

**UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA**  
**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE**  
**DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES**



Mémoire

**MASTER ACADEMIQUE**

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Ecologie végétale et environnement

**Présenté par :**

ELGHOUL Rabiaa

IDRISSI Ibtissam

**Thème**

**Impact de réutilisation des effluents traités sur les cultures irriguées (Cas du périmètre agricole du canal de transfert de la STEP de Ouargla)**

**Soutenu publiquement**

Le: 25/05/2017

**Devant le jury :**

<b>Président</b>	MIMOUNI Yamina	MCA - Université de Ouargla
<b>Promoteur</b>	IDDER Mohammed Tahar	Professeur - Université de Ouargla
<b>Co-promoteur</b>	NEGAIS Hamza	Attaché Rech - Université de Ouargla
<b>Examineur</b>	KARABI Mokhtar	MCB - Université de Ouargla

**Année Universitaire : 2016 /2017**



## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail à :*

***Ma mère**, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien,  
tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance  
et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il,  
l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.*

***Mon père**, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de  
Sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire  
en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien  
permanent venu de toi.*

*À mon soutien dans la vie mon cher mari **Abdelmadjid**.*

*Mes frères et sœurs qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance,  
de courage et de générosité.*

*Mes grands-mères ; Mes oncles ; et toute la famille.*

*Mes étudiants (es) du département des sciences de nature et de la vie de l'U.K.M.Ouargla.*

*Mes professeurs d'U.K.M.O qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis.*



**RABIAA**









## *Dédicaces*

*Au terme de ce parcours de formation, j'aimerais  
dédier le fruit  
de ce modeste travail :*

*A ma famille en témoignage de son soutien et de ses  
encouragements ;*

*\*Mon père IBRAHIM et Ma mère*

*\*Mes frères : Lahcen , Hocen , Mahrez ,Ishak, Yakoub,  
et Charaf Elddin*

*\*Mes tante ; Nadir*

*\*Mes cousins et cousines. Hanan ,Wafa , Fahima ,  
Salwa , Fatima .*

*A mes collègues , Kalafi chahinaz , Zigrire Zohra et tout  
mes amis ainsi que mes collègues de promotion Master II  
des Sciences de l'environnement.*

*Je dédie ce travail aussi :*

*A tous ceux qui me sont chers.*

***IBTISSAM***



## **REMERCIEMENTS**

*Avant tout, nous remercions ALLAH de nous avoir donné le courage,  
la patience et la chance d'étudier et suivre, le chemin de la science  
Mes sincères remerciements et ma profonde gratitude s'adressent à mon*

*Promoteur:*

*Mr IDDAR.M..T, pour avoir accepté de diriger ce travail, pour sa grande patience, ses  
encouragements, ses orientations et ses conseils précieux.*

*Je tiens à remercier particulièrement mon Co-promoteur NEGAI.S.H, qui m'a toujours  
encouragé, aidé pendant toute la période de l'expérimentation et pour ses précieux conseils.*

*J'adresse aussi mes remerciements aux membres du jury :*

*M<sup>me</sup>. MIMOUNI YAMINA, maitre de conférences à l'U.K.M.O,*

*Mr KARABI , maitre de conférences à l'U.K.M.O*

*Je tiens également à exprimer mes remerciements à tous les personnes de laboratoire  
microbiologique de L'ITAS*

*Et je remercier tous mes amis pour leur aide et leur assistance*

*Je tiens à remercier tous les enseignants de mon cursus universitaire,  
qui ont contribué à ma formation*

*En fin, nous remercions toutes les personnes qui de près ou de loin ont contribué à  
la réalisation de cette modeste étude*

## Liste des tableaux

I	Recommandations microbiologiques de l’OMS 1989 pour les eaux usées destinées à l’irrigation (OMS., 1989).	13
II	Limites recommandées en éléments traces (mg/l-1) dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation (FAO, 2003 in NADIR, 2014).	14
III	Directives de la FAO pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation (FAO, 2003 in NADIR, 2014).	14
IV	Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées	15
V	Recommandations microbiologiques pour la REUE en agriculture (JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, 2012).	16
VI	Recommandations physico-chimiques pour REUE en agriculture (JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, 2012).	17
VII	Principaux groupes et genres d’agents pathogènes responsables de maladies d’origine hydriques. (Modifié d’après <b>GERBA</b> (1996) in STRAUB et CHANDLER (2003).	22
VIII	Classification de l'espèce <i>Phoenix dactylifera L</i>	30
X	Données climatiques de la région de Ouargla entre 2005et 2015.	35
XI	caractérisation physico-chimique des eaux d’irrigation.	53
XII	Résultats d’analyses bactériologiques des eaux usées épurées de la ville de Ouargla. (TFYECHÉ LYÉS. ,2014). (UFC : unité formes de colonie)	59
XIII	Paramètres biologiques des eaux épurées comparés aux normes	60
XIV	L’absorbance à 490 nm de glucose	63
XV	Teneur en sucre totaux des dattes (ghars)	64
XVI	Résultats des analyses bactériologiques des dattes	65
XVII	Résultats des analyses de levures et moisissures (colonne/100ml)	66
XVIII	paramètre de levures et moisissures étudiée sur de dattes comparés aux normes algériennes	66

*Liste des figures*

1	schéma récapulatif de principale viox de traitement de eaux uées et de boues (BOUHANNA,2014).	6
2	schéma représentant la réutilisation directe et indirecte des eaux usées (tiré d'AQUAREC, 2006).	7
3	Intégration des eaux usées traitées dans le cycle général des ressources en eau (BAUMONT et al, 2005).	8
4	Aspects de réutilisation des EU dans les différentes régions du monde (BOXIO <i>et al</i> , 2005).	10
5	Schéma du processus Gestion des EUE de l'agglomération d'Ouargla. (NADIR ,2014).	27
6	Parcelle irriguée avec les EUE et gérée par l'ONA. (NADER et SAKER ,2016).	28
7	Situation de la cuvette de Ouargla (BONNARD et GARDEL, 2003).	29
8	Diagramme ombrothermique de Gausсен de la région d'Ouargla.	37
9	Climmagrame d'Emberger de la région d'Ouargla 2015.	38
10	Situation de la station d'épuration d'Ouargla	38
11	Schéma générale de la station d'épuration de Ouargla (MENSOUS, 2011)	39
12	Localisation du périmètre agricole (BOUHANNA 2014)	40
13	image satellitaire de l'exploitation d'étude (Google Earth 2017).	42
14	Protocole expérimental	43
15	Composition biochimique globale de la datte (SAWAYA <i>et al.</i> , 1982)	48
16	Bilan ionique l'eau usée épurée.	56
17	Bilan ionique de l'eau de forage	56
18	Diagramme de Riverside pour les eaux d'irrigation	58
19	la courbe d'étalonnage de glucose	64
20	la teneur en sucres totaux des dattes (g/ml)	65
21	Nombres d' <i>Escherichia coli.</i> dans les dattes.	66

Liste des photos		
1	<i>Phoenix dactylifera L</i>	30
2	Regard sur le canal utilisé pour le pompage des eaux usées épurées.	40
3	Datte d'EUE avant 15 jours d'irrigation	47
4	Datte d'EF	47
5	solution mère (d'extrait de datte)	50
6	solution décimale	50
7	milieu bouillon lauryl sulfate (D/C.S/C)	50
8	boite de gélose de <b>DRBC</b>	52
9	Etaler la surface de la boîte de gélose avec une pipette pasteur Stérile	52

<i>Liste des annexes</i>		
1	Critères microbiologique des produits déshydrates non repris dans les tableaux et autres produits divers	I
2	schéma de Méthodes d'analyses microbiologiques de datte	II
3	la composition des milieux de culture	II
4	Arrêté du 23 Rajab 1436 correspondant au 12 mai 2015	IV
5	Le Nombre Les Plus Probable	IX
6	Technique d'interprétation des résultats d'analyses microbiologique	X

## **Liste de l'abréviation :**

**EU** : eaux usée

**ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

**REUE** : réutilisation des eaux usée épurée

**EUT** : eaux usée traitée

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

**USEPA** : agence américaine pour la protection de l'environnement

**DBO5** : Demande Biologique en Oxygène

**FAO** : Food and Agriculture Organisation

**ONA** : Office National d'assainissement

**ONID** : Office national d'irrigation et de drainage

**GPI** : grands périmètres d'irrigation

**STEP** : station d'épuration

**CI** : Continental Intercalaire

**CT** : Complexe Terminal

**ONM** : Office national de météorologie

**E.D.T.A** : l'Ethylène Diamine Tétra Acétique

**EF** : eaux de forage

**NPP** : nombre le plus probable

**EC** : Escherichia coli

**TSE** : tréphone sel eaux

**pH** : Potentiel d'hydrogène

**MES** : Matières en suspension



<u>Table des matières</u>	
Remerciements	
Liste des tableaux	
Liste des Figures	
Liste des Photos	
Liste des annexes	
Table des matières	
Introduction	<u>01</u>
<b>Partie I : Synthèse Bibliographique</b>	
Chapitre I : les eaux usées	
1. Définition	<u>03</u>
2. Origine des eaux usées	<u>03</u>
2.1. Eaux usées domestiques	<u>03</u>
2.2. Eaux usées industrielles	<u>03</u>
2.3. Eaux pluviales	<u>03</u>
3. Traitement des eaux usées	<u>04</u>
3.1. Traitements physico-chimiques : traitements primaires	<u>04</u>
3.2. Traitements biologiques : traitements secondaires	<u>04</u>
3.2.1. Procédés intensifs	<u>04</u>
3.2.2. Procédés extensifs	<u>05</u>
3.3. Traitements tertiaire	<u>06</u>
Chapitre II : Réutilisation Des Eaux Usées épurées	
1. Définition	<u>07</u>
2. Importances	<u>08</u>
3. Différentes types de réutilisation des effluents traités	<u>08</u>
3.1. Agriculture	<u>08</u>
3.2. Arrosage des espaces verts	<u>09</u>
3.3. Aquaculture	<u>09</u>
3.4. Industrie	<u>09</u>
3.5. Usages urbains	<u>09</u>
3.6. Production d'eau potable	<u>09</u>
3.7. Recharge des nappes	<u>10</u>
4. Réutilisation des eaux usées épurées dans le monde	<u>10</u>

5. Différentes réglementations dans le monde	<u>11</u>
5.1. Recommandations d'OMS	<u>11</u>
5.2. Recommandations d'USPEA	<u>12</u>
5.3. Recommandations de l'Union Européenne	<u>12</u>
6. Réglementation Algérienne de REUE	<u>15</u>
7. Avantages de réutilisation des eaux usées traitées	<u>15</u>
7.1. Avantages sociaux	<u>18</u>
7.2. Avantages environnementaux	<u>18</u>
7.3. Avantages économiques	<u>18</u>
8. Impacts négatifs et risques de la réutilisation des eaux usées épurées	<u>19</u>
8.1. Risques liés à la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture	<u>19</u>
8.1.1. Matières en suspension (MES)	<u>20</u>
8.1.2. Excès des nutriments	<u>20</u>
8.1.3. Bactéries	<u>20</u>
8.1.4. Virus	<u>20</u>
8.1.5 Protozoaires	<u>20</u>
8.1.6 Helminthes	<u>21</u>
8.1.7 Risque chimique	<u>21</u>
8.1.8. Salinité	<u>21</u>
8.2. Risque sanitaire	<u>21</u>
8.2.1. Catégories des risques	<u>21</u>
8.2.1.1. Consommateurs de cultures consommées crus	<u>21</u>
8.2.1.2. Travailleurs agricoles	<u>21</u>
8.2.1.3. Risques pour communautés locales de l'irrigation par aspersion	<u>21</u>
8.2.2. Maladies à transmission hydrique	<u>22</u>
8.3. Risques environnementaux	<u>23</u>
8.3.1. Accumulation d'éléments potentiellement toxiques : Métaux	<u>23</u>
8.3.2. Salinisation	<u>24</u>
8.3.3. Excès en sels et en sodium	<u>24</u>
8.3.4. Matières solides en suspension	<u>24</u>
8.3.5. Sodicit�	<u>24</u>
8.3.6. Excès d'éléments nutritifs	<u>25</u>
<b>Chapitre III : Réutilisation Des Eaux Usées épurées en algériens</b>	
1. Gestion des eaux usées épurées en Algérie	<u>26</u>

2. Situation de la réutilisation des eaux usées en Algérie	<u>26</u>
3. Gestion des EUE de l'agglomération de Ouargla	<u>27</u>
4. Lieux de réutilisation des EUE à Ouargla	<u>28</u>
4.1. Parcelle de l'ONA	<u>28</u>
4.2. Site de réutilisation	<u>28</u>
4.2.1.. Aperçu sur palmier dattier	<u>29</u>
4.2.1.1. Description générale	<u>29</u>
4.2.1.2. La production des dattes	<u>29</u>
4.2.1.3. Consommation en eau du palmier dattier	<u>29</u>
4.2.1.4. Origine de palmier dattier	<u>29</u>
4.2.1.5. taxonomie	<u>30</u>
<b>Partie II : Matériels et méthodes</b>	
Chapitre IV : Matériels d'études	
I. Présentation de la région d'étude	<u>31</u>
I.1 Localisation	<u>31</u>
I.2. Cadre géologique	<u>31</u>
I.3. Le cadre pédologique	<u>32</u>
I.4. Géomorphologie	<u>30</u>
I.5. Hydrographie	<u>34</u>
I.6. Ressources hydriques	<u>34</u>
I.7. Données météorologiques	<u>34</u>
I.7.1. Température	<u>35</u>
I.7.2. Précipitations	<u>36</u>
I.7.3. L'évaporation	<u>36</u>
I.7.4. Humidité relative de l'air	<u>36</u>
I.7.5. Vent	<u>36</u>
I.7.6. Insolation	<u>36</u>
I.8. Classification climatique de la région	<u>36</u>
I.8.1. Indice d'aridité de Martonne	<u>36</u>
I.8.2. Diagramme d'ombrothermique du Gaussen	<u>37</u>
I.8.3. Climmagrame d'Emberger	<u>37</u>
II. Présentation de la Station d'épuration d'eaux usée (STEP) de Ouargla	<u>38</u>
II.1. La localisation géographique de la Station d'épuration d'eaux usée (STEP) de Ouargla	<u>39</u>

II.2. Caractéristiques de la STEP de Ouargla	<u>39</u>
III. Présentation de la zone d'étude (Périmètre agricole) d'Ouargla	<u>39</u>
III.1. Périmètre agricole	<u>39</u>
III.2. Le système d'irrigation	<u>40</u>
III.3. Typologie des cultures pratiquées dans le périmètre agricole nord de la STEP	<u>41</u>
<b>Chapitre V : Méthodologie de travail</b>	
I. L'objectif de l'étude	<u>42</u>
I.1. Le site d'étude	<u>42</u>
I.2. Démarche expérimentale	<u>43</u>
II. Techniques d'analyse des eaux d'irrigation	<u>44</u>
II.1. Les analyses Sur le plan physico-chimique	<u>44</u>
II.2. Les analyses sur le plan bactériologique	<u>46</u>
III. Caractérisation des sols de la zone d'étude	<u>46</u>
IV. Techniques d'analyse des cultures irriguées : datte (Ghars)	<u>47</u>
IV.1. Prélèvement de datte	<u>47</u>
IV.1. Analyse biochimiques	<u>48</u>
IV.1.1. Dosage des sucres totaux	<u>48</u>
IV.2. Analyse microbiologie	<u>48</u>
IV.2.1. Coliforme Fécaux	<u>48</u>
IV.2.2. Leveur et les moisissures	<u>51</u>
<b>Partie III: Résultats et Discussion</b>	
I. Caractérisation et qualité des eaux d'irrigation	<u>53</u>
II. Impact de l'irrigation par EUE sur le sol	<u>61</u>
III. caractérisation des cultures irriguées	<u>63</u>
III.1. Caractérisation biochimique des dattes	<u>63</u>
III.2. Caractérisation microbiologique des dattes	<u>65</u>
III.2.1. coliformes fécaux	<u>65</u>
III.2.2. leveurs et moisissures	<u>66</u>
V. Recommandations	<u>68</u>
Conclusion	<u>69</u>
Références bibliographiques	<u>71</u>
Annexes	
Résumé	

# Introduction

The word "Introduction" is rendered in a large, bold, black serif font. The letters are thick and have a classic, slightly ornate appearance. A soft, grey drop shadow is cast beneath the text, giving it a three-dimensional effect as if it's floating slightly above the white background. The shadow is most prominent under the first few letters and tapers off towards the end of the word.

