenu à partir d'un seul type de fruit. Un jus mélangé est obtenu en mélangeant deux ou plusieurs jus ou jus et purées obtenus à partir de différents types de fruits (**Codex stan 247**, 2005).

## 2. Jus d'orange

On entend par « jus d'orange », le liquide non concentré, non dilué et non fermenté. Le jus d'orange est probablement le plus connu et le plus répandu dans le monde. Il est particulièrement apprécié pour sa saveur fraîche et considéré de haute valeur nutritionnelle pour sa teneur élevée en vitamine C et en antioxydants naturels, tels que les flavonoïdes et les phénylpropanoïdes (**Galaverna et al.**, 2008).

Les caroténoïdes sont les composés responsables de couleur du jus d'orange et aussi pour certaines de leurs propriétés saines. Certains de ses composés, dont le bêta-carotène, sont précurseurs de la vitamine A (dénommé « provitamine A ») participant ainsi à la synthèse du rétinol, vitamine essentielle aux fonctions organiques. Ces composés sont réputés pour leurs propriétés biologiques antioxydants et anticarcinogènes (**Stinco et al.**, 2012).

### 3. Différents types du jus d'orange

#### 3.1. Jus d'orange frais

Il s'agit des jus d'orange à base de fruits frais qui n'ont subi aucun traitement de stabilisation. Ces jus sont obtenus à partir de cinq variétés différentes de *Citrus sinensis* (L.) Osbeck (trois Moro, Sanguinello et Tarocco, et deux variétés blanches, Valencia tard et Washington omvel) (**Rapisarda et al.**, 1999).

#### 3.2. Jus d'orange « 100 % pur jus »

Le 100% pur jus est une pression de fruits frais, censée ne comporter aucun ajout d'additifs au jus initial, mais la loi autorise tout de même un ajout d'un maximum de 15 g/l de sucre dans le but de corriger l'acidité de la boisson.

Les purs jus de fruits, 100% purs jus sont inexistantes sur le marché national (**Remini et al.**, 2014).

#### 3.3. Jus d'orange obtenus à partir d'un concentré

Ils sont obtenus à partir de jus de fruits dont on a extrait une partie de l'eau (ils peuvent être concentrés de 50 à 70%). Au moment de la consommation, il faut le reconstituer avec la même quantité d'eau préalablement retirée. La concentration facilite le stockage et la conservation. Lorsque ces jus sont déjà reconstitués, la mention " à base de concentré " doit figurer sur l'emballage (**Benamara et Agougou**, 2003).

#### 3.4. Jus de fruits déshydratés

C'est le produit obtenu à partir de jus de fruits par élimination physique de la quasi-totalité de l'eau de constitution. La restitution des composants aromatiques est obligatoire (**Bodin et al.**, 2005).

### 3.5. Nectars de fruits

C'est le produit non fermenté mais fermentescible, obtenu par addition d'eau et de sucres au jus de fruits concentré, à la purée de fruit concentrée ou à un mélange de ces produits, et dont la teneur minimale en jus, éventuellement en purée, et l'acidité minimale sont fixés à :

-25 à 50 % de teneur minimale en jus

-4 et 9 g/l d'acidité (exprimé en acide tartrique) (Boudra, 2007).

### 4. Composition chimique et valeur nutritionnelle du jus d'orange

La composition chimique des jus d'orange est illustrée dans le tableau 05

**Tableau 05.** Composition chimique et nutritionnelle du jus d'orange (Banmara & Agougou, 2006).

Indices	Valeurs obtenues
Eau (%)	90
Matières seches (%)	15,9
Sucres totaux (%)	12
Glucose (%)	8,4
Fructose (%)	3,6
Carotène (mg%)	0,05
Azote total (%)	0 ,26
Aminoacides essentiels (m kg%)	186
Lysine	40
Méthionine	10
Leucine + isoleucine	51
Macro-éléments (mg%)	
• K	202
• Ca	34
• P	20
Macro-éléments (m kg %)	
• Fe	310
• Cu	60
• Zn	180

## 5. Fabrication de jus d'orange industriel

La popularité du jus d'orange est certainement due à son goût agréable et rafraîchissant et au fait que les consommateurs savent qu'ils retirent les bénéfices nutritionnels de la vitamine C, de l'acide folique et des fibres alimentaires en une seule fois.

Les processus de pasteurisation et de concentration préservent la qualité et la forte valeur nutritive de ce produit. Des améliorations technologiques permanentes ont permis à l'industrie d'exceller dans la qualité, avec un meilleur goût au point de ressembler au jus fraîchement pressé (**Johnson**, 2001).

### 5.1. Etapes de fabrication du jus d'orange industriel

#### 5.1.1. Récolte de l'orange

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

- La récolte du fruit se fait par deux méthodes soit mécanique ou manuelle (**Sanders**, 2005).
- 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.

#### 5.1.2. Choix de l'orange

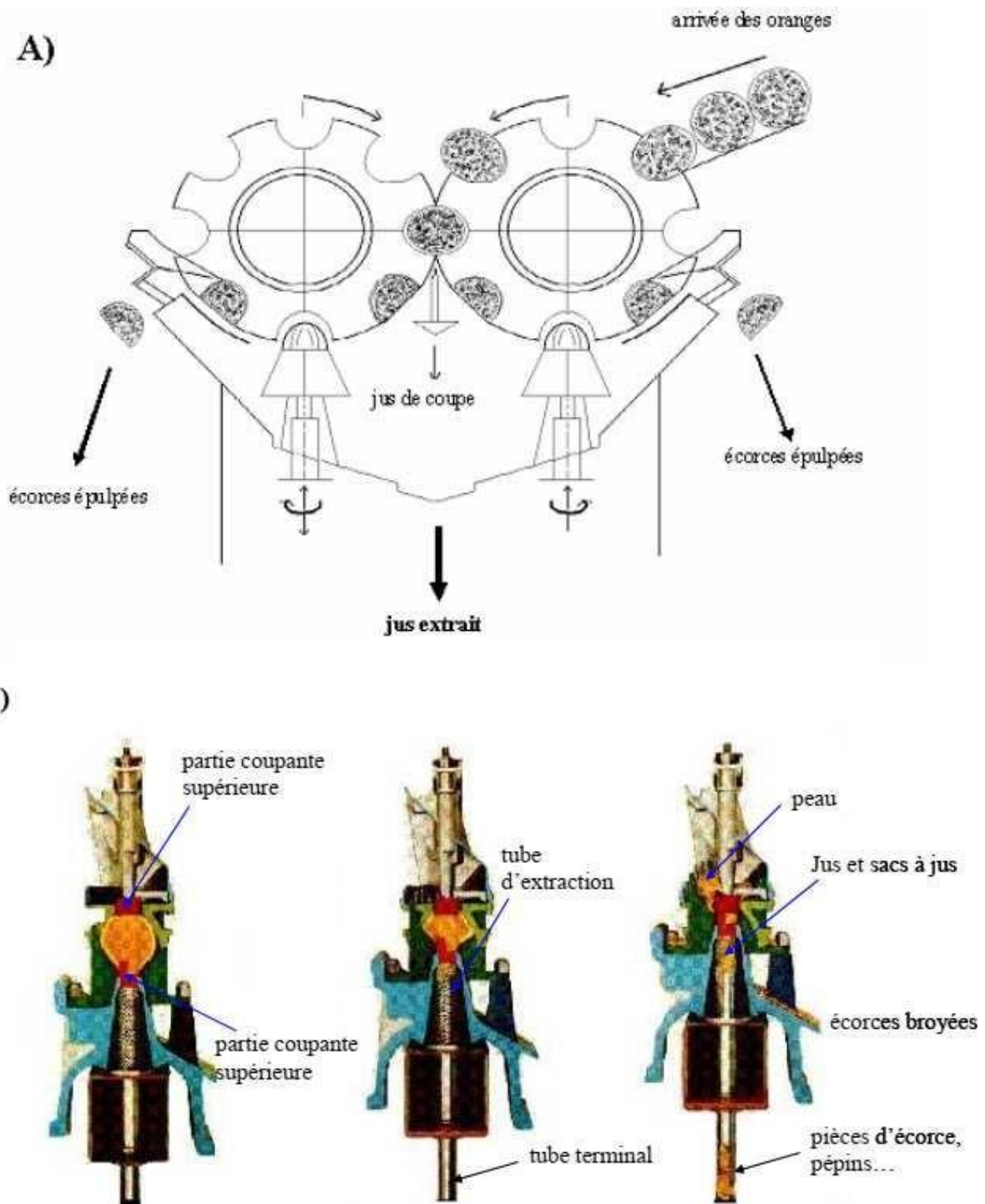
La première étape cruciale de la production de jus est de sélectionner des fruits matures, mûrs et de haute qualité qui peuvent être transformés en une journée. La maturation est importante pour la coloration, le développement de la saveur et la teneur en éléments nutritifs (**Roger et al.**, 2015).

La qualité du jus d'orange dépend largement des propriétés des oranges utilisées dans sa fabrication. Parmi les facteurs qui influent sur cette qualité, on retrouve la variété des oranges, le climat, la régie de fertilisation des orangers et le processus de maturation des fruits qui sont les plus influents.

**5.1.3. Procédé d'extraction et d'épuration du jus d'orange****5.1.3.1. Extraction du jus d'orange**

Les oranges arrivent dans les usines de transformation dans des camions bennes : elles sont soit utilisées immédiatement soit déchargées dans des silos et stockées. Au moment de leur utilisation, après un passage sous des rampes d'aspersion d'eau, les oranges sont triées, le plus souvent manuellement, et les fruits abîmés sont écartés. Deux technologies d'extraction de jus adaptées sont le plus souvent utilisées : l'extracteur Brown (Automatic Machinery and Electronics Co) et le procédé FMC (Food Machinery Corporation).





**Figure 04.** Schéma des extracteurs Brown (A) et FMC (B) (Baron, 2002).

Dans le procédé Brown, les oranges sont coupées en deux puis pressées à l'aide de deux demi-sphères perforées, l'une concave et l'autre convexe (Figure 04, A). L'extracteur Brown effectue un « fraisage » de chaque partie du fruit. La vitesse de déplacement des têtes d'extraction et la pression qu'elles exercent sont contrôlées de façon à s'adapter à l'épaisseur de l'écorce (Baron, 2002).

Dans le procédé FMC, dont les premières lignes d'extractions ont été implantées dans les années 1950, en début de cycle, une coupelle supérieure descend et pousse le fruit sur le couteau circulaire inférieur (figure 04, B). Les coupelles maintiennent le fruit. Les constituants intérieurs du fruit sont aspirés dans le tube tamis par le mouvement descendant du piston. Pour optimiser le rendement, la taille de la tête doit être adaptée au calibre des fruits. Albedo et flavedo sont dilacérés et évacués au travers de griffes dans la coupelle inférieure. Un piston remonte et presse la pulpe, le jus s'écoule au travers du tamis et est recueilli par le collecteur. Les particules trop grosses (pépins, fragments d'albedo) sont éliminées par le centre, creux, du piston (**Baron, 2002**).

Le procédé FMC est le procédé le plus utilisé : son intérêt majeur est qu'il permet la récupération des huiles essentielles pendant le procédé d'extraction du jus et donc leurs valorisations. Néanmoins, le coût d'achat d'un extracteur FMC reste bien supérieur à celui d'un extracteur Brown.

La pression exercée par chacun des procédés dépend de la taille du fruit, et les extracteurs sont réglés pour exercer des pressions appropriées sur des oranges préalablement triées en fonction de leur calibre.

### **5.1.3.2. Raffinage et centrifugation**

Le jus d'orange, après extraction, est très pulpeux et contient des morceaux de pépins et autres impuretés. Il passe alors par une étape de raffinage, appelée en anglais « finishing ». Ce terme désigne la séparation physique d'une partie de la pulpe et d'autres matériels fibreux du jus. Les « finishers » ou modules de finitions vont tamiser ce jus pulpeux et séparer les pulpes grossières et éléments non désirables. (**Fellers et al., 1975**) ont montré que l'élimination de ces pulpes grossières, contrairement à l'étape d'extraction n'avait pas d'influence sur la saveur des jus d'orange. Le jus peut alors ensuite être centrifugé pour affiner une teneur en pulpes fines entre 6 et 12 %, ce qui permet d'obtenir un jus dont la viscosité répond aux attentes des consommateurs (**Baradock, 1999**).

Enfin, avant le traitement thermique, le jus est chauffé à 50°C dans des échangeurs de chaleur tubulaires puis soumis à un procédé de désaération dans des tanks sous vide. Cette opération présente l'intérêt pour l'industriel d'éviter la formation de mousse et d'éviter l'oxydation du produit. Le jus une fois dégazé ne doit pas être stocké plus d'une heure avant l'étape suivante de pasteurisation.

### **5.1.3.3. Pasteurisation**

La pasteurisation est un processus de conservation qui consiste à chauffer le jus d'orange à une température de 85 à 90 °C pendant 10 à 15 secondes (**Reyes-De-Corcuera et al.**, 2014) de manière à éliminer un nombre important de microorganisme et éviter la prolifération de ceux qui restent. Cette technique peut se faire à l'aide des pasteurisateurs à plaques ou tubulaires.

Après ce traitement thermique, le produit est acheminé à la section de refroidissement des échangeurs de chaleur ou il est porté à une température de 2° C.

### **5.1.3.4. Transport**

Le pur jus pasteurisé peut être conditionné sur le site de production juste après le traitement thermique, comme cela se pratique beaucoup en Espagne. Il peut également être entreposé jusqu'à 12 mois dans des réservoirs aseptiques munis d'un système de réfrigération ou encore transporté après fabrication en camions citerne (réfrigérés ou non) vers les usines de conditionnement.

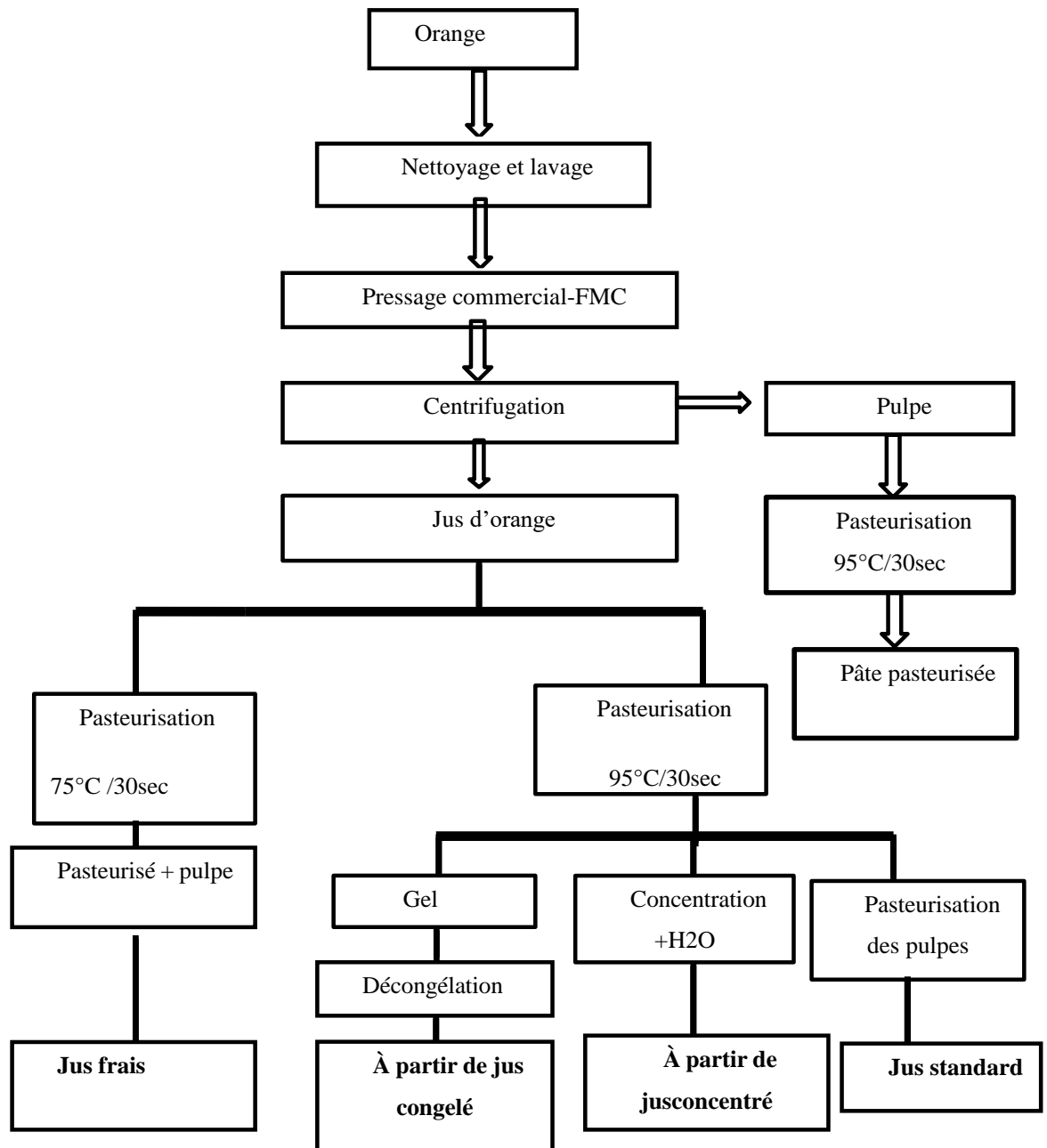


Figure 05. Diagramme de fabrication des jus d'orange (Gil-izquierdo *et al.*, 2002).

# *Partie expérimentale*

# *Matériels et méthodes*

## **1. Objectif**

Le présent essai a pour objectif d'évaluer l'impact de l'utilisation des eaux usées traitées par la station d'épuration utilisées dans l'irrigation des cultures d'orange et de déterminer l'effet sur les qualités physicochimiques et microbiologiques sur le fruit.

## **2. Matériel végétal**

Les échantillons d'orange *Citrus sinensis* L. de variétés « Thomson » sont récolté en mois de Janvier à partir d'un vergé agrumicole situé dans la commune de Bouguirat wilaya de Mostaganem.

## **3. 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 lagunage : Naturel

Volume traité : 2600 m<sup>3</sup>/j

Date mise en service : 13/08/2012

## **4. Analyse physico-chimiques de l'eau**

### **4.1. Détermination du pH**

la méthode est basée sur l'utilisation d'un pH-mètre. Pour la mesure de potentiel d'hydrogène en premier lieu le bécher, le barreau magnétique et l'électrode sont rincé avec de l'eau distillée puis avec l'échantillon. Puis remplir le bécher de mesure avec l'échantillon et on Immerger l'électrode avec les précautions habituelles et agiter. Afin lire directement le pH lorsque la valeur stabilisée (**Tening et al ., 2013**)

#### 4.2. Demande chimique en oxygène (DBO5)

Mesure de l'oxygène consommé en cinq jours par un échantillon dilué avec une eau saturée en oxygène,ensemencée avec des germes, puis placé dans une enceinte thermostatée à 20 °C.

- **Mode opératoire**

Flacons en verre à bouchon rodé de 150 ou 250 ml et enceinte thermostatée à 20°C ± 1°C.

#### 4.3. Demande chimique en oxygène (DCO)

##### Réactifs

Solution d'acide sulfurique à 4 mol/L, Solution de sulfate d'argent à 10 g/L dans l'acide sulfurique, solution de sulfate de fer et d'ammonium à 0.12 mol/L, Solution étalon de dichromate de potassium à 0.04 mol/L et sulfate de mercure.

- **Mode opératoire**

Dans un tube de réaction introduire 10 ml d'échantillon. Ajouter 5ml de la solution de dichromate de potassium (0.04 mol/l). Ajouter ,lentement et avec précaution , 15ml de la solution d'acide sulfurique contenant le sulfate d'argent, en agitant soigneusement le tube .Mettre 1 à 2 gouttes d'acide sulfurique sur le col rodé du tube pour le lubrifier et relier le réfrigérant au tube de réaction .S'assurer que la réfrigérante tourne facilement dans le rodage du tube .placer le tube dans le bloc chauffant et porter à ébullition ( 150 °C ± 5 °C ) pendant 2 heures. Arrêter le chauffage. Retirer les tubes avec leurs réfrigérants .Les laisser refroidir, puis rincer Avec précaution le réfrigérant en recueillant les eaux de lavage dans le tube de réaction.

Transvaser le contenu du tube dans un erlenmeyer de 250ml , rincer et diluer avec environ 75mL d'eau .Ajouter 2 à 3 gouttes de ferroïne et titrer avec la solution de sulfate de fer et d'ammonium (**Rodier** , 2009).

##### Exposition de résultat

La demande chimique en oxygène (DCO) exprimée en milligrammes d'oxygène par litre est égale à :

$$8000 (V0-V1) T / V$$

V0 : volume de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire au dosage (ml)

V1 : volume de la solution de fer et d'ammonium nécessaire à l'essai à blanc (ml)



T : Titre de la solution de sulfate de fer et d'ammonium (en mol/L)

#### **4.4. Mesure des M.E.S (Matières en suspension)**

Les MES s'obtiennent par filtration des effluents peu chargés, séchage jusqu'à obtenir un résidu sec.

#### **L'appareillage et la verrerie**

Equipement de filtration sous vide, Filtres en microfibres, fioles jaugées de 1L

- **Mode opératoire**

Prendre un papier filtre et la marquer avec précaution pour ne pas l'abimer, mettez dans l'étuve pour bien sécher et peser la membrane et noter sa masse vide M0 , placer papier filtre sur la rampe de filtration, Bien agiter l'échantillon et après prélever 1L de l'échantillon et le transvider sur la membrane. Récupérer le papier après la filtration, puis le placer dans une étuve à 105°C pendant 1h30 min pour enlever l'excès d'eau. Peser de nouveau la membrane, après séchage, puis noter sa masse M1 (**Tening et al ., 2013**)

Le rapport entre la différence des masses et le volume filtré donne la concentration de matières en suspension dans l'échantillon. On applique la formule suivante :

$$C_{mes} = (M1-M0)/V$$

Cmes : concentration de MES en mg/l

M0 : masse du papier filtre avant filtration

M1 : masse du papier filtre après filtration

V : volume d'échantillon filtré

#### **4.5. Métaux lourds (Zinc Zn, Cadmium Cd, Chrome Cr)**

Les mesures ont été réalisées au moyen d'un spectrophotomètre d'absorption atomique

Appareil : Flamme (Air-C 2 H 2 acétylène) AA-7000 SHIMADZU

#### **5. Analyses microbiologiques de l'eau**

L'utilisation des eaux épurées pour l'irrigation peut être à l'origine de la contamination de la plante irriguée. Pour évaluer ce risque, nous avons recherché dans les eaux utilisées les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les streptocoques fécaux et salmonella.

**5.1. Démembrement des coliformes totaux (méthode par filtration sur membrane)**

les échantillons doivent être bien homogénéisés. Mettre les supports sur la rampe de filtration. prendre une membrane filtrante sterile près du bord à l'aide d'une pincette stérilisée par flambage dans le bec bunsen et la déposer ensuite sur le support de filtre .verser 100 ml gélose de TTC tergitole .placer les boîtes de pétri en position inversée dans un incubateur à  $37^{\circ} \text{C} \pm 0.5^{\circ} \text{C}$  pendant 24 heures le plus tôt possible après la filtration .après la période d'incubation ,sortir les boîtes de pétri.

**Confirmation**

Prélever une colonie bien isolée sur la gélose et effectuer une propagation de la souche dans bouillon VBL.placer dans un incubateur à  $35^{\circ} \text{C} \pm 0.5^{\circ} \text{C}$  pendant 18 à 24 heures.

S'il y a une trouble avec une production de gaz dans la cloche le test est positif. S'il y a seulement une trouble ou production de gaz le test est négatif (ADE, 2021)

**Expression des résultats**

Les résultats de dénombrement des coliformes totaux sont exprimés en nombre de germes par 100ml .les caractéristiques typiques des colonies sont les suivantes :

- Aspect vert métallique sur toute la surface de la colonie ;
- Aspect vert métallique au centre seulement de la colonie (auréole rouge)

**5.2. Démembrement des coliformes fécaux (méthode par filtration sur membrane)**

Placer les entonnoirs et les supports dans le stérilisateur pendant 2 min. Mettre les supports et les entonnoirs sur la rampe de filtration. Mettre en fonction l'appareil à vide. prendre une membrane filtrante stérile près du bord à l'aide d'une pincette stérilisée et déposer ensuite sur le support de filtre. Verser Dans l'entonnoir 100ml de l'échantillon .Ensuite, prélever à l'aide d'une pince stérile la filtre. Laissé et coulé sur la gélose TTC tergitole .placer les boîtes de pétri en position inversée dans un incubateur à  $44^{\circ} \text{C} \pm 0.5^{\circ} \text{C}$  pendant 24 heures. Après la période d'incubation, sortir et ranger les boîtes de pétri.

**Confirmation** : prélever une colonie bien isolée sur la gélose et effectuer une propagation de la souche dans bouillon schubert. Dans le cas de production de gaz et trouble en ajoute le réactif kovacs qui vado donner un anneau flotte sur le bouillon s'il y a un changement de couleur de l'anneau en rouge le teste est positif. S'il n'y a pas de changement de couleur le test est négatif (ADE, 2021).

**Expression des résultats**

Les résultats de dénombrement des coliformes fécaux sont exprimés en nombre de germes par 100ml. les colonies de couleur jaune

**5.3. Recherche de salmonelle**

**Première étape** : enrichissement sur bouillon (S.F.B)

On ensemence 1ml de chaque dilution d'eau dans des tubes contenant le milieu S.F.B. après homogénéisation par agitation, on les incube à 37 °C pendant 24 heures .On considère comme positifs les tubes ou il se produit un trouble microbien dans toute la masse liquide.

**Deuxième étape** : isolement sur gélose salmonella\_ Shigella (S.S.)

On repique une anse de chaque tube positif par la méthode des stries serrées sur une gélose S.S en boîtes de pétri .Puis, on incube les boîtes à 37°C durant 24 heures.

La présence de Salmonella est indiquée par des colonies incolores à centre noir.

**Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés sous la forme : présence ou absence de Salmonella.

**6. Analyse physico-chimiques du jus d'orange****6.1. Détermination du pH**

La mesure du pH est l'un des paramètres les plus importants dans le contrôle-qualité des denrées alimentaires. En effet, le pH fournit des informations sur la qualité des produits naturels tels que les agrumes et les jus. En outre, le pH est un paramètre important lors de l'utilisation des régulateurs d'acidité en tant qu'agents de conservation.

- **Mode opératoire**

Le pH du jus a été déterminé à l'aide d'un pH-mètre numérique, selon la méthode AOAC. 50 ml du jus a été transféré dans un bécher et le pH a été déterminé après étalonnage du compteur en utilisant des solutions tampons standard de pH 4,0 et 7,0. Un temps suffisant a été autorisé pour l'équilibrage avant que les lectures ne soient prises (**Akusu et al.**, 2016).

**6.2. Détermination de la teneur en matière sèche**

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 (**AFNOR** ; 1985).

- **Mode opératoire**

La première étape consiste à peser la matière brute. Pour ce faire, on pèse 10 g de chaque échantillon à l'aide d'une balance de précision. L'aliquote est mise dans un creuset en porcelaine. Il faut noter que le creuset doit être pesé préalablement.

La deuxième étape fera l'objet de déshydratation de l'aliquote à l'étuve (105°C pendant 24h).

Après 24 heures, les creuses seront refroidies dans le dessiccateur pendant 45 minutes, la matière sèche restante est alors pesée par différence avec la masse initiale, la quantité d'eau évaporée est ainsi déduite.

En ce qui concerne le calcul :

**Après séchage :**

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

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

### **6.3. Détermination de la teneur en matière minérale**

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 :

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

Calcul de la matière minérale en % :

$$MM (\%) = (MM (g) / M_1 - M_2) \times 100$$

Avec :

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

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

#### 6.4. Dosage de la vitamine C

La vitamine C contenue dans un échantillon de jus d'orange est mise en présence d'une quantité de diiode (I<sub>2</sub>) connue. La diiode est le réactif en excès. Dans ces conditions la totalité de la vitamine C est oxydée (réactif limitant), puis on titre le diiode en excès restant par une solution titrante de thiosulfate (S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>).

- **Mode opératoire**

Presser une orange et filtrer le jus à travers une gaze ; Prélever V<sub>0</sub> = 5mL de ce jus et les introduire dans l'erlenmeyer ; Ajouter ensuite V<sub>1</sub> = 10mL de solution de diiode et mélanger ; REMPLIR la burette avec la solution de thiosulfate et ajuster au zéro ; Attendre environ 5 minutes ; Rajouter 4 gouttes d'empois d'amidon dans l'erlenmeyer puis procéder au titrage de l'excès de diiode par le thiosulfate. Arrêter l'ajout de thiosulfate dès que la solution se décolore. Noter alors le volume versé V<sub>2E</sub>

#### 6.5. Dosage des sucres totaux

Pour la détermination de la teneur en sucres totaux présents dans les extraits, le dosage est effectué selon les méthodes de **Dubois et al.**, (1956) ; a pour principe la formation d'un complexe de couleur jaune-orangé, dû au contact entre le complexe phénol-sulfurique avec les sucres totaux. C'est cette coloration qui est mesurée par spectrophotométrie à une longueur d'onde égale à 490 nm

- **Mode opératoire**

Dans un tube à essai vide insérer 1 ml de l'échantillon du jus d'orange analyser ; Ajouter 1ml de solution de phénol (5% p/v) ; Agiter au vortex ; Ajouter 5 ml de d'acide sulfurique concentré ; Chauffer 15min au chauffe-tube à 100°C ; Mettre à l'obscurité 30 min ; Lire l'absorbance à 490 nm ; Établir une courbe d'étalonnage avec du glucose, pour déterminer la concentration équivalente en glucose de l'échantillon étudié.