### Introduction

L'eau usée traitée à l'aval des systèmes d'assainissement urbains représente une eau renouvelable non conventionnelle qui pourrait être une source attrayante et bon marché à employer en agriculture, au voisinage des centres urbains. Cependant, en raison de la nature variable de cette eau (sa charge en constituants minéraux, organiques et biologiques), sa réutilisation devrait être gérée soigneusement, surveillée et contrôlée par des spécialistes afin de vérifier les risques et menaces potentiels sur les usagers, le sol, et les cultures irriguées avec elle, ainsi que sur l'environnement dans son ensemble (GHARZOULI. 2014).

La valorisation des eaux usées traitées est considérée comme un composant essentiel dans la politique de gestion intégrée des ressources hydriques. En effet, la richesse des eaux usées épurées en éléments fertilisants contribuera au recyclage de ces éléments et la diminution de l'usage excessif des engrais (MOUCHAI *et al.* 2012).

La réutilisation peut être considérée comme une partie intégrante de la lutte contre la pollution de l'environnement et de la stratégie de gestion de l'eau. Ces eaux récupérées peuvent être considérées comme une source précieuse d'eau. Elle peut présenter des avantages pour la santé publique, l'environnement, le développement économique et agricole (P.N.U.E., 2005). Selon BERDAI *et al.* (2004), les eaux usées épurées présentent une valeur fertilisante appréciable. Les apports en matière organique par les eaux usées épurées permettent à long terme d'augmenter la fertilité naturelle du sol sur le plan physique, chimique et biologique.

BAZZA et XANTHOULIS (2005), ont montré que les eaux usées épurées peuvent avoir des impacts défavorables, tels que la pollution du sol, des eaux souterraines et de surface, qui restent parmi les inconvénients potentiels les plus importants. De ce fait, en raison de la nature variable et de la composition de ressources hydriques, leurs réutilisations doivent être gérées soigneusement, surveillées et contrôlées par des spécialistes (CHENINI *et al.* 2005).

Dans le cadre de la préservation des ressources hydriques et de l'environnement, l'Algérie a lancé un projet de réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles touchant plusieurs régions. Pour la ville d'Ouargla, le périmètre agricole a été programmé tout le long du canal de transfert des eaux usées épurées, situé en aval de la STEP de Said-Otba.

Par ailleurs, les agriculteurs ont commencé à bénéficier de cette ressource pour l'irrigation de leurs cultures. Pour évaluer la possibilité de réutilisation des eaux et des produits d'épuration dans le secteur agricole sans danger sanitaire, nous allons essayer de mettre en évidence les risques de cette réutilisation en se basant sur la qualité microbiologique des cultures irriguées au niveau de

cette zone. La culture choisie dans le cadre de notre étude est le palmier dattier (les dattes variétés Ghars).

Afin d'atteindre nos objectifs, notre approche méthodologique consiste à comparer la qualité hygiénique des dattes irriguées avec les EUE (eaux usées épurées) à celles qui sont irriguées avec les eaux de forage que nous avons pris comme témoin.

Ce mémoire est composé de deux parties :

- La première se rapporte à une synthèse bibliographique sur les eaux usées et leur réutilisation.
- La deuxième présente les matériels et méthodes utilisés dans cette étude, ainsi que les résultats obtenus complétés par une discussion et par des perspectives de recommandation.

**partie I**

**synthèse bibliographique**



## I. Les eaux usées

### 1. Définition:

Les eaux usées sont des liquides de composition hétérogène, chargés de matières minérales ou organiques, pouvant être en suspension ou en solution (BACHI, 2010).

Lorsque l'homme utilise l'eau il ne fait pas que la consommer, mais il en rejette une partie dans l'environnement : c'est ce que l'on appelle l'eau usée. Cette eau usée peut contenir différents polluants (MOULIN et *al*, 2013).

Les eaux usées proviennent de plusieurs sources. Tout ce que vous évacuez en tirant la chasse d'eau et lorsque vous utilisez vos éviers est considéré comme de l'eau usée.

Les eaux usées, qui sont un mélange de plusieurs types d'eaux et pour éviter la pollution, sont acheminées par un réseau d'assainissement vers une station d'épuration pour y être traitées et si possible réutilisées (Bachi, 2010).

### 2. Origine des eaux usées

#### 2.1. Eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques regroupent les eaux noires et les eaux grises. Elles constituent généralement l'essentiel de la pollution et se composent (FRANK, 2002 ; MAMADOU, 2005 ; MESSROUK, 2011) :

- Des eaux de cuisine qui contiennent des matières en suspension, des substances alimentaires (glucides, lipides, protéides), et des produits détergents, ce sont les eaux grises.
- Des eaux de vannes qui proviennent des sanitaires, très chargées en matières organiques, en composés azotés, phosphorés et en microorganismes, ce sont les eaux noir.

#### 2.2. Eaux usées industrielles

Les eaux usées industrielles sont les eaux produites par des processus industrielles consommateurs d'eau, dont le degré de pollution diffère d'un type d'industrie à un autre (OUALI, 1999 ; MESSROUK, 2011).

#### 2.3. Eaux pluviales

Les eaux pluviales ou les eaux claires, ce sont des eaux de ruissellement qui se forment après une précipitation, elles peuvent être particulièrement polluées, surtout au début de pluie, par deux mécanismes (FRANK, 2002 ; MAMADOU, 2005 ; MESSROUK, 2011) :

- Le lessivage des sols et des surfaces imperméabilisées, les déchets solides ou liquides déposés sont entraînés dans le réseau d'assainissement par les précipitations qui se produisent.

- La remise en suspension des dépôts des collecteurs. Par temps sec, l'écoulement des eaux usées dans les collecteurs du réseau est lent, ce qui favorise le dépôt de matières décantables. Lors d'une précipitation, le flux d'eau plus important permet la remise en suspension de ces dépôts. Les eaux pluviales peuvent être collectées en même temps que les eaux usées domestiques ou bien séparément ; on parle alors de réseau unitaire ou séparatif (CIEAU, 2013).

### 3. Traitement des eaux usées

Les méthodes de traitement des eaux usées sont diverses et peuvent être classées en trois catégories : les traitements primaires, secondaires et tertiaires (MOULIN et *al*, 2013).

#### 3.1. Traitements physico-chimiques : traitements primaires

Le traitement s'effectue par voie physico-chimique et a pour but d'extraire le maximum de matières en suspension et de matières organiques facilement décantables. Cette étape permet d'éliminer 90% des particules et objets en suspension (MOULIN et *al*, 2013 ; ADEME, 2003). Il reste alors dans l'eau tout ce qui y est dissous : éléments azotés, phosphatés, composés actifs et particules fines (MOULIN et *al*, 2013).

#### 3.2. Traitements biologiques : traitements secondaires

Ces traitements sont biologiques et permettent d'éliminer les polluants dissous. Pour cela, on utilise des populations de micro-organismes capables de les consommer (MOULIN et *al*, 2013).

Il existe deux types des traitements biologiques : intensifs et extensifs.

##### 3.2.1. Procédés intensifs

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs. Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel. On a les lits bactériens et les boues activées (BAUDOT et PERERA, 1991).

**Les boues activées** : On force ici le mélange du dioxygène, des eaux usées et des bactéries dans des bassins. Les espèces sont sélectionnées selon ce que l'on souhaite éliminer : carbone, azote, phosphore (FEPS, 2013).

**Les biofiltres et filtres bactériens** : On peut également faire percoler l'eau à travers un matériau où se développent des bactéries. Cela peut être des galets ou des supports (lits bactériens) ou des argiles cuites, des schistes, des sables . . . (biofiltres). Ces traitements sont utilisés en plus du processus des boues activées, permettant d'éliminer une plus grande diversité de polluants (ADEME, 2003).

### 3.2.2. Procédés extensifs

Les solutions extensives correspondent à des procédés d'épuration dans lesquels la concentration en organismes épurateurs est faible. Parmi ces procédés on note : le lagunage (DEGREMONT, 2005).

#### 3.2.2.1. Le lagunage

Est un procédé d'épuration des eaux usées qui permet une séparation des éléments solides de la phase liquide par sédimentation, et une épuration biologique due essentiellement à l'action des bactéries. Les bassins de lagunage sont destinés à recevoir de l'eau, la traiter pendant un certain temps pour la restituer ensuite au milieu récepteur. C'est le plus répandu et le plus classique surtout dans les pays à climat chaud et où le terrain est disponible à coût raisonnable (AMIR, 2005).

#### 3.2.2.2. Type de lagunage

**A-Lagunage naturel B-Lagunage aéré C-Lagunage macrophytes et microphytes**

**A. Lagunage naturel :** Le phénomène mis en place est simple, le traitement par lagunage naturel est constitué d'une série de bassins artificiels, généralement trois bassins. Le temps de séjour est généralement 03 semaines

#### **B. Lagunage aéré**

Le lagunage aéré est une technique d'épuration biologique par culture libre avec un apport artificiel d'oxygène. L'oxygénation est, dans le cas du lagunage aéré, apportée mécaniquement par un aérateur de surface ou une insufflation d'air.

**Dans l'étage d'aération,** les eaux à traiter sont en présence de micro-organismes qui vont consommer et assimiler les nutriments constitués par la pollution à éliminer. Ces micro-organismes sont essentiellement des bactéries et des champignons (comparables à ceux présents dans les stations à boues activées).

**Dans l'étage de décantation,** les matières en suspension que sont les amas de micro-organismes et de particules piégées, décantent pour former les boues. Ces boues sont pompées régulièrement ou enlevées du bassin lorsqu'elles constituent un volume trop important. Cet étage de décantation est constitué d'une simple lagune de décantation, voire, ce qui est préférable, de deux bassins qu'il est possible de by-passer séparément pour procéder à leur curage. (Aerm, 2007).

#### **C.1.Lagunage à macrophytes**

Le lagunage à macrophytes est effectué dans des bassins étanches en séries dans lesquelles on cultive la laitue d'eau. Les bassins sont en général totalement couverts de plantes qui maintiennent ainsi des conditions anaérobies de dégradation de la matière organique initiée

dans le décanteur digesteur. Les boues qui remontent sont piégées par les racines des plantes où se développe une intense activité bactérienne. La fourniture d'oxygène au milieu se fait par l'intermédiaire des racines des plantes (Doulye, 2002).

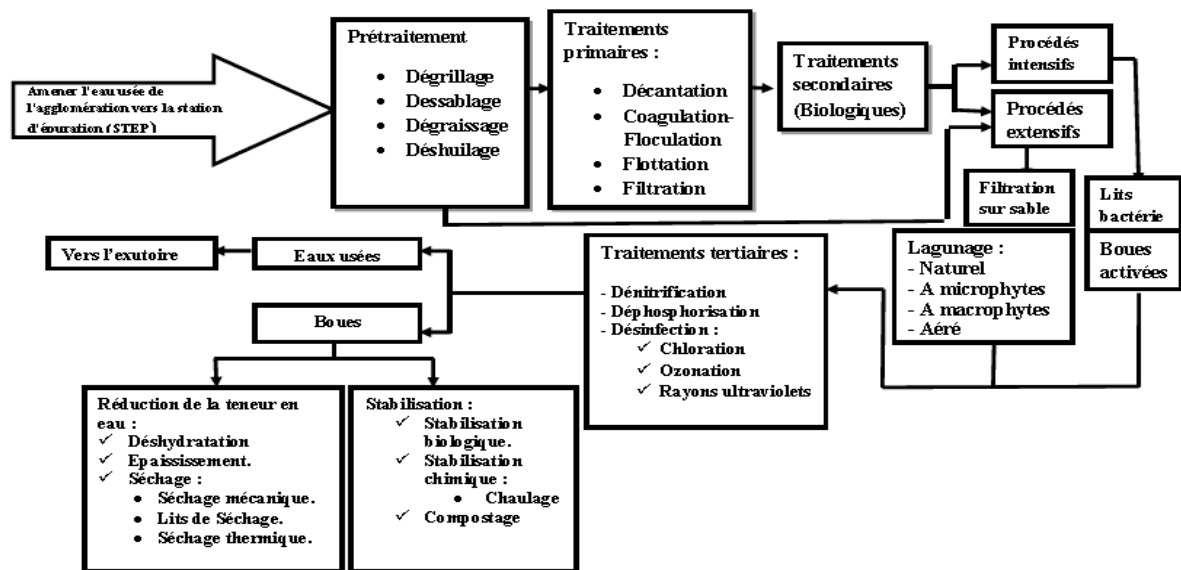
**C.2. Lagunage à microphytes :**

C'est le système le plus simple. Un bassin de 2 m de profondeur est utilisé pour éviter l'installation de plantes autres que les algues unicellulaires.

Ce traitement repose sur l'action combinée des algues unicellulaires et des bactéries. Grâce au rayonnement lumineux, les algues produisent de l'oxygène qui permet la respiration et le développement des colonies bactériennes. Les bactéries, ainsi que certains champignons microscopiques dégradent la matière organique en azote ammoniacal. Celui-ci, dans un milieu bien oxygéné, se transforme en nitrates assimilables par les algues, tout comme les phosphates qui proviennent en majeure partie des eaux de lessives. (Bachi, 2010)

**3.3. Traitements tertiaires**

Les traitements tertiaires regroupent toutes les opérations physiques et chimiques qui complètent les traitements primaires et secondaires (OUALI, 2001). Ils sont fréquemment utilisés dans les usines de production d'eau potable. Ce sont des traitements complémentaires, dénommés parfois traitements avancés (coagulation physico-chimique, filtration sur sable, chloration, ozonation, traitement par le charbon actif, etc.) (EDLINE, 1996). On les réalise afin d'éliminer des éléments nutritifs résiduels, des polluants organiques résistants, des métaux, des pigments, des substances nutritives comme le phosphore et l'azote (FEPS, 2013).