### 6.6. Dosage des protéines totales par la méthode du biuret.

De nombreuses méthodes ont été mises au point pour doser les protéines. La méthode effectuée dite du biuret ; elle tire son nom de la molécule le biuret  $\text{NH}_2\text{-CO-NH-CO-NH}_2$  (obtenu par condensation de 2 molécules d'urée  $\text{NH}_2\text{-CO-NH}_2$  avec départ d'ammoniac) qui donne une coloration violette en réagissant avec le sulfate de cuivre  $\text{CuSO}_4$  dont le maximum d'absorption est à 540 nm. Par suite de leur analogie de structure avec le Biuret, Les peptides et les protéines donnent la même réaction. Cette technique a été développée par **Gornall et al.**, (1949).

- **Mode opératoire**

#### Préparation du Réactif de Gornall

Dissoudre le sulfate de cuivre et le tartrate dans 500ml d'eau distillée ; Ajouter les 30g de NaOH ; Ajouter l'iodure de potassium et compléter à 1L avec de l'eau distillée.

#### Préparation d'une gamme étalon d'ovalbumine

A partir de la solution étalon d'ovalbumine à 10 g/L, réaliser une gamme de 5 tubes (tubes n° 1-5) contenant de 2 à 10 mg d'Albumine de Sérum Bovin par tube ; Préparer en même temps les tubes expérimentaux qui contiendront une prise d'essai de solutions inconnues d'Albumine de Sérum Bovin (tubes essai 1-5).

Tube n°	0	1	2	3	4	5	essai 1	essai 2	essai 3
<b>Solution étalon d'Albumine de Sérum Bovin à 10 g/L (ml)</b>	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	0	0	0
<b>Jus d'orange (ml)</b>	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5
<b>Eau physiologique (ml)</b>	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0	0,5	0,5	0,5
<b>Réactif du Biuret (ml)</b>	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Agiter le contenu des tubes ; Attendre 30 minutes à l'obscurité à température ambiante ; Lire les absorbances à 540 nm contre le tube témoin de la gamme : tube 0 ; Stabilité de la réaction : 30 min.

### **6.7. Dosage des polyphénols totaux**

Le dosage des polyphénols totaux a été fait selon la méthode de Folin-Ciocalteu. Ce réactif est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $H_3PMO_{12}O_{40}$ ). 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'extrait analysé (**Boizot et Charpentier, 2006**).

#### **• Mode opératoire**

La teneur des polyphénols totaux contenus dans les jus d'orange a été déterminée suivant la méthode décrite par **Miliauskas et al., (2004)**. Cette méthode consiste à mélanger un volume de 1ml d'extrait (1mg/ml) avec 5ml de Folin-Ciocalteu (2M) dilués 10 fois. Après 5 minutes d'incubation, 4ml de carbonate de sodium à concentration de 75 g/l ont été additionnés. Parallèlement, dans les mêmes conditions, un étalon a été réalisé avec des concentrations croissantes d'acide gallique (standard) allant de 0 à 100µg/ml. Après une heure d'incubation à la température ambiante, l'absorbance a été lue à 765 nm contre un blanc (eau distillée) à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible (Jenway 6715). Les teneurs en polyphénols totaux ont été exprimées en milligramme équivalent standard (acide gallique) par gramme de matière fraîche (mg EAG/g). Toutes les mesures ont été réalisées en triplicata.

### **6.8. Dosage des flavonoïdes**

La méthode du trichlorure d'aluminium  $AlCl_3$  (**Chang et al., 2002**) a été adoptée pour quantifier les flavonoïdes totaux dans les différents extraits.

#### **• Mode opératoire**

Un volume de 1 ml d' $AlCl_3$  (2 %) dans le méthanol a été mélangé à un volume égal d'extrait, puis l'ensemble a été incubé à l'ombre à la température ambiante pendant 10 minutes, et l'absorbance a été lue à 430 nm. La quantification des flavonoïdes a été faite en fonction d'une courbe d'étalonnage réalisée par un flavonoïde standard ; la Rutine. Trois lectures ont été faites par échantillon et les expressions des résultats ont été obtenues à partir de l'équivalence du standard (Rutine) par gramme de matière fraîche (mg ER/g)

**6.9. Dosage des lipides totaux (SOXHLET)**

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. Le schéma d'un appareil Soxhlet. Il est composé d'un corps en verre, dans lequel est placée une cartouche en papier-filtre épais (une matière pénétrable pour le solvant), d'un tube siphon et d'un tube de distillation. Dans le montage, l'extracteur est placé sur un ballon contenant le solvant d'extraction. Le ballon est chauffé afin de pouvoir faire bouillir son contenu. La cartouche contenant le solide à extraire est insérée dans l'extracteur, au-dessus duquel est placé un réfrigérant servant à liquéfier les vapeurs du solvant.

L'extraction continue jusqu'à l'épuisement de la matière solide chargée dans la cartouche. La séparation du solvant de l'extrait est faite à l'aide de l'appareil appelé Rotavapor. Dans cet appareil on réalise une évaporation sous vide en utilisant une pompe à vide avec une vanne de contrôle. Pendant l'évaporation le ballon est mis en rotation et plongé dans un bain liquide chauffé. L'appareil est muni d'un réfrigérant avec un ballon collecteur de condensat. La rotation du ballon crée une surface d'échange plus grande et renouvelée permettant donc d'effectuer une évaporation rapide. (AOAC, 1990)

Ou bien par d'autres méthodes, qui se font par la récupération du solvant (éther de pétrole) et l'étuvage des ballons

**• Mode opératoire**

Placement d'un échantillon de 10 g d'orange dans une cartouche après avoir pesé les ballons, puis mettre 350 ml d'éther de pétrole dans chaque ballon avec la vésciation d'installation d'eau et ensuite lancer l'opération, le temps d'extraction est environ de 4h.

A la fin de l'extraction, on enlève les cartouches et nous avons récupéré le solvant brut, puis nous avons pesé à nouveau les ballons, et calculé le pourcentage de la matière grasse extraite selon la formule suivante :

$$\text{Lipides totaux (\%)} = \frac{P1 - P0}{10} \times 100.$$

P1 : ballon + extrait



### **6.10. Détermination de l'activité antioxydante par la méthode DPPH**

La méthode de piégeage du radical de 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazine (DPPH) a été décrite pour la première fois par **Blois** (1958).

A température ambiante, le radical DPPH présente, en solution alcoolique, une intense coloration violette qui disparaît au contact d'une substance donneuse de protons. Cette décoloration met en évidence le pouvoir antioxydant d'un échantillon par sa capacité à piéger le radical libre et se traduit par une diminution de l'absorbance à 517 nm (**Moon & Shibamoto**, 2009).

#### **• Mode opératoire**

On prend 25µL de jus de chaque qu'on met dans un tube Eppendorf et on additionne 975 µl de la solution de DPPH . Le mélange réactionnel est immédiatement agité avant d'être placé pendant 60 min à l'obscurité et à la température ambiante du laboratoire. L'absorbance du milieu réactionnel a été mesuré à 517 nm en utilisant un spectrophotomètre contre un control négatif (contenant de l'éthanol au lieu de jus). Chaque test est répété trois fois.

Le pourcentage d'inhibition du radical de DPPH a été calculé suivant la formule :

$$PI = [(A0 - A1) / A0] \times 100$$

Avec :

PI : pourcentage d'inhibition.

A0 : absorbance du control (sans échantillon)

A1 : absorbance de l'échantillon après 60 min

### **6.11. Détermination de l'indice TBARS**

Les produits secondaires de l'oxydation des lipides les plus couramment dosés sont les aldéhydes. L'acide thiobarbiturique (TBA) réagit avec le malonaldéhyde (MDA) pour former un complexe de couleur rose et/ou jaune possédant un maximum d'absorption à une longueur d'onde de 532 nm. Il réagit également avec d'autres aldéhydes résultants de l'oxydation des AGPI (l'acide gras polyinsaturé) à longue chaîne. La concentration des substances réactives au

TBA (sr- TBA), exprimée en équivalent MDA est évaluée par la lecture de l'absorbance au spectrophotomètre visible des sr-TBA extraite des échantillons par l'acide trichloracétique (TCA) (**Genot ; 1996**).

#### • Mode opératoire

Un échantillon de jus d'orange de 2ml est placé dans un tube de 25ml contenant 16ml d'acide trichloracétique (TCA) a 5% (p/v) et éventuellement 100µl d'acide ascorbique (Vitamine C). Le mélange est homogénéisé 3 fois pendant 15 secondes at l'aide d'un homogénéisateur (Ultra-Turrax) 21 une vitesse d'environ 20000tpm . Puis de ce filtrat 2 ml sont additionnés at 2ml d'acide thiobarbiturique (TBA).

Les tubes fermés sont plongés dans un bain-marie a 70°C pendant 30 minutes et placés dans un bain d'eau froide. La dernière étape consiste à lire at l'aide d'un spectrophotomètre L'absorbance du mélange réactionnel à 532nm et les résultats sont exprimés en mg équivalent MDA (malonaldéhyde)/kg. La coloration reste stable pendant 1 heure.

Les résultats dégagés au cours de ces expériences sont obtenus par la formule suivante :

$$\text{Mg équivalent MDA/ kg} = (0,72 / 1,56) \times (A_{532} \text{ cor X v solvant} \times V_f) / \text{PE}$$

Avec : A<sub>532</sub> cor : l'absorbance.

V solvant : volume de solution de dilution TCA en ml.

PE : prise d'essai en ml.

V<sub>f</sub> : volume du filtrat prélevé.

0,72 / 1,56 : correspond à la prise en compte du coefficient d'extinction moléculaire du complexe TBA-MDA à la valeur de : 1,56.10<sup>-5</sup> M<sup>-1</sup>.cm<sup>-1</sup> (**Buedge et al., 1978**) et au poids moléculaire du MDA d'une valeur de 72g. mo<sup>l-1</sup>.

#### **7.Analyses microbiologiques du jus d'orange**

La qualité microbiologique présente un double aspect, la qualité hygiénique qui caractérise les risques pour la santé du consommateur et la qualité commerciale qui détermine l'existence ou le risque d'altération. Cette qualité est évaluée par la recherche et le dénombrement de différents germes qui peuvent se développer dans le jus d'orange.

### **7.1. Préparation des dilutions**

Le jus d'orange étant un produit liquide dont il sera considéré comme solution mère (SM=1) Introduire aseptiquement à l'aide d'une pipette stérile 1ml de la solution mère dans un tube stérile contenant au préalable un diluant TSE, on obtient donc la dilution 10<sup>-1</sup> ; A l'aide d'une pipette stérile introduire 1ml de la dilution (10<sup>-1</sup>) obtenue dans un tube stérile contenant au préalable 9ml du diluant TSE, on obtient la dilution 10<sup>-2</sup> et de la même façon préparer les dilutions (10<sup>-3</sup>).

### **7.2. Recherche et dénombrement de germes aérobies mésophiles totaux (GAMT)**

Le dénombrement des GAMT se fait sur gélose typtone glucose à l'extrait de levure agar (TGEA) à deux températures différentes afin de cibler à la fois les germes à tendance psychrophile (+22°C) et ceux à tendance mésophile (+37°C) (**Joffin**, 2000).

#### **Mode opératoire**

Mettre une boîte de pétri témoin contenant la gélose TGEA ; A partir des dilutions décimales allant de 10<sup>-3</sup> à 10<sup>-1</sup>, porter aseptiquement à l'aide d'une pipette Pasteur 1ml dans une boîte de Pétri vide préparée à cet usage et numérotée ; Compléter ensuite avec 20ml de gélose TGEA fondue puis refroidie à +45°C ; Homogénéiser le mélange par des mouvements circulaires et en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose ; Laisser solidifier sur paillasse ; Incuber les boîtes couvercles en bas à +30°C pendant 72h (**JORA**, 1998).

#### **Lecture**

Les colonies de GAMT se présentent sous forme lenticulaire en masse ; La lecture se fait chaque 24h.

#### **Dénombrement**

- Le dénombrement est effectué pour les boites dont le nombre de colonies varie entre 15 et 300 colonies.
- Multiplier toujours le nombre trouvé par l'inverse de sa dilution.
- Faire ensuite la moyenne arithmétique des colonies entre les différentes dilutions.

### **7.3. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux**

Le dénombrement des coliformes est effectué dans le milieu gélose lactosé bilié au cristal violet et au rouge neutre (VRBL) (**ISO 4832**, 2006).

#### **Mode opératoire**

Mettre une boîte de pétri témoin contenant la gélose VRBL ; A partir des dilutions décimales allant de 10<sup>-3</sup> à 10<sup>-1</sup>, porter aseptiquement 2 fois 1ml dans deux boîtes de Pétri vides préparés à cet usage et numérotées ; Compléter ensuite chaque boîte avec 20ml de la gélose VRBL, fondue puis refroidie à +45°C ; Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de bien se mélanger à la gélose utilisée ; Une série de boîtes est incubée à +37°C, pendant 24 à 48 h et servira à la recherche des Coliformes Totaux ; l'autre série est incubée à +44 °C pendant 24 à 48 h et servira à la recherche des Coliformes Fécaux

### **Lecture**

Que ce soit à +37 ou à +44°C, les premières lectures se feront au bout de 24h et consistent à repérer les petites colonies rouges ayant poussé en masse fluorescentes, ce qui signifie que la lecture doit se faire dans une chambre noire et sous une lampe à UV. Les autres colonies non fluorescentes ne sont pas des coliformes totaux.

### **Dénombrement**

Il s'agit de compter toutes les colonies ayant poussé sur les boîtes en tenant compte des facteurs de dilutions ;

- Les colonies apparaissent violettes de 0.5 à 1mm de diamètre entouré d'un halo de précipité des sels biliaires ;
- Ne dénombrer que les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies ;
- Multiplier toujours le nombre trouvé par l'inverse de sa dilution ;
- Faire ensuite la moyenne arithmétique des colonies entre les différentes dilutions ;

### **7.4. Recherche et dénombrement des levures et moisissures**

Le milieu gélose Sabouraud au chloramphénicol est utilisé pour la croissance des levures et moisissures. Elle est favorisée par les substances nutritives apportées par l'extrait de levure et le glucose utilisé comme source énergétique.

Le chloramphénicol est un antibiotique antibactérien à large spectre (**Dellaras**, 2007).

### **Mode opératoire**

Mettre une boîte de pétri témoin contenant la gélose Sabouraud au chloramphénicol ; A partir des dilutions décimales, 10<sup>-3</sup> à 10<sup>-1</sup>, porter aseptiquement 1 ml dans des boîtes de Pétri vides et stériles ; Couler environ 20ml de milieu, fondue puis refroidie à +45°C ; Homogénéiser parfaitement par des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » ; Laisser solidifier sur paillasse ; Incuber à +22°C pendant 5 jours (**JORA**, 1998).

### **Lecture**

Dénombrer les colonies de levures et de moisissures dans les boîtes contenant 15 et 300 colonies ; Multiplier le nombre trouvé par l'inverse de la dilution correspondante ; Faire ensuite la moyenne arithmétique, puis exprimer le résultat final en UFC par ml ou par gr de produit à analyser.

### **7.5. Recherche et identification des salmonelles**

La recherche de salmonelle dans les denrées alimentaires se fait par trois étapes : un pré-enrichissement sur Eau Peptonée Tamponnée (EPT), un enrichissement sélectif sur le bouillon au sélénite de sodium et à la cystéine (SFB) et en fin un isolement sélectif sur le milieu Hektoen.

#### **Mode opératoire**

##### **Pré-enrichissement**

Prélever 25 ml du jus dans un flacon stérile contenant 225ml d'EPT ; Homogénéiser puis incuber à +37°C pendant 18 à 24 heures.

##### **Enrichissement**

Porter 10 ml du pré-enrichissement sur bouillon SFB S/C ; Porter 100 ml du pré-enrichissement sur bouillon SFB D/C ; Incuber les deux flacons à +37°C pendant 18 à 24 heures (**JORA**, 1998).

##### **Lecture**

Les tubes considérés comme positifs sont ceux qui présentent un virage de la couleur jaune au rouge brique et feront l'objet d'un isolement sur gélose Hektoen plus l'additif Hektoen.

##### **Isolement**

Un ensemencement en surface et en strie pour l'isolement sur gélose Hektoen préalablement coulé en boîte, les retourner puis les incuber à 37°C pendant 24 heures.

##### **Lecture**

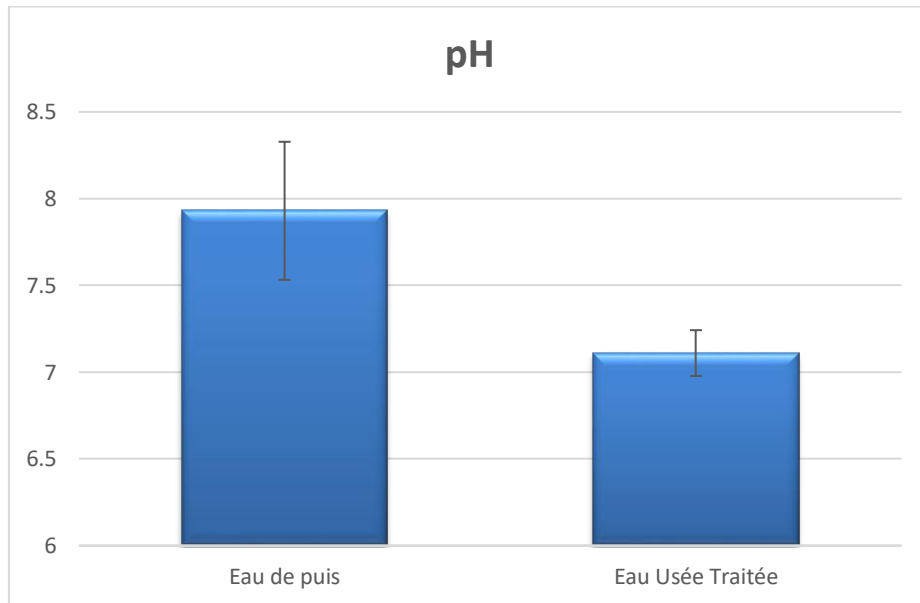
Les salmonelles se présentent sous formes de colonies de 2 à 4 mm de diamètre et de couleur bleu verdâtre à centre noir (H<sub>2</sub>S+).

# *Résultats et discussion*

## 1. Analyses physico-chimiques de l'eau

### 1.1. Détermination du pH de l'eau

Le pH c'est un des paramètres les plus importants pour évaluer la qualité de l'eau. Il doit être étroitement surveillé au cours de toute opération de traitement (**Rodier, 2009**)

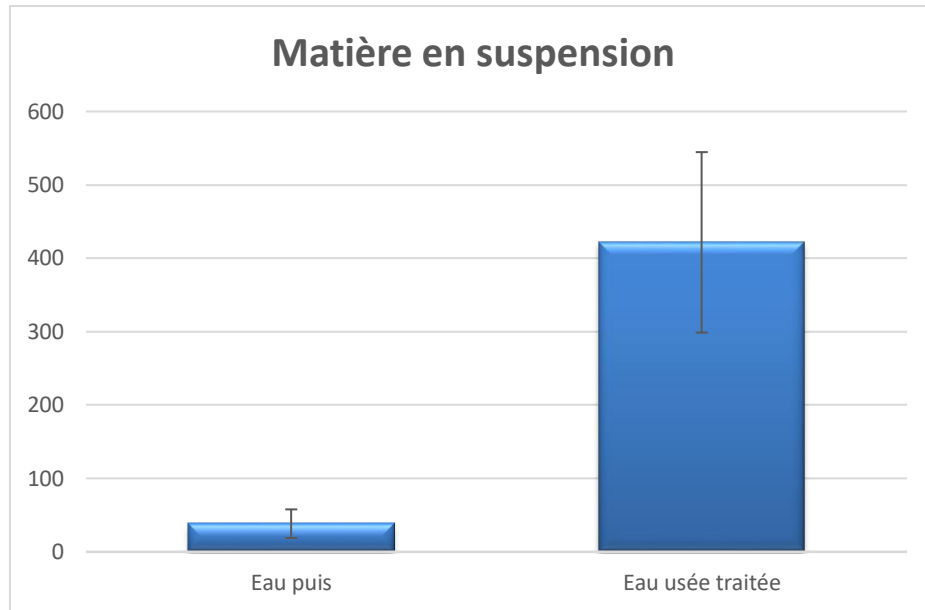


**Figure 06** : variation du pH

Les résultats montrent des valeurs de pH variant entre 7,93 et 7,11 pour les eaux usées traitées, les valeurs moyennes sont parfaitement en accord avec les normes Algériennes des rejets vers la nature et pour des usages agricoles 6.5 à 8.5 (**journal officiel, 2012**).

### 1.2. Matière en suspension (Mes)

La représentation graphique des résultats obtenus de la matière en suspension des eaux usées traitées.



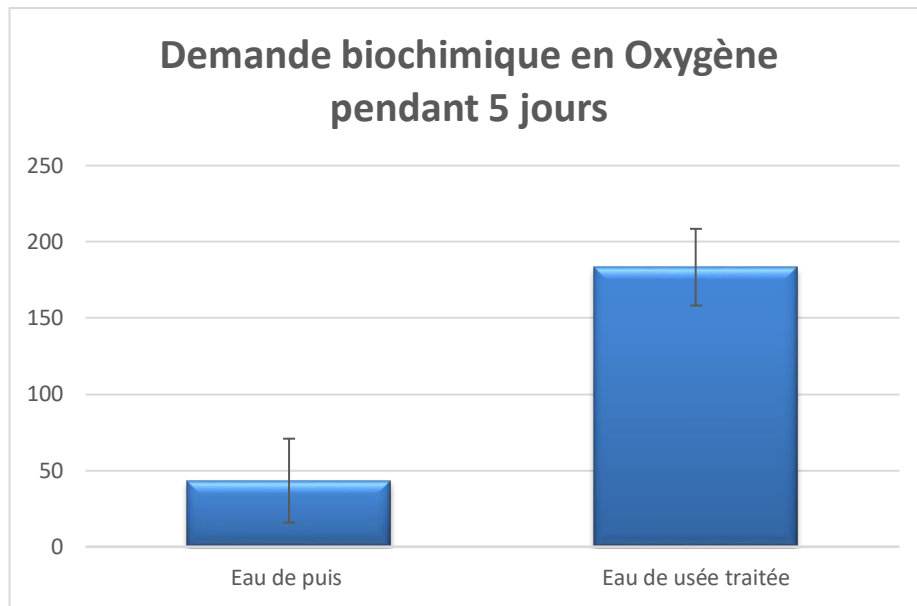
**Figure 07:** variation de MES des EUT

La valeur limite des MES fixées sur l'eau de l'irrigation est de 30 mg/l (JORAD, 2012). Selon les résultats obtenus, les eaux usées traitées étaient très chargées en matières en suspension estimées à (421,66 mg/L), alors que la concentration en matières en suspension dans l'eau de puit était de 38,33 mg/L. Toutefois, elle reste loin de la norme (30mg/L).

### 1.3.Demande biochimique en oxygènes DBO5

Les résultats obtenus à partir du traitement des eaux usées DBO5 dans la figure suivante contiennent à 183,33 mg O2/L et contiennent dans l'eau Puits une DBO5 de 43,33 mg O2/L.



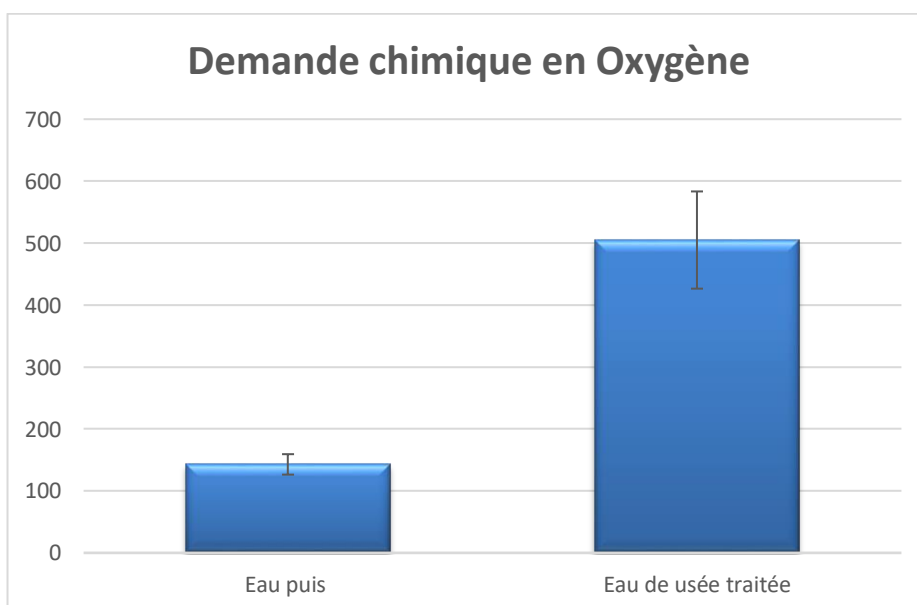


**Figure 08** : variation de DBO5 de EUT de station Bouguirat.

Selon le **JORAD**, (2012) la valeur limite pour l'utilisation de EUT en irrigation est 30 mg/l, concernant les normes des rejets vers le milieu naturel sont différentes. Donc cette eau traitée ne peut pas être réutilisée pour l'irrigation.

#### 1.4. Demande chimique en oxygènes DCO

La DCO permet d'évaluer la concentration en matières organiques ou minérales.



**Figure 9** : variation de DCO de EUT de station Bouguirat.

Les valeurs obtenues sont de 504,93 mg/L pour les eaux usées et 142,8 mg/L pour les eaux de puits. Cette augmentation est due à la pollution de l'eau, donc le traitement est inefficace. Cette eau traitée pose un problème pour les milieux de réception et sa réutilisation en irrigation d'agriculture, car elle ne respecte pas la norme de réutilisation en irrigation de 90 mg/L (JORAD, 2012).

### 1.5. Métaux lourds

Plusieurs métaux lourds peuvent être présents dans les eaux usées traitées utilisées en irrigation. Dans notre étude on se limite à la détermination de trois éléments présents dans EUT de la Bouguirat à savoir Cd, Cu et Zn

**Tableau 06** : concentrations des métaux lourds (Cd, Cu, Zn) dans eaux usées traitées et limites fixées par **Journal officiel (2012)**

<b>Métaux lourds</b>	<b>Concentration dans EUT (mg/l)</b>	<b>Limites recommandées des EUT destinées à l'irrigation (mg/l)</b>
<b>Cd</b>	0,176	0.05
<b>Cu</b>	1,466	5
<b>Zn</b>	3,306	10

En effet, certains éléments traces (le zinc, le cuivre) sont reconnus nécessaires au développement des végétaux en très faibles quantités (Faby et Brissaud, 1997). L'irrigation à partir d'eaux usées va apporter ces éléments, mais aussi d'autres oligo-éléments non indispensables aux plantes et les fruits, tels que cadmium.

D'après les résultats obtenus, il a été constaté que la teneur en Cadmium obtenue pour l'EUT est supérieure à la norme (0.176mg/l), qui est la valeur maximale autorisée pour une utilisation dans l'eau d'irrigation, la teneur en Cadmium est supérieure à la valeur autorisée par le journal officiel (2012) pour l'Agriculture (0,05 mg/L), la concentration en zinc est généralement inférieure à 10 mg/L pour l'échantillon étudié, et la teneur en zinc (3,306) que dans le cuivre (1,466) dans cet échantillon est plus élevée supérieure à la valeur déterminée par le **(journal officiel, 2012)** lors de ces travaux et ainsi ne respectent pas les normes exigées pour la réutilisation en agriculture (pour l'irrigation)

## 2. Analyses microbiologiques de l'eau

L'utilisation des eaux usées pour l'irrigation peut être à l'origine de la contamination des fruits, des agriculteurs ou des consommateurs (**Derwich et al.**, 2008 ; **Mara et al.**, 1991) pour évaluer ce risque, nous avons recherché dans l'EUT de la Station de Bouguirat

- Les coliformes fécaux, Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau au-dessous :

**Tableau 07.** Résultats de l'évaluation microbiologique de l'eau

Les microorganismes	Eau de puits	Eau usée traitée
Coliformes fécaux (100ml)	30	1100
Salmonelle	Abs	abs

Les coliformes fécaux, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44,5°C (Elmund et al., 1999; Santé Canada, 1991; Edberg et al., 2000). Ce sont des coliformes d'origine fécale, parmi ces bactéries on trouve l'*E.Coli*, entérobactérie rencontrée habituellement dans les matières fécales humaines ou animales, en cas d'apparition de ces germes dans l'eau, il peut s'agir d'une contamination fécale, Dans ces résultats, il ressort que, l'EUT est contaminé par les coliformes fécaux. Les colonies sont indénombrables (plus que 1000 colonies), et dans le cas de l'EP (30UFC) des coliformes fécaux, concernant salmonella dans les deux cas absente.