**Figure 1:** schéma récapitulatif de principales voies de traitement de eaux usées et de boues (BOUHANNA, 2014).

## II. Réutilisation Des Eaux Usées épurées

### 1. Définition

La réutilisation des eaux usées traitées est une forme de valorisation d'un potentiel en eau très important. Cette valorisation permet d'alléger le recours aux eaux conventionnelles et essentiellement les eaux souterraines très vulnérables (LAHACHE GAFREJ, 2005).

Les applications de la réutilisation des eaux usées traitées sont nombreuses, qu'il s'agisse d'irrigation agricole, utilisations urbaines (nettoyage, espaces verts), industrielles (refroidissement, protection contre les incendies), d'usages récréatifs, d'entretien d'habitats naturels et de zones humides, ou de recharge de nappe (RINGOT, 2010).

Ainsi, les eaux plus moins traitées rejoignent le cycle naturel de l'eau, apportant des possibilités additionnelle de traitement avant le prélèvement en vue de la réutilisation (AFD, 2011). La figure 2 illustre bien cette distinction : les usages directs sont en rouge, alors que ceux qui sont indirects en jaune. Elle montre également la diverse utilisation possible.



**Figure 2** : schéma représentant la réutilisation directe et indirecte des eaux usées (tiré d'AQUAREC, 2006).

**URB/DOM** : réutilisation urbaine et domestique

**IRR** : irrigation

**POT** : protection d'eau potable.

**GWR** : recharge de la nappe phréatique.

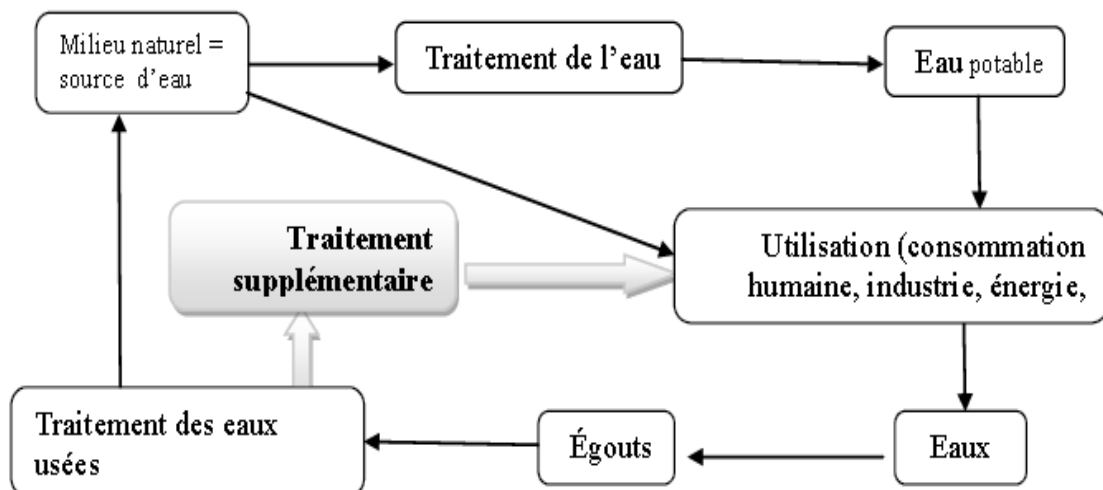
**ENV**. soutien à l'étiage /conservation de milieux humides.

## 2. Importance de réutilisation d'eau usée épurée

Pour satisfaire les besoins croissants liés à la démographie urbaine, il est possible de : lutter contre les gaspillages individuels ou collectifs, accélérer le cycle naturel de renouvellement des ressources et créer de nouvelles ressources grâce au dessalement et au recyclage de l'eau usée traitée (**Figure 3**) (SALGOT & HUERTAS, 2006 ; AITNOUH *et al.*, 2012).

La réutilisation des eaux usées épurées peut être envisagée en vue de :

- protéger l'environnement, qu'il soit marin, lacustre ou souterrain, afin de permettre le maintien d'usages ou de biodiversités en aval. On peut ainsi bâtir un projet de réutilisation en vue d'une limitation du rejet dans l'environnement, voire atteindre un rejet zéro dans le milieu;
- préserver la ressource pour faire face à une situation de stress hydrique (BRL, 2011).



**Figure 3:** Intégration des eaux usées traitées dans le cycle général des ressources en eau (BAUMONT *et al.*, 2005).

## 3. Différentes types de réutilisation des effluents traités

La réutilisation des eaux usées (figure 4) est répandue dans le monde entier avec plusieurs types de valorisations. Il existe des milliers de projets de réutilisation des eaux usées. On peut distinguer les différentes réutilisations suivantes :

### 3.1 Agriculture

La réutilisation agricole des eaux usées (EU) comme moyen d'économiser la ressource a donc été une des premières voies de développement des projets de réutilisation d'eau usée épurée (EUE). L'utilisation des eaux usées à la place d'engrais de synthèse coûteux est économiquement intéressante pour les agriculteurs. De plus, l'arrosage avec des eaux usées

constitue une sorte de fertigation, c'est-à-dire l'application combinée d'eau et de fertilisants via le système d'irrigation (BAUMONT *et al*, 2005).

### 3.2. Arrosage des espaces verts

Les eaux usées sont couramment employées pour l'arrosage des espaces verts urbains, comme les jardins publics et les terrains de golf. Il faut alors veiller à protéger le public contre les risques résultant d'un contact direct avec l'herbe, les buissons, les arbres, ou tout ce qui peut être contaminé (OMS, 1989).

### 3.3. Aquaculture

L'élevage de poissons et la culture de plantes aquatiques dans des bassins fertilisés par des EU et des excréta sont des pratiques courantes, en particulier en Asie. En Inde, plus de 130 réseaux de viviers fertilisés par des eaux-vannes couvrant une superficie d'environ 12000 ha. Le rendement annuel moyen est de plus de 1000 kg/ha, assurant de 10 à 20% de la consommation de poisson de l'agglomération de Calcutta (OMS, 1989).

### 3.4. Industrie

Parmi les activités industrielles, la production d'énergie est de très loin le secteur qui prélève le plus d'eau dans le milieu (RNDE, 2003). D'après (ASANO, 1998), un des premiers cas dans le monde est une papeterie du Japon qui est fournie en eaux épurées depuis 1951.

La REUE industrielle peut donc être intéressante dans le secteur de l'énergie, dans les circuits de refroidissement fermés ou ouverts. Les autres applications possibles concernent les laveries industrielles, les stations de lavage de voiture, l'industrie du papier, la production d'acier, de textiles, les industries d'électroniques et de semi-conducteurs, etc. (BAUMONT *et al*, 2005).

### 3.5. Usages urbains

Les utilisations possibles d'eaux épurées en zone urbaine sont extrêmement nombreuses, et il en existe de multiples exemples à travers le monde ; ces projets concernent :

- l'arrosage de parcs, de terrains de sport, de terrains de golf, d'aires de jeux ;
- les bassins d'agrément, piscines, bassins pour la pêche et la navigation de plaisance;
- les eaux des sanitaires d'un immeuble ou d'un groupe d'immeubles ;
- le lavage de voirie, réservoirs anti-incendies, etc. (BAUMONT *et al*, 2005).

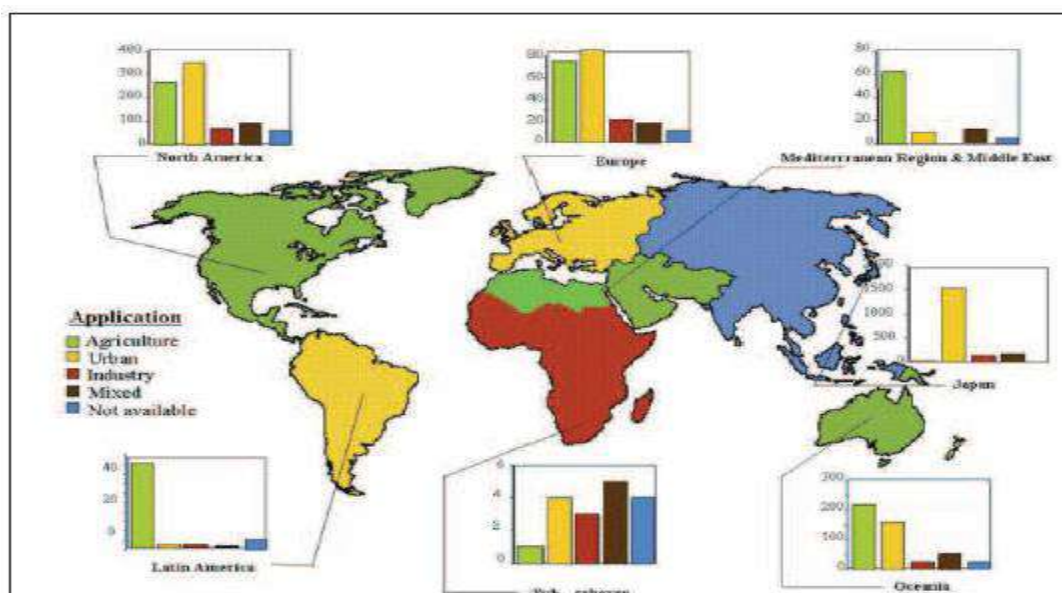
### 3.6. Production d'eau potable

La production d'eau potable est l'aboutissement le plus extrême de la réutilisation des EUE. Elle a lieu essentiellement dans les zones arides ou semi-arides. Le cas unique de Windhoek en Namibie correspond à une situation unique en terme de ressources en eau, et la réutilisation directe (quand l'eau ne revient jamais dans le milieu naturel) était la seule solution

envisageable. Il en est de même pour le comté d'Essex, qui se trouve dans la zone la plus « sèche » d'Angleterre. D'un point de vue sanitaire, il faut noter qu'aucune incidence sur la santé n'a été relevée, aussi bien à Windhoek où la REUE existe depuis plus de 25 ans qu'à Chelmsford (début du projet en 1996). (BAUMONT *et al*, 2005).

### 3.7. Recharge des nappes

Ce mode de réutilisation a lieu essentiellement dans des zones arides qui doivent faire face à des problèmes d'assèchement de nappes, ou dans des zones côtières où les nappes sont envahies par l'eau de mer (BAUMONT *et al*, 2005). Il faut souligner que le succès d'une opération de recharge de nappe dépend beaucoup de la qualité des études hydrogéologiques et pédologiques préalables (FABY & BRISSAUD, 1998).



**Figure 4:** Aspects de réutilisation des EU dans les différentes régions du monde (BOXIO *et al*, 2005).

## 4. Réutilisation des eaux usées épurées dans le monde

Dans les pays développés, l'usage planifié des eaux usées traitées est plus courant (OUANOUKI *et al.*, 2009). La REUE a connu un développement rapide ces dix dernières années. Une croissance des volumes de l'ordre de 10% à 29% par an en Europe, aux Etats Unis et en Chine, et jusqu'à 41% en Australie (TAMRABET, 2011). Le volume journalier des eaux usées réutilisées est de 1,5-1,7 millions de m<sup>3</sup> dans plusieurs pays comme la Californie, la Floride, ou la Chine. Certains pays européens méditerranéens ont aussi des objectifs ambitieux : réutiliser 100% des eaux usées à Chypre et à Madrid (BEAUPOIL *et al.*, 2010).



**Au Tunisie**, l'utilisation des EUT est déclarée comme un objectif national et on vise un taux d'utilisation de 50 % dans l'agriculture irriguée (NEUBERT et BENABDALLAH, 2003). Une politique de réutilisation des eaux usées traitées (EUT) a été adoptée au début des années 80. En effet, sur 170 millions m<sup>3</sup> d'eaux usées collectées par an, environ 40 millions m<sup>3</sup> d'eaux usées traitées sont valorisés en agriculture (BELAID, 2010).

**Au Maroc**, le volume en ressources des eaux usées traitées est estimé à 300 millions de m<sup>3</sup> dont 20% sont réutilisées (ELMEKNASSI, 2013), les rejets épurés sont utilisés pour satisfaire les besoins des périmètres agricoles péri-urbains (TAMRABET, 2011).

**Aux Etats-Unis**, depuis 1955, les eaux usées sont réutilisées à des fins paysagères. En effet, outre l'arrosage de parcs, de parcours de golf et de jardins publics, des lacs artificiels ont été alimentés en tout ou partie par des eaux usées épurées (BELAID, 2010).

**En Syrie**, la superficie totale des terres irriguées avec les eaux usées traitées et brutes est de 40000 hectares (CONDOM, et al 2012).

**En Arabie Saoudite**, le royaume réutilisait 15% des eaux usées traitées, pour irriguer 9000 ha de dattiers et de fourrage, notamment la luzerne (Straus et al., 1990 in BALAID, 2010).

**L'Australie** est l'un des continents les plus secs, la réutilisation des eaux usées concerne, entre autres, l'irrigation des cultures, des prairies et des espaces verts. Ce pays produit entre 150 à 200 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> /an d'eaux usées traitées, 9% sont réutilisées (CONDOM, et al 2012).

## 5. Différentes réglementations dans le monde

L'élimination des risques microbiologiques et chimiques est le principal objectif du traitement des eaux usées destinées à être réutilisées. Afin de garantir la protection de la santé publique, il est indispensable de mettre en place des normes et des réglementations strictes et adaptées à la spécificité des différentes cultures (FAO, 2007).

### 5.1. Recommandations de l'OMS

En 1985, les directives ont été réexaminées et la nature des risques sanitaires associés à l'agriculture et à l'aquaculture a été révisée.

En 1989, l'OMS a publié un nouvel ensemble de directives sur la qualité microbiologique pour la réutilisation de l'eau récupérée dans l'agriculture et l'aquaculture (**tableau I**). D'autres utilisations à des fins non potables n'étaient pas prises en compte. Les directives fixent des valeurs  $\leq 1000$  CF/100ml et  $\leq 1$  oeuf de nématode intestinal/l pour une irrigation sans restrictions, et seulement  $\leq 1$  oeuf de nématode intestinal/l pour une irrigation avec restrictions (OMS & PNUE, 2005).

L'OMS a publié en 2006 de nouvelles lignes directrices sur l'utilisation des eaux usées (WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater), qui tiennent compte des situations locales et privilégient les moyens à prendre pour réduire au minimum les risques sanitaires posés par ces eaux. L'approche innove surtout parce qu'elle encourage l'adoption de mesures relativement simples pour protéger la santé à tous les maillons de la chaîne alimentaire. Il s'agit d'une approche à barrières multiples qui cherche à protéger la santé des consommateurs. Cette approche peut inclure la combinaison des éléments suivants: le traitement des eaux usées, la restriction des cultures, les techniques d'irrigation, le contrôle de l'exposition aux EU ainsi que le lavage, la désinfection et la cuisson des produits (OMS, 2006).