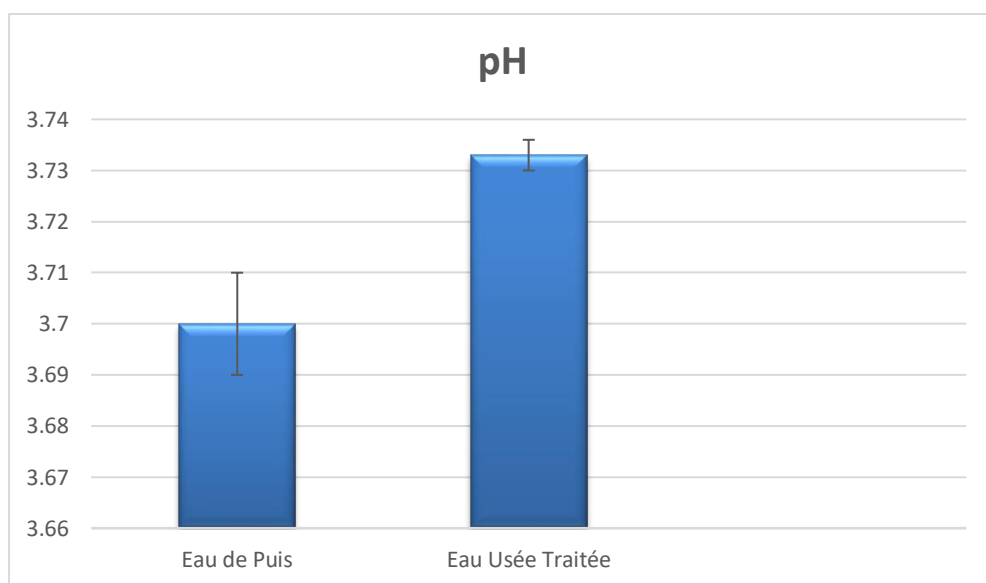
Selon **JORDAN 2012**, les résultats de l'analyse d'EUT pour ces paramètres restent toujours supérieurs aux valeurs fixées par la norme Algérienne. La présence des coliformes fécaux dans ces eaux indique une pollution d'origine fécale (**Rodier**,2009)

### 3. Analyse physico-chimiques du jus d'orange

#### 3.1. Détermination du pH du jus

Les agrumes sont classés comme des fruits acides, car leur matière soluble est essentiellement constituée de sucres et d'acides organiques dont les acides citriques, maliques, oxaliques, tartriques, galacturoniques, quiniques, etc (Karadeniz, 2004).

Les résultats du pH de nos échantillons étudiés sont illustrés dans la figure 09



**Figure 10.** Valeurs du pH des jus d'orange étudiés.

D'après les résultats, nous constatons que les valeurs du pH des jus issus d'oranges irrigués par l'eau de puit sont comparables à celles des jus issus d'orange irrigués par Eau Usée Traitée (3.7 vs 3,73) respectivement.

Nos résultats sont proches de ceux cités par **Ndife et al.**, (2013) qui ont trouvé des valeurs de pH, des différents types de jus d'orange étudiés, situées entre 3.23 et 4.08. On pourra dire que nos jus peuvent être conservés sans risque de contamination par des bactéries pathogènes qui sont inhibées à des valeurs de pH de 3 à 4 (**Hatcher et al.**, 1992; **Jay**, 2000).

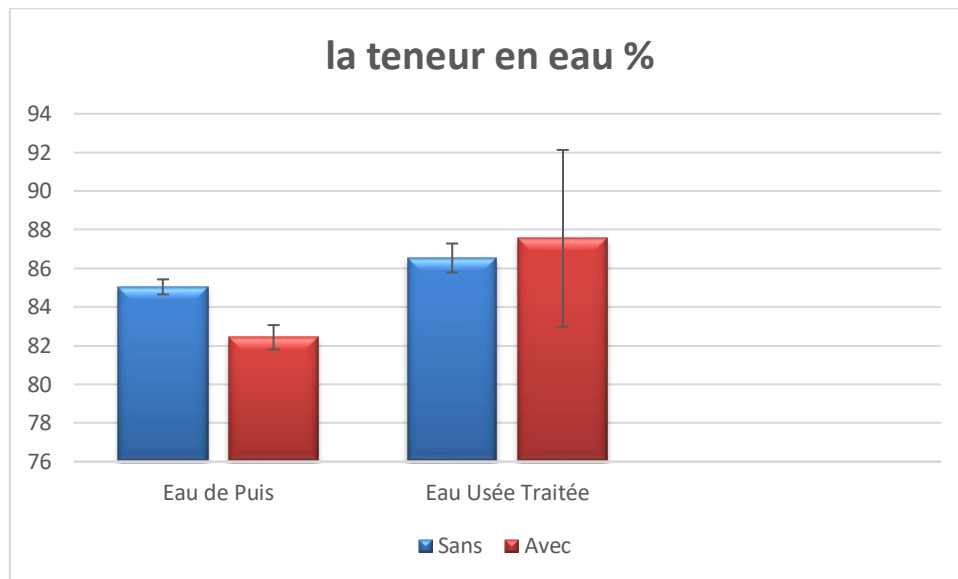
#### 3.2. Détermination de l'humidité

L'eau est le constituant majeur de la plupart des aliments bien qu'elle n'apporte aucune valeur énergétique aux aliments, son existence joue un rôle très important car

elle influence la structure, l'apparence, le goût des aliments et leur susceptibilité à la dégradation (Pearson, 1976).

La détermination du contenu en eau est avant tout l'analyse générale la plus fréquente sur les denrées alimentaires (Isengard, 2001).

Les taux d'humidité des différents échantillons du jus d'orange après l'étape de séchage sont illustrés dans la figure 10.



**Figure11:** Taux l'humidité d'orange après le séchage.

D'après résultats obtenus dans figure 10, l'orange sans et avec d'écorce irrigués par Eau de Puit ont une teneur en eau (85,04 %,82,43%, respectivement) légèrement différentes sur l'orange sans et avec d'écorce irrigués par Eau Usée Traitée (86,53 %, 87,56 %, respectivement).

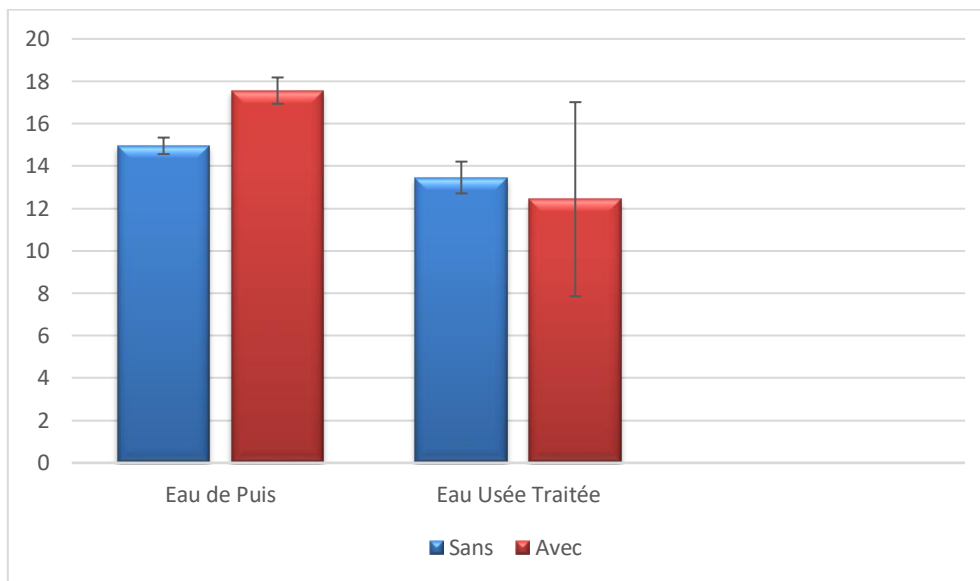
La teneur en humidité d'orange après séchage est de l'ordre de 80%, selon l'étude menée par **Erbay et Icier** (2009). Cela confirme nos résultats avec des valeurs similaires à celles-ci. On constate également une diminution considérable de la teneur en eau après séchage, si on compare nos résultats avec ceux obtenus par **Osfor et al.**, (2013), qui ont démontré que la teneur en humidité d'orange frais était de 82,6%.

Selon **Lahmari et al.**, (2012), 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. La durée de séchage n'est pas la même pour les quatre températures, le temps de séchage est

plus court avec l'augmentation des températures. La température à 40°C ne favorise pas un déplacement suffisant de la vapeur d'eau à partir de l'aliment pour atteindre le taux d'humidité souhaité (Correia *et al.*, 2015).

### 3.3. Détermination de la Matière sèche

Une faible teneur en eau explique une teneur élevée en matière sèche (Benhamed, 2007), cette corrélation négative se manifeste dans les échantillons, comme le démontre la figure 11.



**Figure 12.** Teneur en matière sèche (en %) des deux échantillons de l'orange après séchage.

D'après ces résultats, nous constatons que les teneurs sont très proches avec une teneur légèrement élevée pour l'orange sans et avec d'écorce irrigués par Eau de Puit séchée (14,95%, 17,56 %, respectivement), et l'orange sans et avec d'écorce irrigués par Eau Usée Traitée présente une teneur de (13,46 % , 12,43, respectivement ).

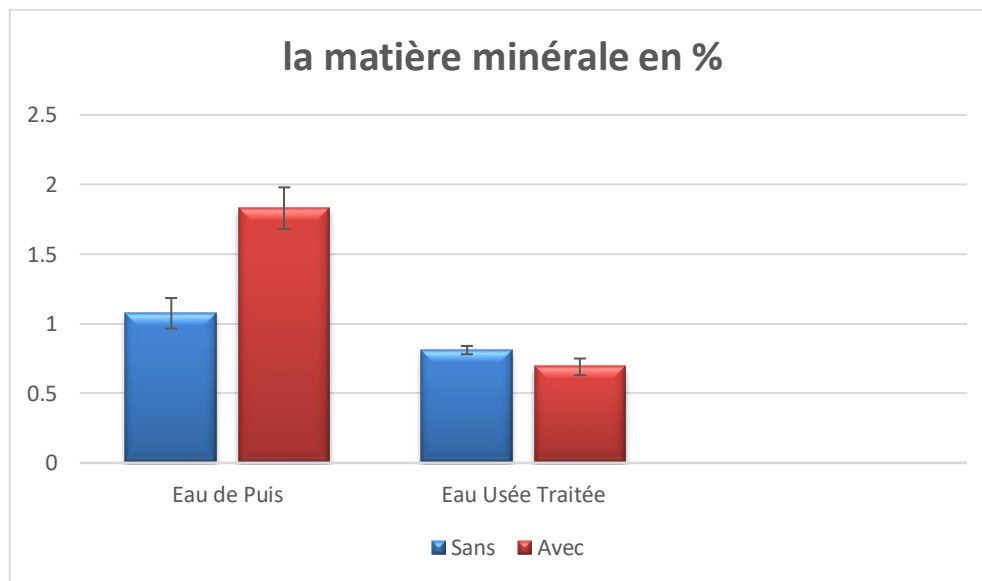
Ces taux dépendent de l'efficacité de séchage, ils se situent dans l'intervalle trouvé par Martin *et al.*, (2010), qui est entre 13.05% et 15% pour de quelques agrumes et tomates séchés. Des résultats qui concordent avec les notre.

L'échantillon d'orange perd son humidité pendant le séchage ce qui entraîne par conséquent une augmentation de la concentration des protéines et d'autres nutriments par unité de poids que dans leurs homologues fraîches. Ce qui explique l'augmentation du pourcentage des solides totaux dans la composition de nos échantillons.

### 3.4. Détermination du la Teneur en Matière Minérale

Les cendres sont des résidus inorganiques d'un produit après que la matière organique a été enlevée en la brûlant à des températures très élevées. Les cendres peuvent contenir une variété de composés inorganiques, y compris Sodium (Na), Potassium (K), calcium (Ca)...etc (Boudraa, 2017).

La détermination du contenu en cendres peut être importante pour plusieurs raisons. Il fait partie de l'analyse proximale pour l'évaluation nutritionnelle.



**Figure13.** Teneurs encendres d'orange après séchage.

Les résultats illustrés sur la figure 12 montrent que les teneurs en cendres dans les oranges irrigués par l'eau de Puit avec écorces sont significativement plus importantes par rapport à celles sans écorces (1,83 % vs 1,07%) respectivement,

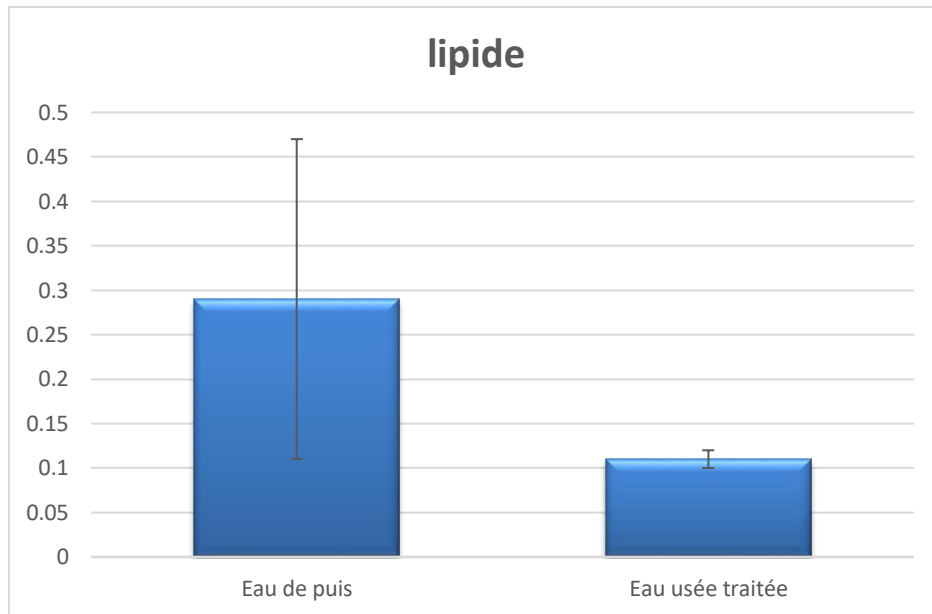
Les résultats obtenus sont similaires à ceux obtenus par **Osfor et al.**, (2013), qui ont trouvé une teneur en cendre d'orange en poids sec de 2.3%. Ces résultats sont comparables aussi à ceux de **Dhiman et al.**, (2011), qui ont démontré que la teneur en cendres du fruit de *C. sinensis* (orange sucrée) étudiée était de 1,91 g.