### **5.2. Recommandation de l'USEPA**

L'USEPA (United States Environmental Protection Agency) a publié en 1992, en collaboration avec l'USAID (United States Agency of International Development), ses propres recommandations sur la réutilisation des EUT, intitulées « Guidelines for Water Reuse ». Contrairement à l'OMS, ces recommandations ne sont pas basées sur des études épidémiologiques ni sur une estimation du risque, mais sur un objectif de zéro pathogène dans les eaux réutilisées. Ces normes microbiologiques sont donc beaucoup plus strictes. Dans ces recommandations plusieurs paramètres sont pris en compte : le pH, la Demande Biologique en Oxygène (DBO5), la turbidité ou les solides en suspension et les coliformes fécaux (BELAID, 2010).

Les trois recommandations (OMS, USEPA et Californienne) s'opposent à plusieurs niveaux. Une des différences concerne le niveau de traitement recommandé. Il est dit dans le document de l'OMS qu'un traitement extrêmement efficace peut être atteint par des bassins de stabilisation, alors que l'USEPA n'évoque que des traitements de désinfection tertiaire type chloration, ozonation, etc. Les modes de contrôle varient aussi : alors que l'OMS préconise de contrôler le nombre de nématodes, l'USEPA recommande le comptage des coliformes totaux comme unique contrôle de la qualité microbiologique. En général, l'OMS est taxée d'être trop laxiste, et l'USEPA de préconiser des traitements trop chers et trop technologiques, inaccessibles aux pays en voie de développement (BELAID, 2010).

### **5.3. Recommandations de l'Union Européenne**

Il n'existe aucune réglementation sur la réutilisation de l'eau au niveau européen. La seule référence dans ce domaine est l'article 12 de la directive européenne sur les eaux usées

(91/271/CEE, UE, 1991) qui stipule que "les eaux traitées doivent être utilisées chaque fois qu'il y a lieu" (OMS & PNUE, 2005).

Cette lacune n'a pas empêché les pays membres d'adopter leur propre réglementation, sans homogénéisation à l'échelle européenne. En effet, aujourd'hui, certains pays comme l'Italie s'inspirent des normes américaines, et d'autres, comme la France, des normes de l'OMS.

D'autres organismes ont établi des recommandations complémentaires pour quelques paramètres chimiques. Ainsi, la FAO (2003) a fixé, selon la durée de réutilisation, des limites concernant les éléments traces dans les eaux usées traitées destinées à l'irrigation. (Tableau II), aussi pose un Directives de la FAO pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation (Tableau III)

Tableau I : Recommandations microbiologiques de l'OMS 1989 pour les eaux usées destinées à l'irrigation (OMS., 1989).

**Tableau I** : Recommandations microbiologiques de l'OMS 1989 pour les eaux usées destinées à l'irrigation (OMS., 1989).

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

a. Espèce *Ascaris* et *Trichuris* et ankylostomes.

b, Pendant la périodes d'irrigation.

c, une directive plus stricte (<200 coliformes intestinaux par 100ml) est justifiée pour les pelouses avec lesquelles le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.

d, Cette recommandation peut être assouplie quand les plantes comestibles sont systématiquement consommées après une longue cuisson.

e, dans le cas d'arbres fruitiers, l'irrigation doit cesser deux semaines avant la cueillette et les fruits tombés ne doivent jamais être ramassés. Il faut éviter l'irrigation par aspersion.

**Tableau II:** Limites recommandées en éléments traces (mg/ l) dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation (FAO, 2003 in NADIR, 2014).

Constituent	Utilisation à long terme <sup>b</sup> (mg/l)	Court terme <sup>c</sup> (mg/l)
Aluminium	5.0	20.0
Arsenic	0.10	2.0
Béryllium	0.10	0.5
Bore	0.75	2.0
Cadmium	0.01	0.05
Chrome	0.1	1.0
Cobalt	0.05	5.0
Cuivre	0.2	5.0
Fluor	1.0	15.0
Fer	5.0	20.0
Plomb	5.0	10.0
Lithium	2.5	2.5
Manganèse	0.2	10.0
Molybdène	0.01	0.05
Nickel	0.2	2.0
Sélénium	0.02	0.02
Vanadium	0.1	1.0
Zinc	2.0	10.0

<sup>a</sup> Adapté de: Académie nationale des sciences - National Academy of Engineering (1973)  
<sup>b</sup> Pour l'eau utilisée sans interruption sur tous les sols  
<sup>c</sup> Pour l'eau utilisée pendant une période d'un plus 20 ans sur des sols de texture fine, neutres ou alcalins

**Tableau III :** Directives de la FAO pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation (FAO, 2003 in NADIR, 2014).

Problèmes Potentiels en Irrigation	Unités	Degré de restriction à l'usage		
		Aucun	Léger à modéré	Sevère
Salinité EC <sub>v</sub> <sup>1</sup> ou TDS	dS/m mg/l	< 0.7 < 450	0.7 - 3.0 450 - 2000	> 3.0 > 2000
Infiltration SAR <sup>2</sup> =0 - 3 et EC <sub>e</sub> = -3 - 6 = -6 - 12 = =12 - 20 = =20 - 40 =	dS/m	> 0.7 > 1.2 > 1.9 > 2.9 > 5.0	0.7 - 0.2 1.2 - 0.3 1.9 - 0.5 2.9 - 1.3 5.0 - 2.9	< 0.2 < 0.3 < 0.5 < 1.3 < 2.9
<b>Toxicité Spécifique des ions</b>				
Sodium (Na) Irrigation de surface	SAR	< 3	3 - 9	> 9
Irrigation par aspersion	még/l	< 3	> 3	
Chlorure (Cl) Irrigation de surface	még/l	< 4	4 - 10	> 10
Irrigation par aspersion	még/l	< 3	> 3	
Bore (B)	mg/l	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
<b>effets divers</b>				
Azote (NO <sub>3</sub> -N) <sup>3</sup>	mg/l	< 5	5 - 30	> 30
Bicarbonate (HCO <sub>3</sub> )	még/l	< 1.5	1.5 - 8.5	> 8.5
<b>pH</b> Gamme normale 6.5 - 8.4				

<sup>1</sup> EC<sub>v</sub> signifie la conductivité électrique en deciSiemens par mètre à 25°C  
<sup>2</sup> SAR signifie le taux d'adsorption de sodium (sodium adsorption ratio).  
<sup>3</sup> NO<sub>3</sub>-N signifie l'azote sous forme de nitrate rapporté en terme d'azote élémentaire. NH<sub>3</sub>-N et N-organique devraient être également examinés dans les eaux usées.

## 6. Réglementation algérienne de la REUE

La réglementation algérienne de la réutilisation des eaux usées épurées (REUE) en agriculture a été préparé par les structures algériennes responsables pour l'introduction des EUE comme alternatives efficaces contre la pénurie des eaux conventionnelles à l'échelle national (Tableaux IV et V). Dans les zones sahariennes, les ressources en eaux souterraines sont vulnérables et non renouvelables, la réutilisation des eaux usées traitées on respectant les normes cité ci-dessous (voir tableaux) apparait comme une solution très conseillé (ONA SAIDA, 2010).

- **Loi 05-12 relative à l'eau** : fixe les principes et les règles applicables pour l'utilisation, la gestion et le développement durable des ressources en eau en tant que bien pour la collectivité nationale (JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, 2010)
- **Décret exécutif n° 07-149** du 3 Joumada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007, susvisé, le présent arrêté a pour objet de fixer les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation .Les principaux axes de ce décret sont les modalités de Concession d'utilisation des EUE, les risques liés à l'usage des EUE (interdictions, distance à respecter...), Les contrôles sanitaires, Le Cahier des charges-type relatif à la REUE (JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, 2012).
- **Arrêté interministériel du 2 janvier 2012**, fixant la liste des cultures (**tableau V**) pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées (annexe 7 IN NEGAIS, 2015).

**Tableau IV** : Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées

Groupes de cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées	Liste des cultures
Arbres fruitiers (1)	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 (2)	Bersim, maïs, sorgho fourragers, vesce et luzerne.
Culture industrielles	Tomate industrielle, haricot à rames, petit pois à rames, betterave sucrière, coton, tabac, lin.
Cultures céréalières	Blé, orge, triticale et avoine
Cultures de production de semences	Pomme de terre, haricot et petit pois.
Arbustes fourragers	Acacia et atriplex.
Plantes florales à sécher ou à usage industriel	Rosier, iris, jasmin, marjolaine et romarin.

(1) L'irrigation avec des eaux usées épurées est permise à condition que l'on cesse l'irrigation au moins deux semaines avant la récolte. Les fruits tombés au sol ne sont pas ramassés et sont à détruire.

(2) Le pâturage direct dans les parcelles irriguées par les eaux usées épurées est strictement interdit et, ce afin de prévenir toute contamination du cheptel et par conséquent des consommateurs.

**Tableau V:** Recommandations microbiologiques pour la REUE en agriculture (JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, 2012).

Groupe des Cultures à irriguer	Critères de qualité microbiologiques	
	Nématodes (œufs / L) (moyenne arithmétique)	Coliformes Fécaux (CFU / 100 ml) (moyenne géométrique)
Irrigation non restrictive. Culture de produits pouvant être consommés crus.	Absence	< 100
Légumes qui ne sont consommés que cuits. Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	< 0.1	< 250
Arbres fruitiers (1). Cultures et arbustes fourragers (2). Cultures céréalières. Cultures industrielles (3). Arbres forestiers. Plantes florales et ornementales (4).	<1	Seuil recommandé <1000
Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6).	Pas de norme recommandée	1000

(1) L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombe ne doit être ramassé sur le sol. L'irrigation par aspersion est à éviter.

(2) Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe.

(3) Pour les cultures industrielles et arbres forestiers, des paramètres plus permissifs peuvent être adoptés.

(4) Une directive plus stricte (<200 coliformes fécaux par 100 ml) est justifiée pour l'irrigation des parcs et des espaces verts avec lesquels le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.

(5) Exige une technique d'irrigation limitant le mouillage des fruits et légumes.

(6) A condition que les ouvriers agricoles et la population alentour maîtrisent la gestion de l'irrigation localisée et respectent les règles d'hygiène exigées. Aucune population alentour.

**Tableau VI:** Recommandations physico-chimiques pour REUE en agriculture (JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, 2012).

	Paramètres	Unité	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
<b>Physique</b>	pH	-	6 < pH < 8.5
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
	Infiltration le SAR = 0-3 CE	ds/m	0.2
	3-6		0.3
	6-12		0.5
	12-20 20-40		1.3 3
<b>Chimique</b>	DBO5	mg/l	<b>30</b>
	DCO	mg/l	<b>90</b>
	Chlorure (Cl)	meq/l	<b>10</b>
	Azote (NO3-N)	mg/l	<b>30</b>
	Bicarbonates (HCO3)	meq/l	<b>8.5</b>
<b>Eléments toxique(*)</b>	Aluminium	mg/l	<b>20.0</b>
	Arsenic	mg/l	<b>2.0</b>
	Cadmium	mg/l	<b>0.05</b>
	Béryllium	mg/l	<b>0.5</b>
	Chrome	mg/l	<b>1.0</b>
	Cobalt	mg/l	<b>5.0</b>
	Cuivre	mg/l	<b>5.0</b>
	Bore	mg/l	<b>2.0</b>
	Cyanures	mg/l	<b>0.5</b>
	Fluor	mg/l	<b>15.0</b>
	Fer	mg/l	<b>20.0</b>

	Phénols	mg/l	<b>0.002</b>
	Plomb	mg/l	<b>10.0</b>
	Lithium	mg/l	<b>2.5</b>
	Manganèse	mg/l	<b>10.0</b>
	Mercure	mg/l	<b>0.01</b>
	Molybdène	mg/l	<b>0.05</b>
	Nickel	mg/l	<b>2.0</b>
	Sélénium	mg/l	<b>0.02</b>
	Vanadium	mg/l	<b>1.0</b>
	Zinc	mg/l	<b>10.0</b>

## 7. Avantages de réutilisation des eaux usées traitées

### 7.1. Avantages sociaux

L'utilisation d'eaux usées traitées permet donc d'enrayer les limites de la production de denrées alimentaires liées au manque d'eau, contribuant ainsi à la sécurité alimentaire mondiale (Trad Rais et Xanthoulis, 2006). Elle limite les pénuries en améliorant la disponibilité des ressources, notamment en cas de sécheresse (Veolia, 2010).

L'amélioration des milieux aquatiques, des zones de baignade, des parcs et des cultures conchylicoles se traduit par une amélioration du cadre de vie et de l'environnement où vivent les populations (SYNTEAU, 2012). Aussi, le volume d'eau usée produit tend à augmenter parallèlement à la croissance de la population (Veolia, 2006).

### 7.2. Avantages environnementaux

Dans le premier temps, la réutilisation permet de mobiliser en eau additionnelle (MEDDE, 2013). On devrait donc voir diminuer les prélèvements (Toze, 2006). En effet cette pratique permet de diminuer l'usage des ressources qui sont les eaux de surfaces et les eaux souterraines, et ainsi éviter leur surexploitation (Synteau, 2012).

Ensuite, comme mentionné précédemment, la réutilisation permet d'éviter, ou du moins, de diminuer la quantité de rejets d'eaux usées dans les milieux récepteurs (veolia, 2010).

Cette pratique s'accompagne aussi d'une meilleure maîtrise de l'assainissement, et donc, de rejets moins polluants (Veolia, 2006). Cette baisse quantitative et qualitative des rejets se traduit alors par une diminution de la dégradation de l'environnement, notamment de



l'eutrophisation des cours d'eau (Toze, 2006). De plus dans le cas du soutien à l'étiage et du maintien des débits écologique à l'aide d'eaux usées traitées, on s'attend à ce que les impacts environnementaux n'excèdent pas ceux observés lors du rejet normal d'eaux usées par les stations d'épuration (UN NRC ,2012).

De plus, la réutilisation d'une partie des eaux usée permet d'augmenter la quantité d'eau disponible Pour les usages non domestique de ce fait,elle permet de préserver les ressources en eau de qualité Supérieure pour les usages plus restrictifs (Veolia,2006).

Donc,la réutilisation des eaux usées réduit la quantité et le volume des rejets d'eaux usées pouvant dégrader le milieu naturelle. Les milieux récepteurs sont donc en meilleur état et non limitent plus les usages que l'on peut en faire.

Finalement, la réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation permet de bénéficier de leur apport en nutriment pour répondre aux besoins des cultures (Toze, 2006).

### **7.3. Avantages économiques**

Un des grands avantages que la réutilisation des eaux usées traitées apporte, c'est un approvisionnement stable et faible de la ressource en eau (Toze, 2006). En effet, le grand volume relativement constant d'eau usée traitée est indépendant aux variations climatiques (SYNTEAU ,2012).

Par ailleurs, la réutilisation a des coûts moins chers que l'approvisionnement en eau souterraine profonde, que l'importation d'eau et que le dessalement (Veolia, 2006). Les besoins des divers usages peuvent donc être satisfaits à moindre coût (SYNTEAU, 2012).

Durant la saison estivale, la réutilisation permet de répondre à la grande demande d'eau fait par le domaine agricole, même en cas de sécheresse et sans nuire aux autres usages (US EPA ,2012). Il s'agit donc d'une économie de ressource en eau et d'une diminution de la pollution des cours d'eau en aval cela résulte en une baisse des coûts de pompage, de traitement et de transport de l'eau potable (BRGM, 2010).

### **8. Impacts négatifs et risques de la réutilisation des eaux usées épurées**

Les recommandations et les dangers de la réutilisation sont habituellement définis selon des normes publiées par des collectivités locales ou des agences nationales et internationales.

Le risque est défini comme étant la probabilité de blessure, de maladie ou de mort sous certaines circonstances. Lorsqu'on parle de risque lié à la réutilisation des eaux usées, il est à prendre en considération aussi bien le risque associé à la santé humaine que celui lié à l'environnement (SALGOT & HUERTAS, 2006).

### **8.1. Risques liées à la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture**

Les risques liés à la réutilisation des eaux usées en agriculture sont multiples et de nature microbiologique, chimique ou environnementale. Ces risques sont MES, excès des nutriments (N, P, K), bactéries, helminthes, virus, les métaux lourds et la salinité. (ABBOU, 2010 ; TAMRABET, 2011).

**8.1.1. Matières en suspension (MES) :** La plupart des micro-organismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportée par les MES qui les protègent de beaucoup de traitements, d'autre part, si les MES sont présentes en trop grande quantité, elles peuvent entraîner le bouchage des canalisations et systèmes d'irrigation.

**8.1.2. Excès des nutriments :** Les éléments nutritifs (azote, phosphore et potassium) peuvent être en excès par rapport aux besoins de la plante et provoquer des effets négatifs, aussi bien au niveau de la culture que des sols. Un apport d'azote excédentaire par rapport aux besoins des cultures, peut provoquer dans un sol très perméable la lixiviation du nitrate dans la nappe phréatique ; La concentration en phosphore dans les effluents secondaires varie de 6 à 15 mg/l. s'il y a excès, il est pour l'essentiel retenu dans le sol par des réactions d'adsorption et de précipitation, cette rétention est d'autant plus effective que le sol contient des oxydes de fer, d'aluminium ou du calcium en quantités importantes. La concentration en potassium dans les effluents secondaires varie de 10 à 30 mg/l et permet donc de répondre partiellement aux besoins.

**8.1.3. Bactéries :** La plus grande préoccupation associée à la réutilisation des eaux usées, même traitées, est la transmission potentielle de maladies infectieuses. Les eaux usées urbaines contiennent en moyenne environ  $10^6$  à  $10^7$  bactéries/100 ml. Des germes témoins de contamination fécale sont communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau ce sont les coliformes thermo- tolérants.

**8.1.4. Virus :** Les virus sont des parasites intracellulaires obligés qui ne peuvent se multiplier que dans une cellule hôte. On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre  $10^3$  et  $10^4$  particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont difficiles.

**8.1.5 Protozoaires :** sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries (taille comprise entre 1 et 200  $\mu\text{m}$ ). La plupart des Protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire, qu'ils se développent aux dépens de leur hôte. Certains Protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de

résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées.

**8.1.6. Helminthes :** Les helminthes sont fréquemment rencontrés dans les eaux résiduaires. Dans les eaux usées urbaines, le nombre d'œufs d'helminthes peut être évalué entre 10 et  $10^3/L$ . Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve, alors que pour d'autres, ce sont les œufs.

**8.1.7 Risque chimique :** Concernant les éléments traces métalliques : bore, fer, manganèse, zinc, cuivre et molybdène. L'irrigation, à partir d'eaux usées, va apporter ces éléments, mais aussi d'autres oligo-éléments, non indispensables à la plante tels que le plomb, le mercure, le cadmium, le brome, le fluor, l'aluminium, le nickel, le chrome et le sélénium.

**8.1.8. Salinité :** Le principal critère d'évaluation de la qualité d'une eau naturelle dans la perspective d'un projet d'irrigation est sa concentration totale en sels solubles. Les eaux usées épurées sont habituellement très salées, leur utilisation pour l'irrigation nécessite des suivis très ambitieux des impacts sur les sols et les cultures.

## **8.2. Risque sanitaire**

### **8.2.1. Les catégories des risques**

Les risques pour la santé liés à la réutilisation des eaux usées peuvent varier selon les trois sous-catégories de la population :

#### **8.2.1.1. Les consommateurs de cultures consommées crues**

En ce qui concerne les risques pour la santé associés à la consommation, la préoccupation principale a trait aux légumes souvent mangés crus, par exemple les plats de salades crues. Plusieurs vagues de diarrhées ont été associées aux légumes irrigués au moyen d'eaux usées (DRECHSEL *et al*, 2011).

#### **8.2.1.2. Les travailleurs agricoles**

Les groupes les plus touchés sont les travailleurs agricoles, en raison de la durée et de l'intensité de leur contact avec les eaux usées et les sols contaminés. Des études épidémiologiques de groupes d'agriculteurs utilisant des eaux usées ont apporté des preuves accablantes du risque élevé d'infections aux helminthes ; cela a mené à la valeur stricte des directives de l'OMS de  $\leq 1$  oeuf par litre d'eau d'irrigation (DRECHSEL *et al*, 2011).

#### **8.2.1.3. Les risques pour communautés locales de l'irrigation par aspersion**

Les études de meilleure qualité réalisées sur l'irrigation par aspersion avec des eaux usées traitées indiquent qu'il peut exister un risque accru d'infection lorsque la teneur en coliformes thermotolérants des eaux usées atteint  $10^6$  pour 100 ml, mais qu'il n'y a pas d'augmentation

du risque infectieux lorsque ces eaux contiennent au plus  $10^4$ - $10^5$  coliformes thermotolérants pour 100 ml (OMS, 2012).

### 8.2.2. Les maladies à transmission hydrique

Les excréta humains sont en cause dans la transmission de nombreuses maladies infectieuses comme le choléra, la typhoïde, divers types d'hépatites virales, la poliomyélite, la schistosomiase et l'infestation par divers types d'helminthes (OMS, 2012).

Les maladies à transmission hydrique (MTH) , (tableaux VI) sont à l'origine de la mortalité élevée des populations des pays en voie de développement. L'eau contaminée par les microorganismes est une source d'infections très importante (MADIGAN *et* MARTINK, 2007).

**Tableau VI:** Principaux groupes et genres d'agents pathogènes responsables de maladies d'origine hydriques. (Modifié d'après GERBA (1996) in STRAUB *et* CHANDLER (2003).

Groupe	Pathogène	Maladie
Virus	Entérovirus (Polio, Echovirus, Coxsackie	Paralyse, méningite, rash, fièvre, Myocardite, maladie respiratoire, diarrhée,
	Hépatite A et B	Infections hépatiques
	Calicivirus humains	Vomissement, diarrhée
	Sapporo	Diarrhée, gastroentérites
	Rotavirus	Diarrhée, gastroentérites
	Astrovirus	Diarrhée
	Adénovirus	Maladie respiratoire, conjonctivite, diarrhée
	Réovirus	Affection respiratoire bénigne et diarrhée
	Bactéries	<i>Salmonella</i>
<i>Shigella</i>		Dysenterie bacillaire
<i>Campylobacter</i>		Gastroentérites

	<i>Yersinia enterocolitica</i>	Diarrhée
	<i>Escherichia coli</i>	Diarrhée, gastroentérites
	<i>Legionella pneumophila</i>	Pneumonie, autres maladies respiratoires
Protozoaires	<i>Naegleria</i>	Meningoencéphalés
	<i>Entamoeba histolytica</i>	Dysenterie amibienne
	<i>Giardia lamblia</i>	Diarrhée, malabsorption
	<i>Cryptosporidium parvum</i>	Diarrhée aiguë
	<i>Cyclospora</i>	Diarrhée
	<i>Microsporidium</i>	Diarrhée
Helminthes	<i>Ascaris</i>	Ascariase
	<i>Trichuris</i>	Diarrhée, douleur abdominale
	<i>Taenia</i>	Diarrhée, douleurs musculaires
	<i>Schistosoma mansoni</i>	Schistosomiasis
	<i>Hymenolepis</i>	Nervosité, troubles digestifs, anorexie

## 8.4. Risques environnementaux

### 8.4.1. L'accumulation d'éléments potentiellement toxiques : Métaux

L'utilisation d'eaux usées contenant des rejets industriels fortement chargés en métaux lourds conduit à une accumulation de métaux dans les sols et les cultures et a été mise en relation avec des problèmes de santé chez les consommateurs de cultures.

Les métaux sont liés aux sols dont le pH dépasse 6,5 et/ou la teneur en matières organiques est élevée. Pour les valeurs de pH inférieures à ce seuil, toute la matière organique est consommée ou tous les sites d'adsorption utilisables dans le sol sont saturés ; les métaux deviennent mobiles et peuvent être absorbés par les cultures et contaminer les étendues d'eau. On trouve fréquemment dans les eaux usées du cadmium, du cuivre, du molybdène, du nickel et du zinc, qui peuvent être facilement mobilisés et absorbés par les végétaux. Le cadmium et

le nickel présentent des dangers pour la santé plus graves que les autres métaux en raison de leur plus forte toxicité pour l'homme. Les effets des métaux lourds sur les cultures sont complexes, car ces métaux peuvent participer à des interactions antagonistes, qui influent sur leur absorption par les végétaux (OMS, 2012).

#### **8.4.2. La salinisation**

La qualité de l'eau utilisée en irrigation est un facteur de premier ordre dans la salinisation du sol. En effet, le risque de salinisation du sol est exclu si l'eau d'irrigation est de bonne qualité même si les autres facteurs influençant ce processus sont favorables. La qualité d'une eau d'irrigation est estimée en prévoyant son influence sur les propriétés du sol et en considérant la tolérance des cultures pratiquées à la salure. L'étude d'un autre cas d'irrigation avec des EUT, dont la charge en sel est de 1,8 g/l, a montré, une augmentation de la conductivité électrique du sol de 0,92 dS/m à 1,93 dS/m sur les 40 premiers centimètres du sol, ce qui correspond à un apport en sel de l'ordre de 6,2 T/ha (Zekri et al., 1997).

Cette augmentation de la salinité du sol suite à l'irrigation par des eaux usées est également signalée par d'autres auteurs (Yadav et al., 2002; Al-Nakshabandi et al., 1997)

#### **8.4.3. Excès en sels et en sodium**

Les eaux usées salées contiennent des niveaux excédentaires de sels solubles, tandis que les eaux sodiques se caractérisent par des niveaux excédentaires de Na<sup>+</sup>. Dans de nombreux cas, les autres sels et le sodium (Na<sup>+</sup>) sont présents dans des concentrations excédentaires, menant à des eaux usées salées et sodiques. Les sels excédentaires apportés par l'irrigation avec des eaux usées entraînent des effets négatifs sur les cultures, les sols et l'eau souterraine (DRECHSEL et al, 2011).

#### **8.4.4. Matières solides en suspension**

Les matières solides en suspension dans les eaux usées peuvent boucher les infrastructures d'irrigation, en particulier si l'on utilise des buses d'aspersion ou si l'on irrigue par goutte-à-goutte. De plus, si ces matières ne sont pas biodégradables, elles peuvent aussi diminuer la percolation. Les matières solides en suspension provenant des bassins de stabilisation peuvent inclure des particules algales, qui enrichissent les sols en matières organiques et en nutriments après leur biodégradation (OMS, 2012)

#### **8.4.5. Sodicit **

C'est une forme particulière de salinisation, résulte d'une forte concentration d'ions sodium par rapport aux concentrations d'ions calcium et magnésium. Ce phénomène peut se produire même avec des eaux ayant une faible teneur en matières solides dissoutes et une conductivité

peu élevée. Les carbonates et les bicarbonates peuvent également provoquer une défloculation des sols.

Cet effet reste modéré lorsque la concentration de bicarbonates se situe entre 90 et 500 mg/l ; au-dessus de 500 mg/l, des problèmes peuvent apparaître (OMS, 2012).

#### **8.4.6. Excès d'éléments nutritifs**

Dans le cas des macroéléments, comme l'azote et le phosphore, il existe quatre possibilités d'incidence :

- Les nitrates sont hautement solubles et peuvent se déplacer facilement dans les sols irrigués avec des eaux usées par lixiviation (DRECHSEL et *al*, 2011).

Un excédent d'azote par le biais des eaux usées peut entraîner des retards dans la maturité des cultures, une pourriture noire et un faible rendement économique.

- Un excédent d'azote et de phosphore dans les eaux usées peut causer l'eutrophisation de cours d'eau naturels et de mauvaises herbes dans les systèmes d'irrigation.
- Le lessivage de l'azote peut entraîner la pollution des eaux souterraines et la méthémoglobinémie (une réduction de la capacité du sang à transporter l'oxygène, élément vital, dans tout le corps, généralement chez les nourrissons) dans des cas où on boit des eaux souterraines riches en azote (notamment des concentrations élevées en nitrates) (DRECHSEL et *al*, 2011).

### **III. Réutilisation Des Eaux Usées épurées En Algérie**

#### **1. La gestion des eaux usées épurées en Algérie**

La stratégie de gestion des eaux usées épurées a pour objectif de leur mobilisation pour les autres secteurs, notamment le secteur agricole (DAPE, 2013). Ce qui révèle que la réutilisation des eaux usées épurées, notamment à des fins agricoles est devenue l'un des axes principaux de la stratégie du secteur des ressources en eau en Algérie. Cette stratégie vise la collecte des eaux usées à travers un vaste programme de remise à niveau et d'extension du réseau d'assainissement national, l'épuration des eaux usées par la réalisation de stations d'épuration et de lagunage à travers le territoire national, la réutilisation de ces eaux au niveau de l'agriculture, de l'industrie et à un degré moindre, la recharge artificielle des nappes souterraines, notamment les nappes côtières pour faire reculer le biseau salé (DAPE, 2013).

Ceci s'est reflété par le lancement d'un vaste programme de projets depuis l'an 2000. Ces projets, d'importance nationale, consistaient en la remise à niveau, l'extension du réseau d'assainissement national, l'épuration des eaux usées par la réalisation de stations d'épuration à travers le territoire national et l'adaptation des cadres réglementaire et institutionnel. Selon la DAPE 2013, en 2020, les eaux usées représenteront un volume très appréciable de près de 2 milliards de m<sup>3</sup>, si la demande en eau est totalement satisfaite à cet horizon. Un tel volume, une fois épuré, pour des considérations écologiques ou de protection des ressources en eau, sera très apprécié quant à son utilisation par l'agriculture ou l'industrie (DAPE, 2013).

#### **2. Situation de la réutilisation des eaux usées en Algérie**

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 (MRE, 2012).

Le réseau national d'assainissement totalise un linéaire de 27000 kilomètres. Le taux de recouvrement est, hors population éparse, 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.

La réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation doit concerner en priorité les zones déficitaires en eau conventionnelle (MRE, 2012).

Parmi les stations d'épuration exploitées par l'ONA (Office nationale d'assainissement) à travers les 43 wilayas (Départements), quelques unes sont concernées par la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture. A fin 2011, le volume réutilisé est estimé à 17 millions de m<sup>3</sup>/an, afin d'irriguer plus de 10 000 hectares de superficie agricoles (MRE, 2012).