### 3.5. Teneur en lipide

L'étude de la composition de l'écorce de quelques variétés d'orange (Valencia, California et valencia Florida) en matières lipidiques révéla la présence de phytostérols (sitostérol) et des

acides gras dont l'acide linoléique, l'acide oléique, l'acide linoléique, l'acide palmitique et l'acide stéarique (Velduis, 1971)

La figure ci-dessous illustre les résultats obtenus de la teneur en lipide



**Figure 14.** Teneur en lipide (en g) du jus d'orange

On peut observer une différence significative ( $p < 0.05$ ) entre la teneur en lipide du jus d'orange, qui est de l'ordre de 0,29g/100g de l'orange irrigués par Eau de Puit, et 0,11g/100g l'orange irrigue par Eau Usée Traitée, Le rapport de différence est estimé a 62,06% . Cette valeur est beaucoup faible par rapport à celles des autres.

Les lipides provenant de l'endocarpe des oranges, c'est à dire, non originaires du flavedo, se retrouvent dans le jus à très faible concentration. Par exemple, dans 100 g de jus ayant 80 à 100 mg de lipides totaux, 4 à 6 mg proviennent de l'endocarpe (Nagy et Shaw, 1990). Cela indique qu'au moins, 90% des huiles du jus proviennent du flavedo des oranges. La matière lipidique du jus est composée surtout d'acides gras : acide linoléique (27.8 à 35.2%), acide oléique (24.1 à 26.7%), acide palmitique (21.2 à 23.3%), on retrouve aussi de faibles proportions d'acides palmitoléique et linoléique (Rangana *et al.*, 1983 ; Arena *et al.*, 1998). Les lipides jouent un rôle essentiel dans la flaveur du jus d'orange non fait à base de concentré, car ils constituent le milieu où sont solubilisés la majorité des composés volatils.

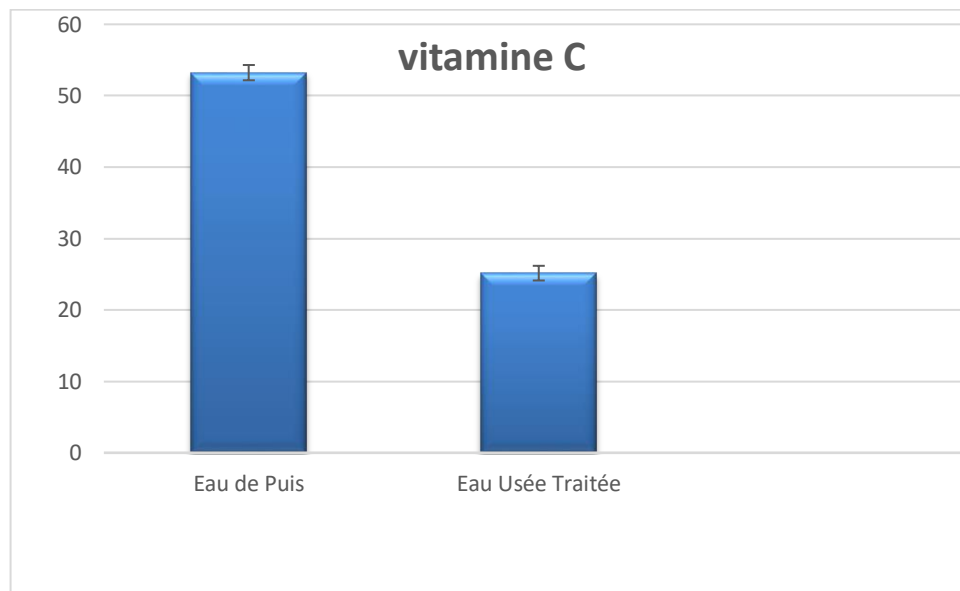


### 3.6. Teneur en Vitamine C

La vitamine C, y compris l'acide ascorbique et l'acide déhydroascorbique, est l'un des plus importants facteurs de qualité nutritionnelle. C'est une vitamine hydrosoluble fournie par les fruits et légumes. Elle est impliquée dans un grand nombre de réactions biologiques dans notre organisme (**Lee et Kader, 2000**).

Un de ses rôles importants, est son effet antioxydant qui protège les cellules contre les dommages infligés par les radicaux libres (cancers, maladies cardiaques, etc.) (**Leahu et al., 2013**).

Les résultats de la teneur en vitamine C des jus d'orange sont illustrés dans la figure 14 .



**Figure 15.** Teneurs en vitamine C (en mg/ml) dans les jus d'orange

On peut observer une différence significative ( $p < 0.05$ ) entre la teneur en vitamine C du jus d'orange, qui est de l'ordre de 53,23 mg/ml de l'orange irrigués par Eau de Puit, et 25,15 mg/ml l'orange irrigue par Eau Usée Traitée, Le rapport de différence est estimé a 52.25%. Cette valeur est beaucoup faible par rapport à celles des autres.

Les études menées par **Primo (1982)**, **Hendrix & Redd (1995)** et **Lee & Coates (1999)** révèlent des valeurs de vitamine C allant de 25 à 80 mg/100 ml pour les jus d'orange.

La variabilité des teneurs en acide ascorbique des oranges et de leurs dérivés 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**). D'autres facteurs peuvent

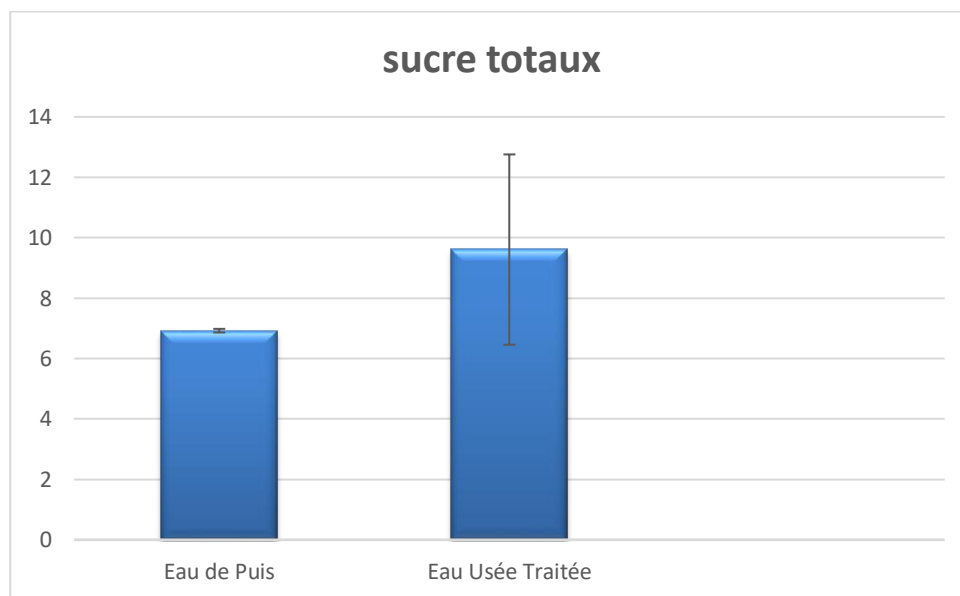
également être impliqués, notamment la sensibilité de l'acide ascorbique à l'air et en milieu aqueux (Lee Et Kader, 2000 ; Silva, 2005).

### 3.7. Teneur en sucre totaux

Les sucres totaux (réducteurs et non réducteurs) déterminent dans une large mesure la douceur des jus d'orange (Anvoth *et al.*, 2009 ; Adeola et Aworh, 2010).

Trois sucres simples qui sont le saccharose, le glucose et le fructose sont responsables de la principale partie des glucides dans les agrumes. Il est également souligné que ces sucres forment environ 80% des solides totaux dans le jus d'orange. (Kelebek, 2009).

Les résultats de la teneur en sucres obtenus pour nos échantillons sont mentionnés dans la figure 15.



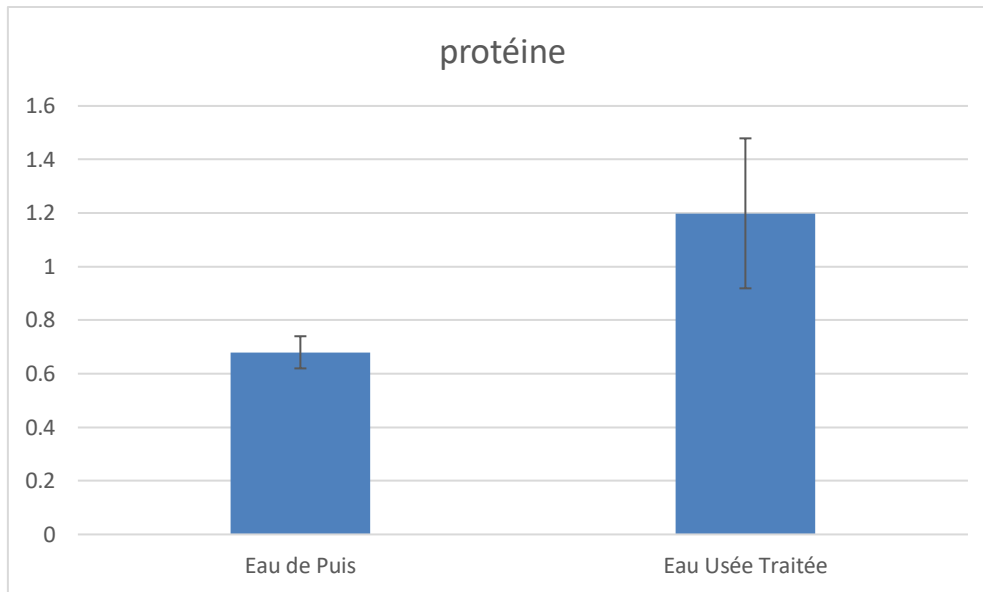
**Figure 16.** Teneur en sucre totaux (en g) dans les jus d'orange

On peut observer une différence significative entre la teneur en sucre totaux du jus d'orange, qui est de l'ordre 9,60 g d'orange irrigue par Eau Usée Traitée . Cette valeur est beaucoup élevée par rapport à celles de l'orange irrigués par Eau de Puit qui sont de 6,92 g.

Ces valeurs sont Faible par rapport la gamme de 9,15 à 14,25 g rapportée par Ndife *et al.* (2013).

### 3.8. Teneur en protéine

La teneur en protéine est déterminée par la méthode du Biuret (1949). C'est une méthode simple à mettre en œuvre, fiable et reproductible.



**Figure 17.** Teneur en protéine (en %) du jus d'orange

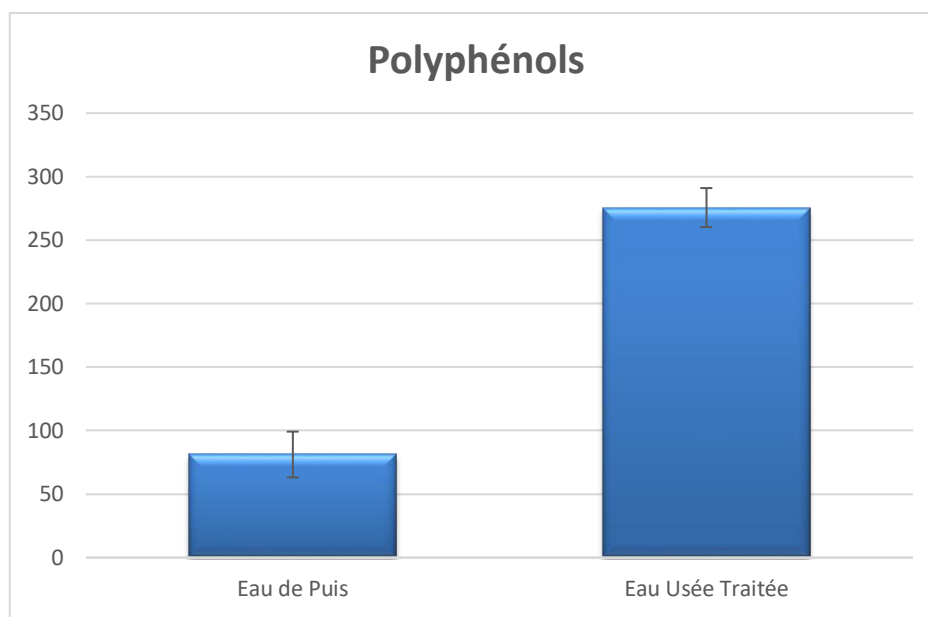
Les résultats indiquent des niveaux très faibles en protéines. Il est évidemment connu que l'orange irrigués par l'eau de puit est pauvre en ces protéines. Le taux de protéines enregistré dans le jus d'orange irrigués par l'eau de Puit (0,68%) est inférieur à celui des jus d'orange irrigué par l'eau usée traitée 1,19%, Le rapport de différence est estimé à 42,85%. Ces valeurs sont proches à celle obtenues par **Chaudhary et Verma** (2011) avec 1,97%.

La variation a été expliquée par **Abbas Ali et al** (2008). Pourrait être due à la modification génétique, aux facteurs de production, aux conditions climatiques, au stade de maturité, à la manipulation et au stockage.

### 3.9. Teneur en Polyphénols

Les composés phénoliques sont largement distribués dans les agrumes. Ils contribuent aux qualités nutritionnelles et sensorielles des fruits et légumes ; ils sont responsables de leurs couleur, flaveur et goût. Les polyphénols contenant dans l'alimentation attirent une grande attention à cause de leur fonction anti-oxydante et leur impact sur la santé (**Loots et al ;** 2006).

La figure 17 ci-dessous illustre les résultats obtenus de la teneur en polyphénols totaux.



**Figure 18.** Teneurs en polyphénols totaux (en mg EAG/ml) dans les jus d'orange

Les teneurs moyenne en composés phénoliques totaux des jus analysés sont significativement différentes ( $p < 0,05$ ) ; elles varient de 81,2 mg EAG/100ml pour le jus d'orange irrigués par Eau de Puit et 275,64 mg EAG/100ml celui des jus d'orange irrigue par Eau Usée Traitée , Le rapport de différence est estimé à 70,54%. Les teneurs en polyphénols totaux des échantillons étudiés sont supérieures a celles rapportées par (Tounsi et al. 2010) pour le jus d'agrumes (78,46 oranges), (**Gardner et al.** 2000)et (**Velazquez-estrada et al.** 2013)pour le jus d'orange (75,5 et 77,10 mg/100 mL de jus, respectivement).

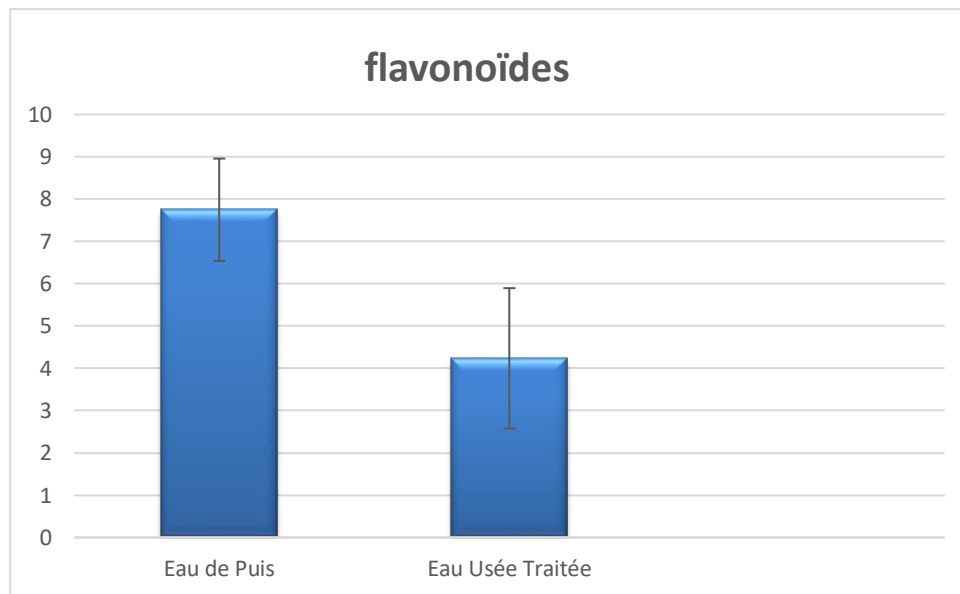
Les différences observées entre nos résultats et ceux de la littérature peuvent être expliqué selon (**Li et al.**,2006) à la méthode d'extraction, le degré de maturation des fruits et les conditions de l'environnement, en plus de réactif adopté pour le dosage. Par ailleurs, Les composés phénoliques subissent une réaction redox complexe avec le réactif de FolinCiocalteu, Cependant, il devrait être noté également que quelques groupes chimiques comme les acides ascorbiques, acides organiques, sucres, les amines aromatiques peuvent réagir aussi avec ce réactif causant ainsi une sur estimation des polyphénols (**Ghafar et al.**, 2010).

Selon **Al-anbari et Hasan**, (2015), la teneur en polyphénols est également influencée par le tissu analysé et l'origine géographique de la plante.

### 3.10. Teneur en Flavonoïdes

Les flavonoïdes représentent une grande classe des composants polyphénoliques présent chez les végétaux ayant des effets bénéfiques sur la santé (ERDMAN et al., 2007).

Les résultats de la teneur en Flavonoïdes obtenus pour nos échantillons sont mentionnés dans la figure 18



**Figure 19.** Teneurs en Flavonoïdes (en mg EQ/ml) dans les jus d'orange

Les teneurs moyennes en flavonoïdes totaux des jus d'orange sont significativement différentes ( $p < 0,05$ ) ; Les résultats du dosage en flavonoïdes exprimés en mg EQ/ml d'extrait de jus orange irrigués par Eau de Puit et par Eau Usée Traitée sont les suivantes ; 7,74 mg EQ/ml et 4,23, Le rapport de différence est estimé à 45,34 %.

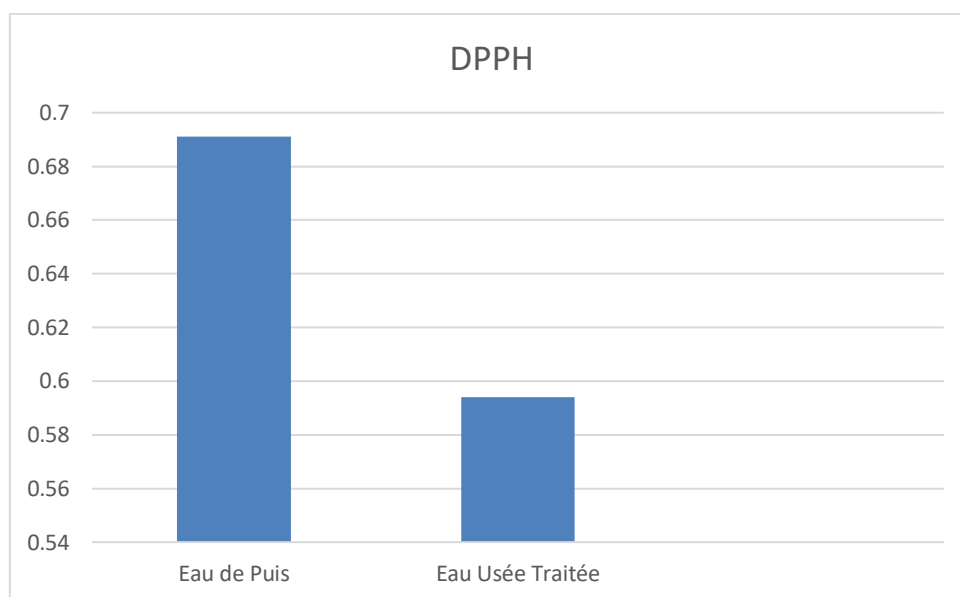
Ses résultats corroborent ou légèrement différent avec ceux trouvés par un certain nombre d'auteurs ; en citant ; **Khaled Khodja** (2008) dans l'étude de l'activité anti-oxydant des jus et pulpes de quelques variétés d'orange de la région de Bejaïa révèle des teneurs comprises entre 6,2 et 29,8 mg/100ml. **Tounsi et al.**, (2010) ont noté que la teneur en flavonoïdes dans les jus d'agrumes ; la mandarine, le citron, l'orange amère et l'orange sanguine sont respectivement de 8,53; 8,2; 6,78 et 3,47 mg /100g ;

La teneur en flavonoïdes des oranges est fonction de leur origine génétique, de la période de récolte et des différentes parties du fruit analysées (**Vanamala et al.**, 2006 ; **Lu et al.**, 2006). Selon **Melo et al.**, (2006) **Xu et al.**, (2008), la diversité des teneurs en flavonoïdes peut être

due aux conditions environnementales (la lumière, climat, saison, et le soleil), le degré de maturation ainsi que la méthode analytique.

### 3.11. Activité anti-radicalaire (DPPH)

La mesure de l'activité anti-radicalaire par le radical DPPH est une méthode couramment employée pour évaluer l'activité antioxydante; elle est basée sur la réduction du radical DPPH par un transfert d'hydrogène, qui se traduit par une décoloration de la solution de DPPH du violet au jaune (Wong *et al.*, 2005), L'activité antiradicalaire des différents extraits augmente avec l'augmentation de la concentration (GHASMI *et al.*, 2009).



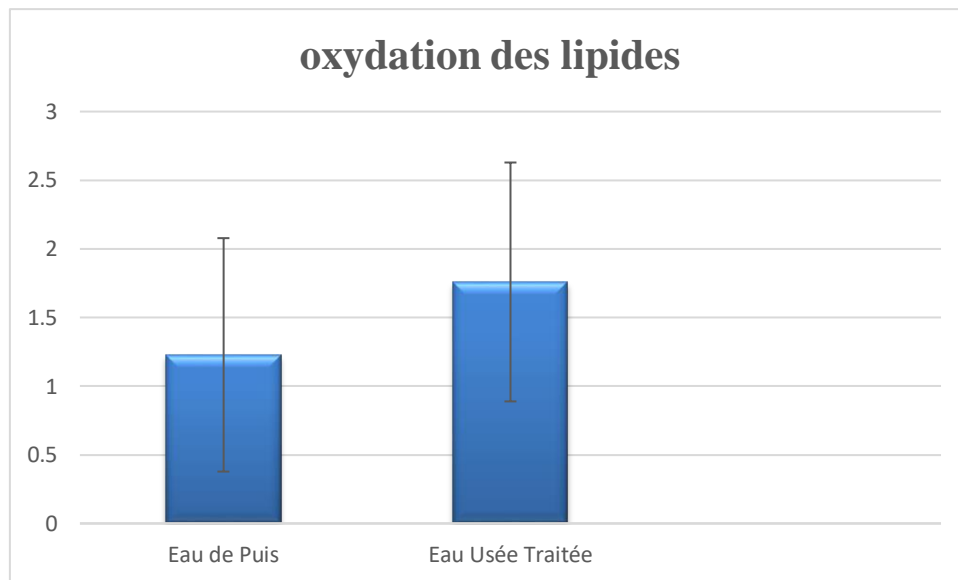
**Figure 20.** Représente l'activité anti-radicalaire DPPH (en %) des jus d'orange

Selon les résultats obtenus (Figure 20), le pouvoir anti radicalaire varie de 69% pour du jus orange irrigués par Eau de Puit sur 59% pour du jus orange irrigués par Eau Usée Traitée, Le rapport de différence est estimé à 14,49 %. L'analyse statistique a révélé une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre l'activité du des jus analysés.

L'activité antioxydante peut être affectée par de nombreux facteurs tels que, la polarité des solvant et la procédure d'extraction, la variation des espèces utilisées (Ismail *et al.*, 2004)

### 3.12. Évaluation de la stabilité oxydative TBARS

Les valeurs TBARS représentent les contenus secondaires produits d'oxydation des lipides, principalement des aldéhydes et carbonyles d'hydrocarbures, qui provoquent l'apparition des arômes indésirables dans les aliments (Safa, 2016).



**Figure 21.** Représente l'oxydation des lipides TABRS (mg EMDA/kg) des jus d'orange

Les résultats du degré de peroxydation des lipides de lu jus d'orange révèlent que le taux d'oxydation de 1,22 mg équivalent MDA/kg pour le jus d'orange irrigués par Eau de Puit et 1,75 MDA/kg celui des jus d'orange irrigue par Eau Usée Traitée , échantillons du jus irrigue par Eau Usée Traitée ont augmenté ,Ces valeurs sont comparables à qui est égale à 2mg de MDA/kg (Campo *et al.*, 2006).

Cela pourrait s'expliquer en grande partie par l'intervention des molécules responsables de la stabilité oxydative tels que les polyphénols et les flavonoïdes contenus dans les agrume (Eymard et Genot, 2003).

#### 4. Analyses microbiologiques des jus d'orange

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 suivant.

**Tableau 08.** Résultats de l'évaluation microbiologique des jus d'orange

	<b>Jus d'orange (Eau de Puit)</b>	<b>Jus d'orange (Eau Usée Traitée)</b>	<b>Norme JORA (1998)</b>
<b>FTAM</b>	2.10 <sup>2</sup>	35. 10 <sup>2</sup>	/1
<b>Coliformes T</b>	Absent	Absent	Absent
<b>Coliformes F</b>	Absent	Absent	Absent
<b>Levures et Moisissures</b>	10. 10 <sup>2</sup>	40	10. 10 <sup>3</sup>
<b>Salmonelle</b>	Absent	Absent	Absent

L'analyse des résultats à partir de ce tableau, montre l'absence totale des coliformes totaux et thermo-tolérants dans tous les échantillons de jus d'orange analysés.

Concernant la Flore Mésophile Aérobie Totale (FTAM) qui est le premier indicateur de la qualité, nous avons observé leur présence dans les échantillons étudiés avec une moyenne de



2UFC/ml pour le jus d'orange irrigués par Eau de Puit et 35UFC/g pour le jus irrigués par Eau Usée Traitée.

La FTAM permet d'apprécier le degré de pollution microbienne d'un produit alimentaire (**Bourgeois et al.**, 1996). Une denrée alimentaire contenant plus de 3.10<sup>5</sup> germes/g doit être considérée comme impropre à la consommation.

La recherche des levures et Moisissures montre une présence négligeable dans les jus d'orange. On peut dire donc que nos produits sont conformes aux normes **JORA** (1998) (<20 germes /100 ml).

Malgré la présence de certains facteurs (éléments nutritifs) favorables à la croissance microbienne dans les jus, il existe en parallèle d'autres facteurs qui limitent cette croissance tels que : un faible pH , température de stockage (**Troller**, 1983; **Esteve et al.**, 2005 ).

**Discussion**

La présente étude de la valorisation des eaux usées Traitée de la STEP de Bouguirat en irrigation a montré les caractéristiques qualitatives de ces derniers et leurs effets sur quelques critères physiologiques et microbiologiques des cultures des oranges après irrigation.

Ce travail a pu déceler l'incapacité de la station de Bouguirat à épurer les eaux usées traitées. Les valeurs de pH, DBO5, DCO, MES et de quelques métaux lourds (Zn, Cr, Cd et Pb) révèlent l'inconformité de ces dernières aux normes nationales et internationales de réutilisation pour l'irrigation ; pour le côté bactériologique le taux de coliformes fécaux dépassant les normes admises et de ce fait présentent un risque quant à la réutilisation de ces eaux épurées en irrigation surtout dans le cas d'irrigation des cultures consommées crues. Les performances épuratoires de la station de traitement STEP de Bouguirat sont donc satisfaisantes pour les paramètres physico-chimique et non bactériologique. Toutefois, les EUT n'ont pas d'effet notable sur les caractéristiques physico-chimiques Où Le taux des flavanols et vitamine C dans l'orange diminue dans les plants irrigués avec 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 le protéine dans les plants irrigués avec EUE à cause des 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

Nos études choisies pour comprendre l'influence des eaux d'irrigation en agriculture d'origine des STEP font apparaître que l'usage des eaux usées épurées dans l'irrigation agricole est une bonne solution pour la préservation des eaux des ressources naturelles et la diminution de la charge marquée sur cette dernière ainsi que pour les cultures maraichères.

A l'aide d'une expérience conduite en milieu semi contrôlé, nous avons pu relever des conclusions concernant les effets de l'utilisation des eaux usées traitées de la STEP de Bouguirat Mostaganem sur la croissance des deux cultures d'orange irriguées par l'eau de Puit et la deuxième irriguée par l'eau usée traitée.

Nous avons montré que l'irrigation avec les eaux usées traitées, entraîne un effet sur la culture d'orange. Cette action se traduit par une amélioration de la croissance et la composition en antioxydants.

Nous pouvons dire que dans le cas d'une bonne pratique agricole, les risques encourus par les cultures irriguées avec de telles eaux usées traitées sont maximale, au moins à court et à moyen terme, d'autant plus que les éléments chimiques les plus polluants sont retenus dans les boues au cours de l'épuration, le contraire des substances toxiques (Métaux lourds) qui restent dans l'eau et sont transmises aux cultures d'orange. La station d'épuration a donc dû développer d'autres techniques pour faire face au danger des transmissions bactériologiques.

Enfin, la réutilisation des eaux usées traitées, constitue une forme de valorisation d'un potentiel hydrique important, qui permet d'alléger le recours aux ressources hydriques conventionnelles, notamment les eaux de surface et souterraines. Actuellement, les eaux usées épurées constituent une ressource alternative renouvelable, fortement sollicitée par les agriculteurs et les industriels.

En perspective, le recours à différentes techniques d'épuration des eaux (Phytoremédiation, Osmose inverse...etc) permettra d'alléger les différentes charges toxiques présentes dans les eaux usées traitées.

*Références  
bibliographiques*

**Adeola, A.A., & Aworh, O.C. (2010).** Development and sensory evaluation of an improved beverage from Nigeria's tamarind (*tamarindus indica l.*) fruit. *Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*. 10(9):4079-4093.

**AFNOR (Association Française de Normalisation) (1985).** Aliments des animaux, méthodes d'analyses françaises et communautaires. 2ème édition, 200 p.