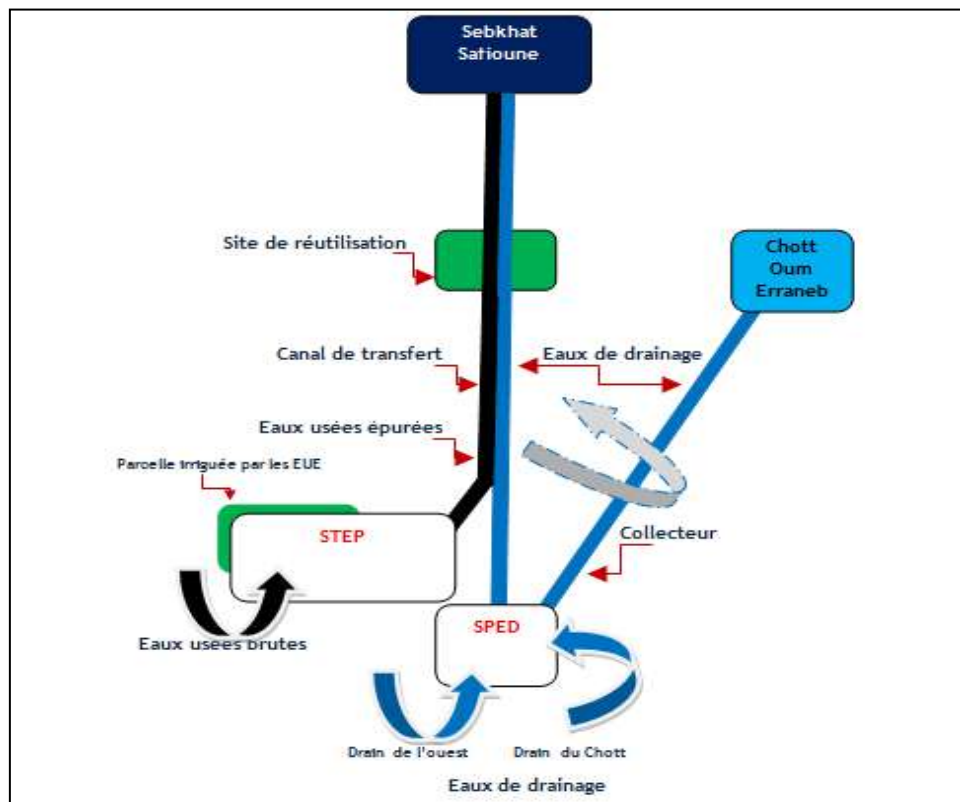


Le potentiel de la réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles évoluera d'une manière significative d'environ 17 millions de m<sup>3</sup> en 2011 à environ 200 millions de m<sup>3</sup> en 2014, et le nombre de stations concernées sera de 25 stations d'épurations à l'horizon 2014 (MRE, 2012). Les stations d'épuration 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 (MRE, 2012).

Un plan d'action entre ONA et ONID (Office national d'irrigation et de drainage) était 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 (MRE, 2012).

### 3. Gestion des EUE de l'agglomération de Ouargla

Pour une gestion raisonnée des EUE de l'agglomération de Ouargla, la structure impliquée (ONA de Ouargla) a chapeauté un programme qui planifie, réalise et administre l'ensemble des actions qui garantissent une saine élimination de ces EUE, soit par rejet au niveau du milieu récepteur ou par réutilisation en irrigation. (NADER ,2014).



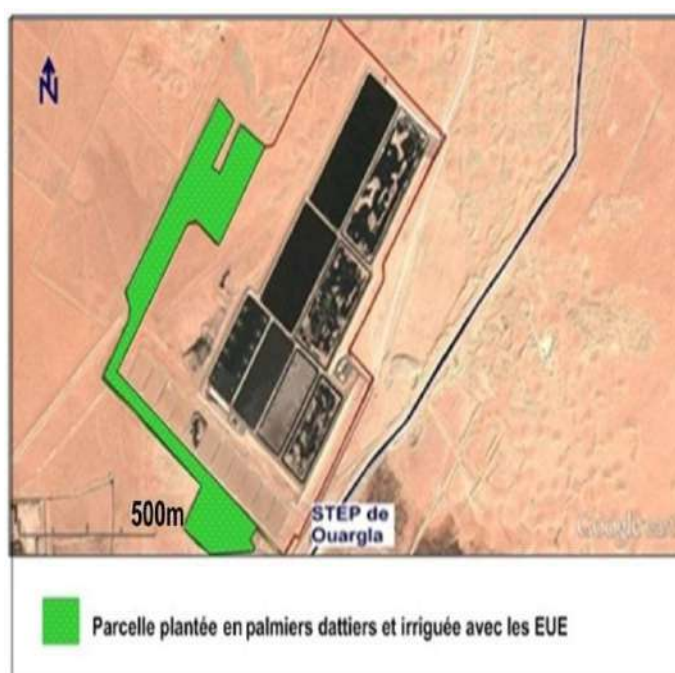
**Figure 5 :** Schéma du processus de gestion des EUE de l'agglomération de Ouargla. (NADER ,2014).

#### 4. Lieux de réutilisation des EUE à Ouargla

Les lieux de réutilisation des EUE en irrigation ont décelé la présence de deux lieux de réutilisation : parcelle de l'ONA et un groupement de parcelles situé à proximité de la STEP que l'on dénomme site de réutilisation (NADER et SAKER, 2016).

##### 4.1. Parcelle de l'ONA

C'est une parcelle irriguée par les EUE, située près de la STEP et gérée par l'ONA de Ouargla (figure n° 06). Elle est de 16 ha de superficie, mise en culture depuis juin 2009, contenant 4000 palmiers dattiers et irriguée par un système localisé (STEP, 2012).



**Figure 6:** Parcelle irriguée avec les EUE et gérée par l'ONA (NADER et SAKER, 2016).

##### 4.2. Site de réutilisation

Dès le commencement du rejet des EUE vers le milieu récepteur des piquages, au sein du canal et près de la STEP, ont pris place pour irriguer des parcelles plantées en palmiers dattiers et souvent en cultures annuelles. Le nombre de ces parcelles a augmenté progressivement. Cette augmentation a provoqué l'apparition d'un groupement de parcelles juxtaposées, d'une superficie totale de 100 ha environ, donnant l'allure d'un périmètre irrigué par les EUE. A noter que sauf le canal de transfert, aucun autre aménagement collectif par l'Etat n'a été réalisé pour ce groupement. (NADER et SAKER, 2016).

#### **4.2.1. Aperçu sur palmier dattier**

##### **4.2.1.1. Description générale (*Phoenix dactylifera* L)**

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est une espèce très importante dans les zones arides et semi-arides. Il joue un rôle social, environnemental et économique pour les populations de ces régions (BRIONES et *al.*, 2011). La datte, renfermant plus de 70% de sucres dans sa composition, constitue une véritable source d'énergie (314 Kcal/100 g) (BALIGA et *al.* 2011).

##### **4.2.1.2. La Production des dattes**

La datte est l'un des fruits les plus importants dans le monde et spécialement dans les pays islamiques qui consomment beaucoup de dattes surtout au mois de Ramadan. 70 % de la production des dattes dans le monde est produit par l'Égypte, l'Iraq, l'Arabie Saoudite, Iran, Pakistan et l'Algérie. (Nezan EL Din, 2000).

L'Algérie est l'un des pays arabes et nord Africains producteurs de dattes. La surface Phoenicicole en 2012 couvre environ 163985 ha contre 120830 ha en 2002. La production dattiers est estimée à 7893570 quintaux en 2012 contre 4184270 quintaux en 2002 (MADR, 2013).

##### **4.2.1.3. Consommation en eau du palmier dattier**

Les climats chauds, secs et ensoleillés, de 7°C à 45 °C. Elle a besoin de 15 à 20 000 m<sup>3</sup> d'eau par an et par hectare selon le sol. Contrairement à beaucoup d'autres plantes, il peut supporter jusqu'à 30 g de sel par litre d'eau. Dans les zones arides, l'eau contient souvent des minéraux, comme le sel, avec toutefois une certaine diminution de sa production (TERRA, 2009).

##### **4.2.1.4. Origine de palmier dattier**

Les palmiers les plus anciens remontent au miocène. Le palmier dattier a été cultivé dans les zones chaudes entre l'Euphrate et le Nil vers 4500 ans avant J.C. De là, sa culture fut introduite en Basse Mesopotamie vers l'an 2500 ans avant J.C. Depuis, elle progressa vers le Nord du pays et gagna la région côtière du plateau Iranien puis la vallée de l'Indus (Munier, 1973).

Depuis l'Égypte, les techniques culturales du dattier gagnèrent la Libye puis se propagèrent d'abord vers les autres pays du Maghreb comme la Tunisie, l'Algérie et le Sud Marocain et arrivèrent ensuite dans l'Adrar Mauritanien.

Actuellement la culture du dattier s'étend dans l'Hémisphère Nord préférentiellement dans les régions arides et semi-arides chaudes (Ouinten, 1995).

#### 4.2.1.5. Taxonomie et systématique

Le palmier dattier a été dénommé *Phoenix dactylifera* L. *Phoenix* dérive de *Phoinix*, nom du dattier chez les Grecs de l'antiquité, qui le considéraient comme l'arbre des phoeniciens ; *dactylifera* vient du latin *dactylus* dérivant du grec *dactulos* signifiant doigt, en raison de la forme du fruit (Munier, 1973). Selon Munier (1973), est une plante dioïque, c'est-à-dire existe des dattiers males (Dokhar) et des dattiers femelles (Nakhla). La classification du palmier dattier (Tableaux VIII).

**Tableaux VIII:** Classification de l'espèce *Phoenix dactylifera* L

<b>Embranchement</b>	Phanérogames
<b>Sous- Embranchement</b>	Angiospermes
<b>Classe</b>	Monocotylédones
<b>Groupe</b>	Phoenocoides
<b>Ordre</b>	Palmales
<b>Famille</b>	Palmacées
<b>Sous-famille</b>	Coryphoideae
<b>Genre</b>	Phoenix
<b>Espèce</b>	<i>Phoenix Dactylifera</i>



**Photo 1 :** *Phoenix dactylifera* L

**partie II**

**Matériels et Méthods**

## I. Présentation de la région d'étude

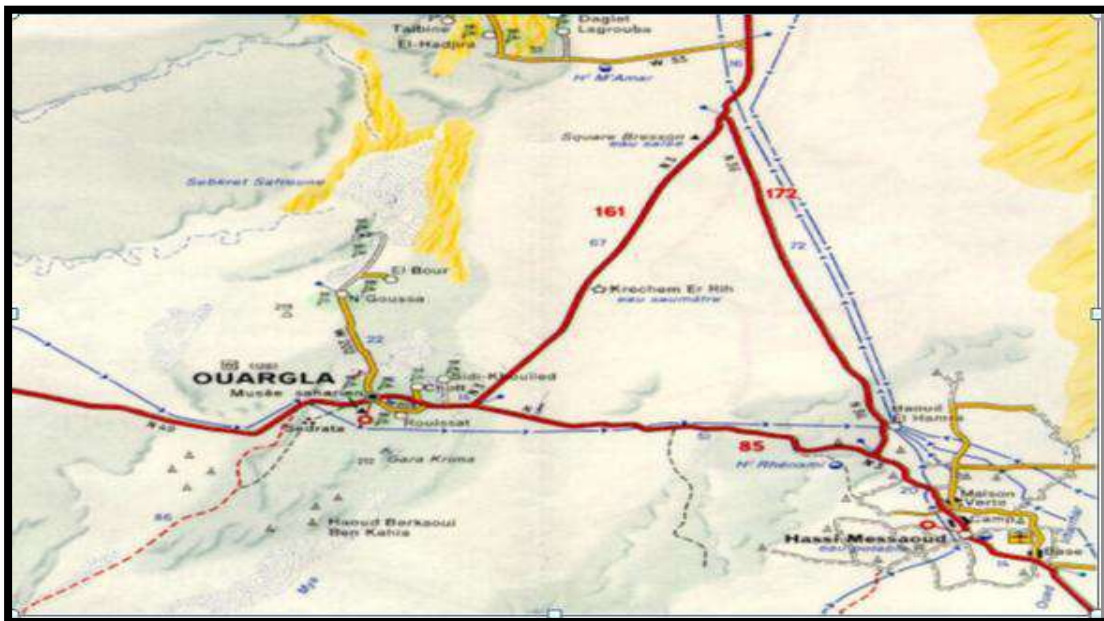
### I.1 Localisation

Ouargla est l'une des principales oasis du Sahara algérien. Elle se situe approximativement à 750km d'Alger (Figure 7). La vallée d'Ouargla s'étend sur une superficie d'environ 100 000 ha. Elle est limitée :

- Au Nord par la wilaya de Djelfa et la wilaya d'El Oued ;
- A l'Est par la Tunisie ;
- Au Sud par la wilaya de Tamanrasset et la wilaya d'Ilizi ;
- A l'Ouest par la wilaya de Ghardaïa (A.N.R.H, 2010).

La ville d'Ouargla occupe le centre d'une cuvette endoréique dans la basse vallée d'Oued Mya (134 m d'altitude) appelée : Cuvette de Ouargla. Elle s'étend sur une longueur de 45 km dans la direction sud-ouest, et une largeur de 2 à 5 km dans la direction nord-est. Les coordonnées géographiques de la cuvette de Ouargla sont comprises entre :

- Les longitudes 5°15' et 5°25' Est.
- La latitude 31°55' et 32°00' Nord (A.N.R.H, 2010).



**Figure 7:** Situation de la cuvette de Ouargla (BONNARD et GARDEL, 2003).

### I.2. Cadre géologique

La cuvette d'Ouargla est creusée dans les formations continentales du Mio-pliocène. Il s'agit de sables rouges et de grès tendres, à stratifications entrecroisées, avec nodules calcaires, entrecoupés de niveaux calcaires ou gypseux que l'on voit affleurer sur ses bords Est et Ouest (BG, 2004).

Au-dessous du fond de la vallée, des sondages ont mis en évidence, sous quelques mètres de sable :

- une alternance de niveaux formés de calcaires, de calcaires marneux, de sables argileux et de grès tendres, se terminant à la base par des argiles sableuses vers 30 à 45 m de profondeur ;
- des sables fins et gros, se terminant par des argiles sableuses à leur base vers 55 à 80m;
- les calcaires du Sénonien (jusque vers 250 m) ;
- un épais horizon d'argiles à évaporites (jusque vers 650 à 700 m) ;
- une centaine de mètres d'évaporites massives ;
- des argiles à évaporites plastiques, jusque vers 1050 – 1100 m de profondeur ;
- des sables et grès de l'Albien, se trouvant entre 1050 – 1100 m et 1350 – 1400 m de profondeur (BG, 2003).