**Akusu, O. M., Kiin-Kabari, D. B., & Ebere, C. O. (2016).** Quality Characteristics of Orange/Pineapple Fruit Juice Blends. *American Journal of Food Science and Technology*, 4(2), 43-47.

**Al-Anbari, A. K. H., & Hasan, M. A. (2015, July).** Antioxidant activity in some citrus leaves and seeds ethanolic extracts. In *International Conference on Advances in Agricultural, Biological and Environmental Sciences (AABES) London (UK), July* (pp. 22-23).

**Anvoh, K. Y. B., Bi, A. Z., & Gnakri, D. (2009).** Production and characterization of juice from mucilage of cocoa beans and its transformation into marmalade. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(2), 129-133.

**Aubineau M, Bermond A, Bougler J, Ney B et Roger J.** Dictionnaire Larousse agricole Mathilde majorel assistée de Nora schott Eds, thierry olivaux : dossiers (institutions et organismes) et (données économiques), (Canada), 2002, pp : 406 – 499

**AZRO, (2017).** Thèse station d'épuration de tiaret 2017.

**Bakry F, Didier C, Garry F, Bellec T, Lescot T, Pinon, A Teisson C & Vannière H.** Les espèces fruitières, In *Memento de l'agronome* GRET Eds, CIRAD Eds (Paris), 2002, -pp : 929 – 1021

**BARON, A. (2002).** Jus de fruits. In *Technologies de transformation des fruits*. XX Eds Paris: Tec & Doc.

**Benamara S. et Agougou A.; 2003:** Production des jus alimentaires. Edition: Office des Publication Universitaires.

**BODIN M., ABTROUN A., BOUDRA A., JOLIBERT F., TIRARD A. et TOUAIBA H. (2005).** Etude de la filière boissons, Euro développement pme Alger.

- 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, 79-82.
- Bouassaba, F. (2013),** «Etude et dimensionnement d'une station d'épuration des eaux usées de l'agglomération urbaine de Sfisif (wilaya de Sidi Bel Abbas)», Mémoire de master en hydraulique, université Abou Bakr Belkaid-Tlemcen.
- Bouchaala et al., (2017); Hannachi et al., (2014).** Ressources Hydriques : traitement et reutilisation. 7,84-95
- Boudaoud & Sellaoui,(2019).** Etudes des paramètres de fonctionnement de la station d'épuration de Msila. Université Mohamed BOUDIAF de M'Sila
- BOUDRA A. (2007).** Industries des boissons et de jus de fruits, Recueil des fiches sous sectorielles.
- Bourenane et al., (2018).** Etude du fonctionnement de la station d'épuration (STEP) de Ain-Beida à boues activées et son impact sur l'environnement.
- BOURGEOIS et LARPENT, (1996) :** microbiologie alimentaire, tomes II édition technique et documentation Lavoisier 20030708.
- Bousbia, N. (2011).** Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires. Thèse de doctorat.
- Brossard D, Hutin C & Ottens N.** Ctifl Mémento Fruits & légumes Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes Eds (Paris), 2002, pp : 139 -156
- Campo MM, Nute GR, Hughes SI, Enser M, Wood JD, Richardson RI (2006).** Flavour perception of oxidation in beef. Meat Sci;72(2):303—11.
- Cebadera-Miranda, L., Domínguez, L., Dias, M. I., Barros, L., Ferreira, I. C., Igual, M., & Cámara, M. (2019).** Sanguinello and Tarocco (Citrus sinensis L. Osbeck): Bioactive compounds and colour appearance of blood oranges. Food Chem 270: 395-402.
- Chang, I. S., Le Clech, P., Jefferson, B., & Judd, S. (2002).** Membrane fouling in membrane bioreactors for wastewater treatment. Journal of environmental engineering, 128(11), 1018-1029.

**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

**Ciqual. (2020).** Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Table de composition nutritionnelle des aliments. Consultée le JJ/MM/AAAA depuis le site internet Ciqual <https://ciqual.anses.fr/> "

**CODEX STAN 247-2005.** Norme générale codex alimentarius pour les jus et les nectars de fruits.

**Correia, A., Loro, A., Zanatta, S., Spoto, M., & Vieira, T. (2015).** Effect of temperature, time, and material thickness on the dehydration process of tomato. International journal of food science, 2015.

**Dellaras, C. (2007).** Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyse ou de contrôle sanitaire. Technique et Documentation. France. Lavoisier.

**Eaufrance, (2016)** <https://www.eaufrance.fr/>

**Erdman J- W., Balentine D., Arab L., Beecher G., Dwyer J T., Folts J., Harnly J., Hollman P., Keen Cl., Mazza G., Messina M., Scalbert A., Vita J., Williamson G. Et Burrowes J.(2007).** Flavonoids and Heart Health : Proceedings of the ILSI North America Flavonoids Workshop, May 31-June 1, 2005, Washington, DC1-4. American Society for Nutrition. 137: 718S-737.

**Esteve, M.J., Frigola, A .et Samuel, F.O. (2005).** Chemical and storability of fruit flavoured Drink. World. Journal of Agricultural Sciences.1: 165-168.

**Etebu E., Nwauzoma A.B. (2014).** A review on sweet orange (citrus sinensis osbeck) : health, diseases, and management. American Journal of Research Communication., 2(2) : 33-70.

**F. Cherki et H. Hesas ,(2015)** « étude de l'abattement de la charge polluante azotée en station d'épuration à boues activées », mémoire pour l'obtention de diplôme de DEUA. Option traitement et épuration de l'eau, département hydraulique université Tlemcen

**FELLERS et al. (1975) Fellers, P.J., Buslig, B.S., Carter, R.D. (1975).** Relation of processing, variety and maturity to flavour quality and particle size distribution in



Florida orange juices. In Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 88, 350-357.

**Frank (2002).** Frank, J., King, A., & Raine, D. (2002). Accretion power in astrophysics. Cambridge university press.

**Galaverna, G., Di Silvestro, G., Cassano, A., Sforza, S., Dossena, A., Drioli, E., & Marchelli, R. (2008).** A new integrated membrane process for the production of concentrated blood orange juice: Effect on bioactive compounds and antioxidant activity. Food chemistry, 106(3), 1021-1030.

**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.

**Ghafar, M. F., Prasad, K. N., Weng, K. K., & Ismail, A. (2010).** Flavonoid, hesperidine, total phenolic contents and antioxidant activities from Citrus species. African Journal of Biotechnology, 9(3).

**GIL-IZQUIERDO A., GIL M.I., FERRERES F. (2002).** Effect of processing techniques at industrial scale on orange juice antioxidant and beneficial health compounds. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50 (18), 5107-5114.

**Gornall, A. G., Bardawill, C. J., & David, M. M. (1949).** Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. J. biol. Chem, 177(2), 751-766.

**-Hannachi .A. 1, Gharzouli .R. 2, Djellouli Tabet. Y.(2014) :** gestion et valorisation des eaux usées en Algérie ; Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°19, Septembre 2014, pp. 51-62

**J. RODIER, B. LEGUBE, N. MERLET, et R. BRUNET, (2009)** Jean rodier – l’analyse de l’eau. In International journal of biological and chemical sciences (vol. 1, Issue 1, p.1579).

**Joel, D., Berman, Z., Tavor, I., Wexler, N., Gaber, O., Stein, Y., ... & Assaf, Y. (2015).** Sex beyond the genitalia: The human brain mosaic. Proceedings of the National Academy of Sciences, 112(50), 15468-15473.

**JOFFIN, J. (2000).** Morphologie et classification de Lactobacillus in bactériologie systématique. Appl. Environ. Microbiol, 51, 233-459.

- Johnson, T. K. (2001).** La production de jus d' agrumes et l' application des technologies au marché des agrumes frais. In *Symposium sur les agrumes Chine/FAO* (pp. 83-89).
- JORA. (1998).** Journal Officiel de la République Algérienne N° 35. Aouel Safar 1419/27 Mai 1998. Critères microbiologiques des eaux et boissons.p.18
- Karadeniz, F. (2004).** Main organic acid distribution of authentic citrus juices in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28(4), 267-271.
- Kelebek, H., Selli, S., Canbas, A., & Cabaroglu, T. (2009).** HPLC determination of organic acids, sugars, phenolic compositions and antioxidant capacity of orange juice and orange wine made from a Turkish cv. Kozan. *Microchemical Journal*, 91(2), 187-192.
- Khaled Khodja Y. (2008).** Etude de l'activité antioxydante des jus et pulpes de de quelques varieties d'orange de la region de bejaia.
- 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.
- Leahu, A., Damian, C., Oroian, M., & Ropciuc, S. (2013).** Physico-chemical parameters of fruit juices-evolution during storage. *Lucrari Stiintifice-Seria Zootehnie*, 59, 213-217.
- Lee S. K. Et Kader A. A. 2000.** Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*. 20:207-220.
- Loots D.T. Van. Der Westhuizen F. H And Jerling J. (2006).** Polyphenol composition and antioxidant activity of kei apple ( *Dovyalis Caffra*) juice. *Journal of agricultural and food chemistry*.
- LU Y., ZHANG C., BUCHELI P. ET WEI D. (2006).** Citrus Flavonoids in Fruit and Traditional Chinese Medicinal Food Ingredients in China. *Plant Foods for Human Nutrition*. 61 : 57-65.
- Mahdjar, N (2016).** Effectiveness of the aerated lagoons wastewater treatment systems in arid climate: Effect of seasonal variations
- Maji Solution; (2021)** <https://maji-solutions.com/fr/reutilisation-des-eaux-usees-en-agriculture>

- Martin A et Mohand A. (2010).** Valorisation de résidus de transformation industrielles des tomates. Mémoire ingénieur agronome, science alimentaire, université Saad dahleb de Blida.
- Medjdoub T., (2014).** Herbecq, N., Roch-Jeune, I., Rolland, N., Visalli, D., Derluyn, J., Degroote, S., ... & Medjdoub, F. (2014). 1900 V, 1.6 mΩ cm<sup>2</sup> AlN/GaN-on-Si power devices realized by local substrate removal. *Applied Physics Express*, 7(3), 034103
- Mekkioui, M. et R. Berbaoui. (2014).** Bio-écologie de la Mineuse des agrumes *Phyllocnistis citrella* sur oranger dans la région de Tlemcen. Thèse de doctorat.
- Metahri M S, (2012).** Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixte. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi Ouzou Thèse doctorat. Université Mouloud Mammeri. Tizi Ouzou.
- Metahri., (2012)** Elimination siultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usée traitée par des procédés mixtes : cas de la STEP est de la ville de Tizi Ouzou. Université Mouloud Mammeri
- M'Hiri, N. (2015).** Étude comparative de l'effet des méthodes d'extraction sur les phénols et l'activité antioxydante des extraits des écorces de l'orange « Maltaise demi sanguine » et exploration de l'effet inhibiteur de la corrosion de l'acier au carbone. Thèse de doctorat. Université de Lorraine.
- Miliauskas, G., Venskutonis, P. R., & Van Beek, T. A. (2004).** Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food chemistry*, 85(2), 231-237.
- Mohammed, (2012)** Traitement des eaux usée dans la ville de Mostaganem, état actuel et perspectives
- Moussaoui et al ., (2015)** the impact of water level fluctuation on a delayed prey-predator model. *Nonlinear Analysis :Real World Applications*, 21, 170-184
- 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.

**NF ISO 4832. (2006).** Microbiologie des aliments - Méthode horizontale pour le dénombrement des coliformes - Méthode par comptage des colonies.

**Ouldyeou K., Ibri K., Bouhadi D., Hariri A., Meddah B. et Tirtouil A. (2016).** Effect of orange *Citrus sinensis* peel from Algeria in food. *Banat's Journal of Biotechnology*. 3(14): 97-100.

**Parle M., Chaturvedi D. (2012).** Orange : range of benefits. *International research journal of pharmacy*, 3(7) ,59-63.

**Rafika & Benhabib, (2015).** La réutilisation des eaux usées traitées dans l'agriculture. *les cahiers du mecas* ,11 (1) ,82-97

**Rapisarda, P., Tomaino, A., Lo Cascio, R., Bonina, F., De Pasquale, A., & Saija, A. (1999).** Antioxidant effectiveness as influenced by phenolic content of fresh orange juices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(11), 4718-4723.

**Reyes-De-Corcuera, J. I., Goodrich-Schneider, R. M., Barringer, S. A., & Landeros-Urbina, M. A. (2014).** Processing of Fruit and Vegetable Beverages. *Food Processing: Principles and Applications*, Second Edition, p.339-362.

**Rodier , (2009)** (L'analyse de l'eau » 9<sup>ème</sup> édition, Dunod, Paris.

**Rodier, (2005) ; JOEL, (2015).** Analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8<sup>ième</sup> Edition : Dunod, Paris(France) pp 1008-104

**Sanders, K.F. (2005).** Orange Harvesting Systems Review. *J. Biosystems Engineering*, vol. 90 (2), p.115–125

**Tening *et al.*, (2013)** nitrate and inammonium levels of some water bodis and their interaction with some selected properties of soils in douala metropolis, Cameroon. *African journal of Environmental Science and technology*, 7(7),648-435

**Tfeyeche, (2014).** Suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées de Ouargla au cours de leur traitement. Mémoire master. universite kasdi merbah ouargla.

**tinco C M ern ndez- zquez scudero- ilete M L eredi J Mel ndezMartínez, A. J., & Vicario, I. M. (2012).** Effect of orange juice's processing on the

color, particle size, and bioaccessibility of carotenoids. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(6), p.1447-1455.

**Tounsi, M.S W. A. Wannes. I. Ouerghemmi Et Al. (2011).** “Juice components and antioxidant capacity of four Tunisian Citrus varieties,” *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 91, no. 1, pp.142–151, 2011.

**UN WATER, (2017)** <https://www.researchgate.net/figure/Wastewater-in-the-water-cycle-Source-WWAP-UN-Water-2017>

**UNESCO (2017)** <https://unesdoc.unesco.org/accueil>

**Vanamala J., Leonardi T., Patil B. S., Taddeo S. S., Murphy M. E., Pike L. M., Chapkin R. S., Lupton J. R. & Turner N. D. (2006).** Suppression of colon carcinogenesis by bioactive compounds in grapefruit. *Carcinogenesis* 27, 1257-1265.

**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, 89-94.

**Vierling, E (2008).** Aliment et boisson : filière et produit. 3 éd. France : centre régionale de documentation pédagogique d'aquitaine. P266-267

**Walaa, (2016)** Walaa, A., Hamed, A. R., El-Raey, M., Elshamy, A. I., & Abd-Ellatef, G. E. F. (2016). Antiproliferative, antioxidant and antimicrobial activities of phenolic compounds from *Acrocarpus fraxinifolius*. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 8(3), 520-528.

**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.

**Zeghoud., (2014).** L'étude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra. Mémoire Master. Université d'El Oued. <http://id.eaufrance.fr/par/5479> )