### I.3. Le cadre pédologique

Les sols de la cuvette de Ouargla sont caractérisés par l'halomorphie et l'hydromorphie. Les facteurs ayant une influence sur la nature de ces sols sont le climat, principalement la période prolongée de l'évaporation (DUTIL, 1971 in BOUTELLI, 2012), le contexte géologique avec les évaporites du Trias et du Sénonien et les concentrations de sel gemme de Plioquaternaire, et enfin la nappe phréatique constituant un réservoir à diffusion des sels à travers tout le profil pédologique (IDDER, 1998).

Pour la mise en évidence du caractère d'halomorphie des sols de la cuvette d'Ouargla, IDDER (1998) a étudié cinq (05) profils, choisis dans différentes régions de la cuvette, afin de décrire les principaux types de sols rencontrés dans la région. Après étude des profils salins, sodiques et ioniques, l'auteur a conclu qu'à l'exception de certains sols de la périphérie nord, les sols de la cuvette présentent un caractère fortement salin à très fortement salin, dominé par le chlorure de sodium. Il a signalé que la salinité dans les profils augmente de bas en haut, atteignant une conductivité électrique de 50mS.cm<sup>-1</sup> dans les horizons de surface. Comme il a noté que malgré le taux de sodium échangeable qui dépasse 15% dans tous les profils, traduisant le fort caractère sodique des sols de la cuvette, ces derniers présentent généralement des structures non dégradées.

La texture de ces sols est généralement sableuse ou sablo-limoneuse. La structure est particulière, parfois avec une structure polyédrique mal développée. Leur compacité est faible, leur couleur est brun rougeâtre, brun clair ou beige. Le pH varie de 7,6 à 8,4. Les sols sont donc à réaction moyennement basique, pouvant être expliquée par la forte proportion d'ions Na<sup>+</sup> dans la solution du sol. Le gypse est fréquent dans de nombreux sols (KHADHRAOUI, 2007).

#### I.4. Géomorphologie

La géomorphologie de la région est constituée des éléments suivants :

- la Hamada (plateau où affleurent de grandes dalles rocheuses) Mio-Pliocène et Plio-Quaternaire : formation continentale détritique qui forme des plateaux dont l'altitude est de 200 m en moyenne ;
- les formations sableuses : composées de dunes et de cordons d'Erg ;
- les étendues alluviales correspondant au lit de l'Oued M'ya, selon un axe SW-NE ;
- les Sebkhass : marécages salés, le plus souvent asséchés, occupant le fond d'une dépression.

La plus grande est la Sebkhass Safioune à l'extrémité Nord, c'est aussi le point le plus bas de la région (BG, 2004).

#### I.5. Hydrographie

L'hydrographie de la cuvette de Ouargla se caractérise par son endoréisme (DUBIEF, 1953). Différents bassins versants (Mya, M'zab, N'sa) forment le réseau hydrographique qui aboutit à Sebkhass Safioune au Nord de la cuvette de Ouargla (HAMDI AISSA, 2001).

##### ➤ Oued M'ya

Il draine le versant Nord-Est du plateau de Tademaït. Le bassin de l'Oued M'ya est en forme d'une vaste gouttière relevée du Sud (800 m) avec une inclinaison très faible (0,1 à 0,2 %) vers le Nord-Est, il s'étend sur 19 800 Km<sup>2</sup>. Le cours fossile de l'Oued M'ya inférieur est jalonné par de vastes Sebkhass jusqu'à Ouargla, distant de 200 Km environ du point extrême atteint par les dernières crues. Au Nord de Ouargla, la vallée n'est plus discernable. Si l'on admet cependant que l'Oued M'ya quaternaire se jetait le chott Melrhir actuel, sa longueur devait atteindre 900 Km (DUBIEF, 1953).

##### ➤ Oued N'ssa et Oued M'zab

Ce sont des oueds fonctionnels pouvant avoir une ou deux crues par an et n'atteignent la cuvette de Ouargla que lorsque la crue est importante mais alimentent la nappe phréatique de la région de Ouargla par un écoulement souterrain. Ils drainent le versant des piedmonts Sud-Est de l'Atlas saharien et coulent donc de l'Ouest vers le Sud-Est jusqu'à Sebkhass Safioune.

Actuellement, Sebkhass Safioune est régulièrement alimentée par les eaux d'assainissement urbain et les eaux de drainage de la palmeraie qui provoquent la remontée de la nappe phréatique, alors que les apports dus aux ruissellements sont négligeables. On signale cependant que, au néolithique, cette Sebkhass fonctionnait naturellement grâce à l'apport des eaux souterraines. Durant les périodes de chaleur, les surfaces inondées en hiver s'assèchent et se réduisent considérablement sous l'effet de l'évaporation. La Sebkhass se comporte ainsi, comme une véritable machine évaporatoire (GOUTIER, 1951 *in* IDDER, 2007).



## I.6. Ressources hydriques

Les ressources en eau sont d'origine souterraine à Ouargla, comme dans la plupart des oasis sahariennes. Dans tout le Sahara septentrional, elles sont contenues dans les deux grands aquifères du Continental Intercalaire (CI) à la base et du Complexe Terminal (CT) au sommet. A ces deux réservoirs s'ajoute la nappe phréatique.

### ➤ Continental Intercalaire

Sa salinité varie entre 1,5 et 2,5 g/l. Elle est profonde et varie de 1000 à 1500 m avec une température à la surface, pouvant atteindre 66°C et une teneur en sels variable de 2 à 5 g/l (BRLBNEDER, 1999).

Selon l'A.N.R.H(2005), les prélèvements dans la nappe du CI, dans la wilaya de Ouargla, sont passés de 2,41 m<sup>3</sup>/s en 1989, à 4,41 m<sup>3</sup>/s en 1998, pour atteindre 4,51 m<sup>3</sup>/s en 2004.

Selon la même source, en 2004, les prélèvements ont atteint 1,24 m<sup>3</sup>/s au niveau de la cuvette d'Ouargla.

### ➤ Complexe terminal

Elle est constituée par deux principales formations, l'une des sables captée à une profondeur d'une centaine de mètres et l'autre des calcaires qui est relativement plus profonde. Cette eau est plus ou moins chargée, la salinité relativement élevée (pouvant atteindre les 7g/l de résidu sec) (KHADRAOUI, 2007).

Selon l'A.N.R.H (2005), les prélèvements dans la nappe du CT dans la wilaya de Ouargla, sont passé de 7,04 m<sup>3</sup> /s en 1989, à 9,32 m<sup>3</sup> /s en 1998 et ont atteint 11,98 m<sup>3</sup> /s en 2004.

### ➤ Nappe phréatique

La nappe phréatique de la basse vallée de l'Oued M'ya est contenue dans les sables fins moyennement argileux, rarement grossiers au sud de Ouargla. Cette nappe couvre la totalité de la superficie de la cuvette de Ouargla. La profondeur de son niveau statique est très variable selon les conditions climatiques (été-hiver), allant de 0 à 11 m. Les eaux de la nappe phréatique de la cuvette de Ouargla se caractérisent par des pH, allant de 6,4 à 8,97 et par des conductivités qui varient selon la zone et la saison. Les minima allant de 2,6 à 4 mS/cm, alors que les maxima (96 à 416 mS/cm). En tenant compte des caractéristiques physico-chimiques des eaux de drainage (très chargées en sels), alimentant cette nappe (CHAICH, 2004).

## I.7. Données météorologiques

Les données climatiques de la région de Ouargla sont apportées de L'office national de la météorologie de Ouargla (ONM). Ces données sont celles qui concerne la période 2005-2015. Les résultats sont consignés dans le tableau (VII). La caractérisation climatique de la région d'étude

nous à offrir une aperçue sur l'agriculture dans cette région ainsi que l'efficacité de système de traitement des eaux usées par voie extensive.

**Tableau X** : Données climatiques de la région de Ouargla entre 2005et 2015.

	T(C°)		H (%)	V (Km/H)	Evap (mm)	Ins (h)	T.moy (°C)	Préc (mm)
	M	M						
<b>Janvier</b>	19,6	4,4	61	58	90,0	245,2	12,0	8,6
<b>Février</b>	21,2	6,2	52	55	122,8	241,1	13,7	2,9
<b>Mars</b>	26,4	10,2	46	59	196,3	264,8	18,3	2,8
<b>Avril</b>	31,5	14,5	39	71	252,1	280,6	23,0	1,6
<b>Mai</b>	36,1	19,7	34	65	323,5	303,2	27,9	1,5
<b>Juin</b>	40,9	24,4	29	55	389,3	249,9	32,6	0,7
<b>Juillet</b>	44,2	27,8	26	64	449,4	324,8	36,0	0,3
<b>Août</b>	43,2	27,3	30	58	397,0	331,6	35,3	0,5
<b>Septembre</b>	38,6	23,1	38	55	287,4	262,4	30,8	3,7
<b>Octobre</b>	32,7	16,9	45	49	216,8	266,4	24,8	4,0
<b>Novembre</b>	25,1	10,0	53	47	126,4	254,3	17,5	2,6
<b>Décembre</b>	19,8	5,5	60	43	86,8	228,0	12,6	3,5
<b>Moyenne</b>	<b>31,6</b>	<b>15,8</b>	<b>42,7</b>	<b>56,5</b>	<b>2397,6 *</b>	<b>271,0</b>	<b>23,7</b>	<b>32,7 *</b>

M: Température maximale.

T.m: Température minimale.

Préc.: Précipitations.

Evap. : Evaporation. .

V : Vents. .

Ins. : Insolation.

H : Humidité relative.

T.moy : Température moyenne.

\*: Cumul.

**I.7.1. Température** : Concernant notre étude climatique pour la période (2005-2015), La moyenne mensuelle du mois le plus chaud (juillet) est **36 °C** et celle du mois le plus froid (janvier) est de **12°C**. De telles températures sont caractéristiques du climat saharien

**I.7.2. Précipitations :** Les précipitations sont faibles et irrégulières, elles sont très faibles au mois de juillet et Août, avec respectivement **0,3 mm** et **0,5mm** atteignant leur maximum au mois de janvier avec **8,6 mm**. Le volume du cumul annuel des précipitations est de l'ordre de **32,7 mm**.

**I.7.3. Evaporation :** La région connaît une évaporation très intense renforcée par les vents chauds, elle est de l'ordre de **2397,6 mm** annuelle, avec une valeur maximale de **449,4 mm** au mois de juillet et une minimale de **86,8 mm** au mois de décembre.

**I.7.4. Humidité relative de l'air :** L'humidité de l'air est très faible. La moyenne annuelle est de **42.7 %**. Elle varie sensiblement en fonction des saisons de l'année. En effet, pendant l'été, elle chute jusqu'à **26 %** au mois de juillet, sous l'action d'une forte évaporation, et des vents chauds, alors qu'en hiver, elle s'élève et atteint une moyenne maximale de **61%** au mois de janvier.

**I.7.5. Vent :** Les vents sont fréquents toute l'année. L'Office national de la météorologie a enregistré une vitesse moyenne annuelle de **56,5 km/h**. un maximum de **71km/h** en Avril et un minimum de **43 km/h** en décembre .La direction dominante des vents dans la région de Ouargla est Nord-Nord Ouest.

**I.7.6. Insolation :** La région d'Ouargla est caractérisée par ses fortes insolation. La durée moyenne de l'insolation est de **271 Heures/mois**, avec un maximum de **331,6 heures** par mois en Aout et un minimum de **228 heures** par mois en décembre.

### **I.8. Classification climatique de la région**

Les éléments climatiques n'agissent jamais indépendamment les uns des autres. C'est pour cela que les nombreux utilisateurs, notamment les écologues et les climatologues ont cherché à représenter le climat par des formules intégrant ses principales variables. Les formules les plus utilisées combinent les précipitations et les températures De ce fait, pour caractériser le climat de Ouargla, on fera recours à l'indices d'aridité de Martonne, au quotient pluviothermique d'Emberg , diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

#### **I.8.1. Indice d'aridité de Martonne :**

L'indice d'aridité de Martonne est donné par la formule :  $I=P/T+10$  où (P) représente la moyenne annuelle des précipitations, exprimées en mm, et (T) représente la température annuelle moyenne en degrés ° C. Cet indice est d'autant plus faible que le climat est plus aride (Dajoz, 2006).

Cette formule permet de définir les intervalles climatiques suivant :

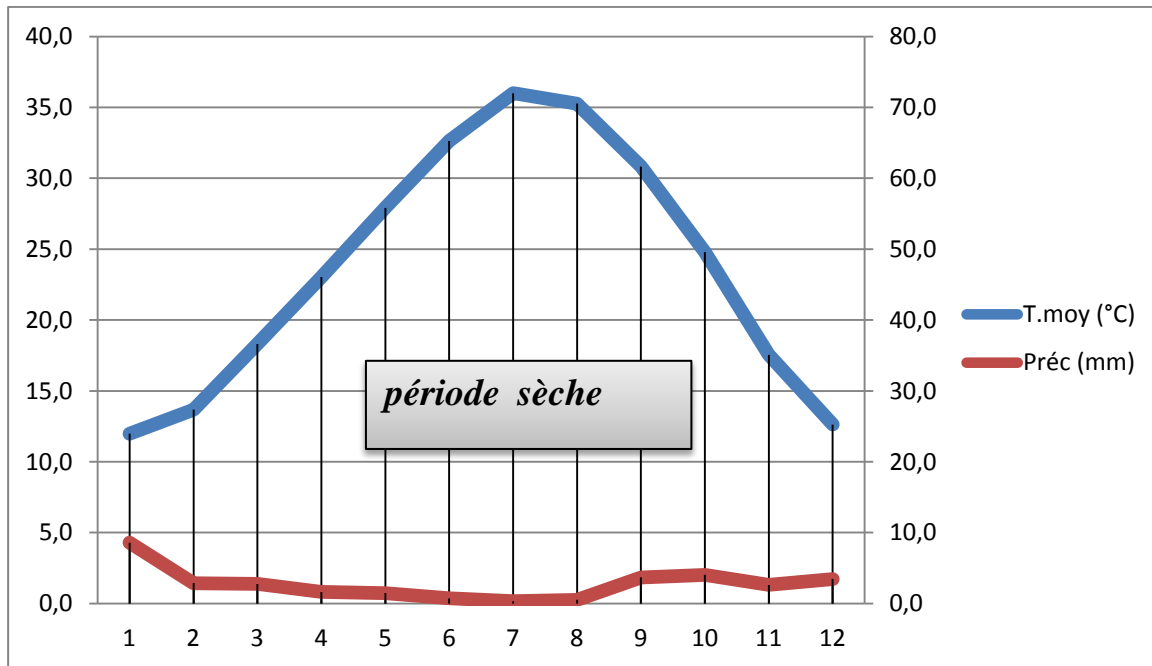
- Pour  $0 < I < 5$  : climat désertique aréique
- Pour  $5 < I < 20$  : climat très sec à sec
- Pour I plus de 30 : climat humide

Pour la région d'études  $I=1$  ; cette dernière est inférieure 5, traduisant un climat désertique aréique.

### I.8.2. Diagramme ombrothermique du Gaussen

Le diagramme ombrothermique de Gaussen consiste à porter en abscisses les mois et en coordonnées à la fois les précipitations et les températures. On obtient en fait deux diagrammes superposés. Les périodes d'aridité sont celles où la courbe pluviométrique est au-dessous de la courbe thermique (RAMMADE, 2003).

Le diagramme ombrothermique de la région de Ouargla indique que de 2005 à 2015, la période sèche s'étale sur toute l'année avec un maximum en été (Fig.8).



**Figure 8 :** Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région d'Ouargla.

### I.8.3. Climmagramme d'Emberger

Généralement, pour classer le bioclimat des régions méditerranéennes, le quotient pluviométrique d'Emberger ( $Q_2$ ) spécifique à ces régions, tient en compte la précipitation et les températures. Il est donné par la formule de STEWART (1969 in SLIMANI, 2006), comme suite :

$$Q_2 = 3.43 (p / (M - m))$$

P : pluviométrie moyenne en mm ;

M : température maximale du mois le plus chaud (44,2°C) ;

m : température minimale du mois le plus froids (4,4°C) ;

Notre région d'étude (Ouargla) se situé dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux (Fig.9) puisque le  $Q_2 = 2,81$

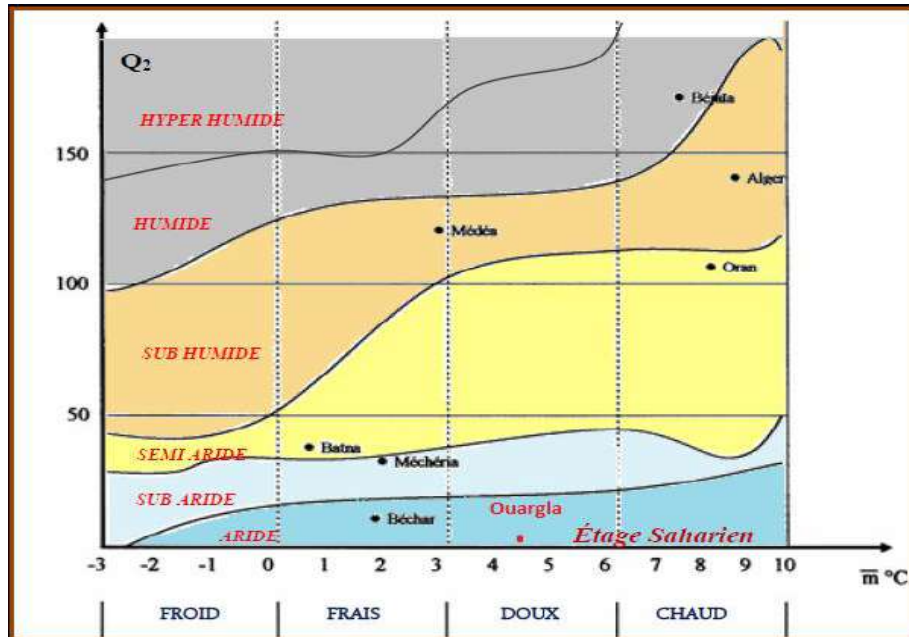


Figure 9: Climmagrame d'Emberger de la région d'Ouargla 2015.

## II. Présentation de la Station d'épuration (STEP) de Ouargla

### II.1. La localisation géographique de la Station d'épuration (STEP) de Ouargla

Elle se situe dans la région de Said Otba (nord-est de l'agglomération de Ouargla), au nord de la RN 49 et sa mise en service date de 2009 (figure 10). Ses objectifs préalablement fixés sont la suppression des nuisances et des risques de contamination au niveau des zones urbanisées, la protection du milieu récepteur et la possibilité de réutiliser les effluents épurés en irrigation ou en aquaculture (BONARD., GARDEL, 2004).

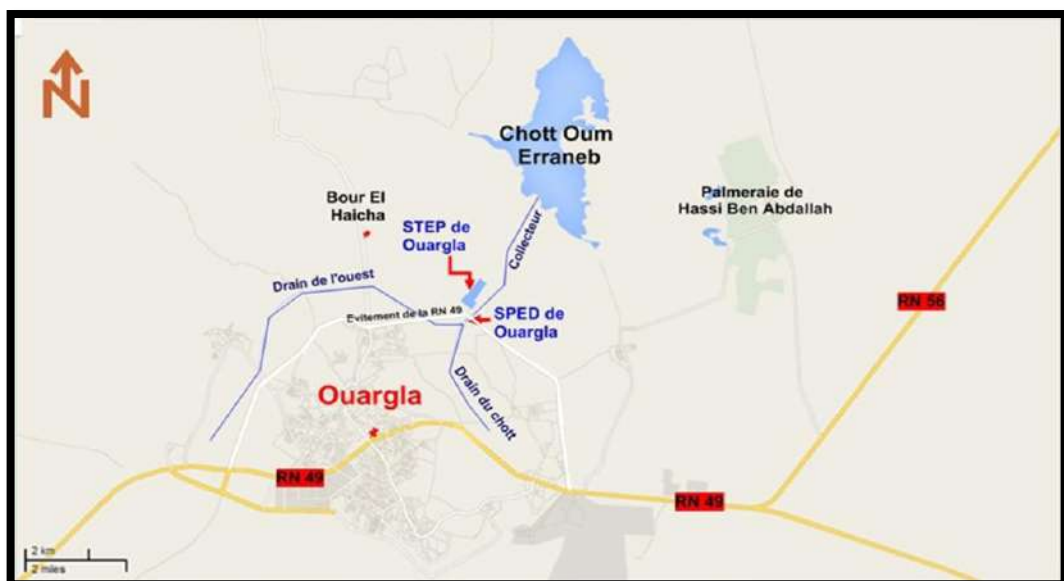
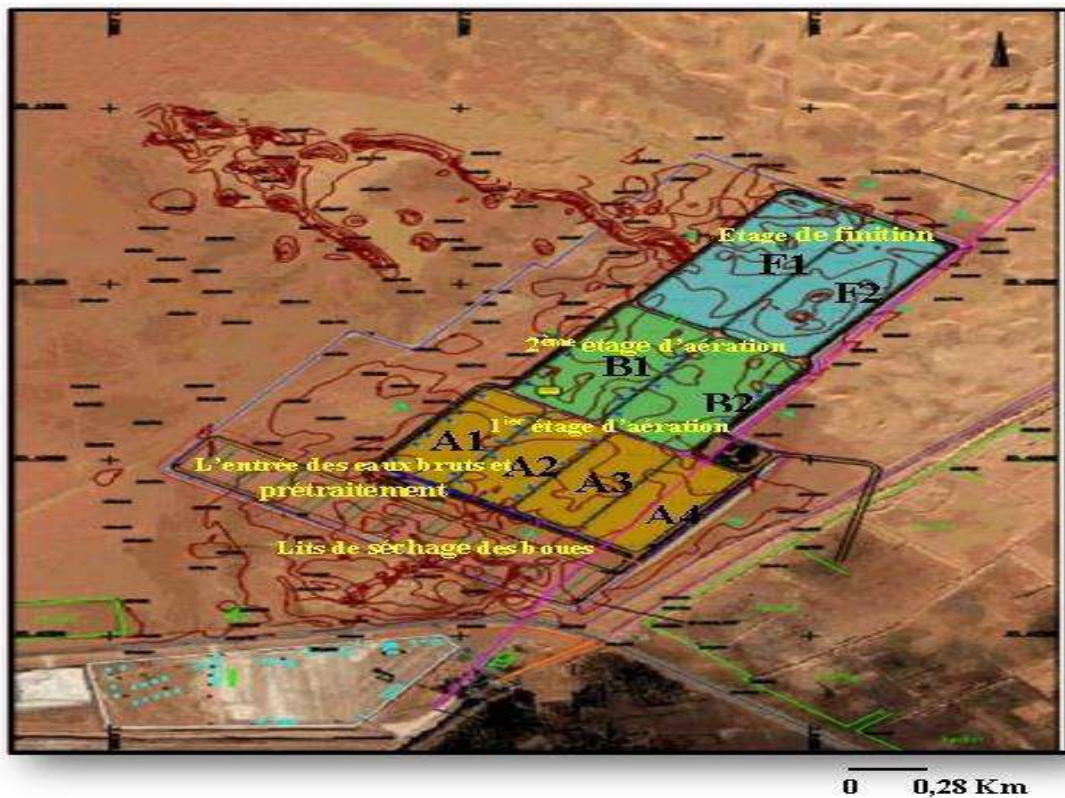


Figure 10 : Situation de la station d'épuration de Ouargla.

## II.2. Caractéristiques de la STEP de Ouargla

La STEP de Ouargla s'étend sur une superficie de 80 hectares. Les eaux usées subissent un traitement biologique extensif par lagunage aéré se compose de trois niveau (figure11), dont le premier renferme quatre bassins d'aération, le deuxième se divise en deux bassins d'aération et le troisième niveau contient deux bassin de finition ou de décantation sans aération. La station renferme 11 lits de séchage des boues, sa capacité journalière est de 57000 m<sup>3</sup> jusqu'à 2015. De ça à 2030, il aura lieu l'addition de quatre bassins : 2 bassins pour le premier niveau ; 1 bassin pour le deuxième niveau ; 1 autre pour le troisième niveau (BOUHANNA., 2014).

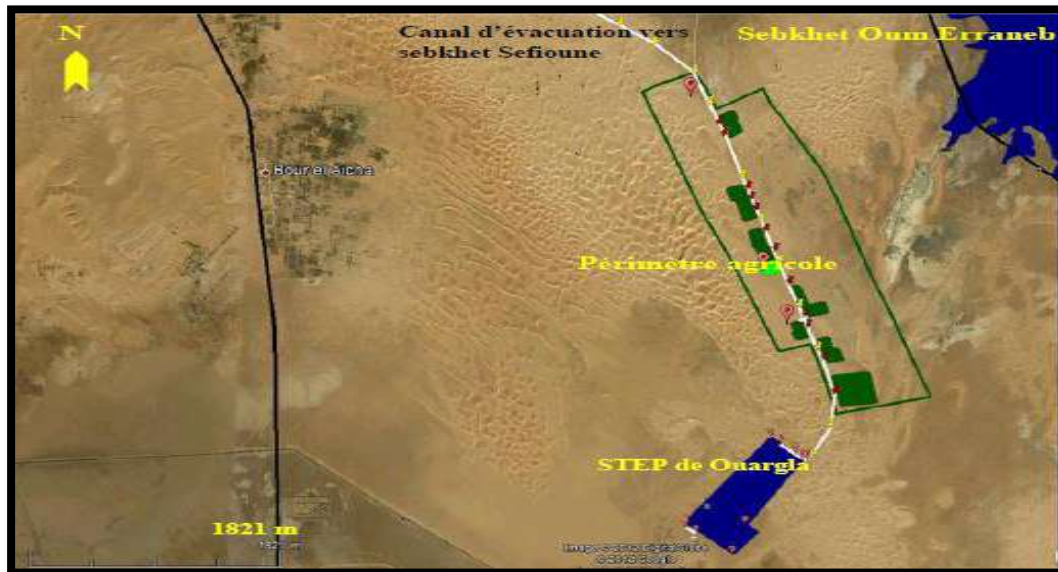


**Figure11:** Schéma général de la station d'épuration de Ouargla (MENSOUS, 2011).

## III. Présentation de la zone d'étude

### III.1. Périmètre agricole

Le périmètre agricole choisi dans notre étude est situé au nord de la station d'épuration d'Ouargla (Fig. 12), il s'étale sur une superficie de quelques dizaines hectares. Cette nouvelle zone de mise en valeur où les agriculteurs prennent la charge de tester les possibilités de réutilisation des eaux usées épurées en agriculture est considérée comme un intervalle d'expérimentation, ce qui est conseillé par l'Office National d'assainissement (ONA).



**Figure 12** : Localisation du périmètre agricole (BOUHANNA 2014)

### III.1.1. Le système d'irrigation

L'irrigation dans la zone précitée est effectuée principalement par les eaux usées épurées de puis 2010, pompées à l'aide de motopompes installées à travers les regards du canal de transfert des effluents de la STEP de Ouargla vers sebkha Sefioune (photo2).

De plus, il existe certains agriculteurs qui préfèrent utiliser les eaux conventionnelles des puits et des forages pour l'irrigation de leurs cultures (BOUHANNA, 2014)

La quasi-totalité des agriculteurs adoptent le système d'irrigation localisé (goutte à goutte) avec un pourcentage de 90%, contre 10% qui pratiquent la submersion (NEGAISS ,2014).



**Photo 2** : Regard sur le canal utilisé pour le pompage des eaux usées épurées.

**III.1.2. Typologie des cultures pratiquées dans le périmètre agricole nord de la STEP**

Les systèmes de production phoenicole et fourragère, sont les plus dominants dans cette zone pour de nombreuses raisons dont les principales sont l'adaptabilité de ces cultures à la nature du sol sablonneux et les eaux salées ainsi que les directives verbales de l'Office National d'Assainissement (ONA) aux exploitants d'installer dans la zone d'étude. Ces types de cultures apparaissent les plus adaptés pour une initiative de réutilisation des eaux usées épurées.

Pour le reste des systèmes de production : oléiculture, cultures maraichères et cultures céréalières sont principalement pratiqués dans la zone irriguée par les eaux conventionnelles, et sont destinées à la consommation humaine (BOUHANNA, 2014).



## I. L'objectif de l'étude

Notre objectif vise à démontrer le risque sanitaire provient de la réutilisation des eaux usées épurées dans l'irrigation des cultures, notamment le palmier dattier. Afin de prouver l'impact de cette réutilisation sur les cultures irriguées, on doit faire les étapes suivantes :

- Caractériser les eaux d'irrigation pour les parcelles, notamment la qualité physico-chimique pour les eaux de forage et l'analyse physico-chimique et bactériologique des effluents traités issues de la STEP.
- Rechercher et dénombrer la charge microbienne (bactéries, levures et moisissures) existante dans les dattes irriguées par les effluents traités par rapport aux témoins qui sont irriguées par l'eau de forage.
- Evaluer le taux de sucre produit dans les deux types de dattes.
- Mettre en évidence la qualité hygiénique et commerciale des dattes en se référant aux normes algériennes.

### I.1. Le site d'étude

Notre site d'étude est le périmètre agricole qui se localise au voisinage du canal de transfert des eaux usées épurées de la STEP. Ce périmètre a été créé depuis 6 ans, dont le système d'irrigation adopté pour les deux exploitations est l'irrigation localisée. Pour notre étude on a choisi deux exploitations représentative de ce périmètre, la première est irriguée avec les EUE de la STEP, et la deuxième est irriguée avec l'eau de forage. Cette dernière est considérée comme témoin (figure 13).



**Figure 13:** image satellitaire des exploitations d'étudiées (Google Earth 2017).

Dans le périmètre d'étude, on a ciblé variété Ghars, où l'échantillonnage a été raisonné. Trois palmiers par variété ont été choisis dans chaque parcelle, et on a récolté environ de 0,5 kg par pied pour nos analyses. Les échantillons ont été met dans des sachets stériles et hermétiques et conservés dans le frigo avant de commencer les analyses au laboratoire.

### I.2. Démarches expérimentale

Selon nos objectifs tracés avant, on a adopté les démarches de recherche qui conviennent où l'échantillon étudié a subi à des différentes analyses (figure 14).

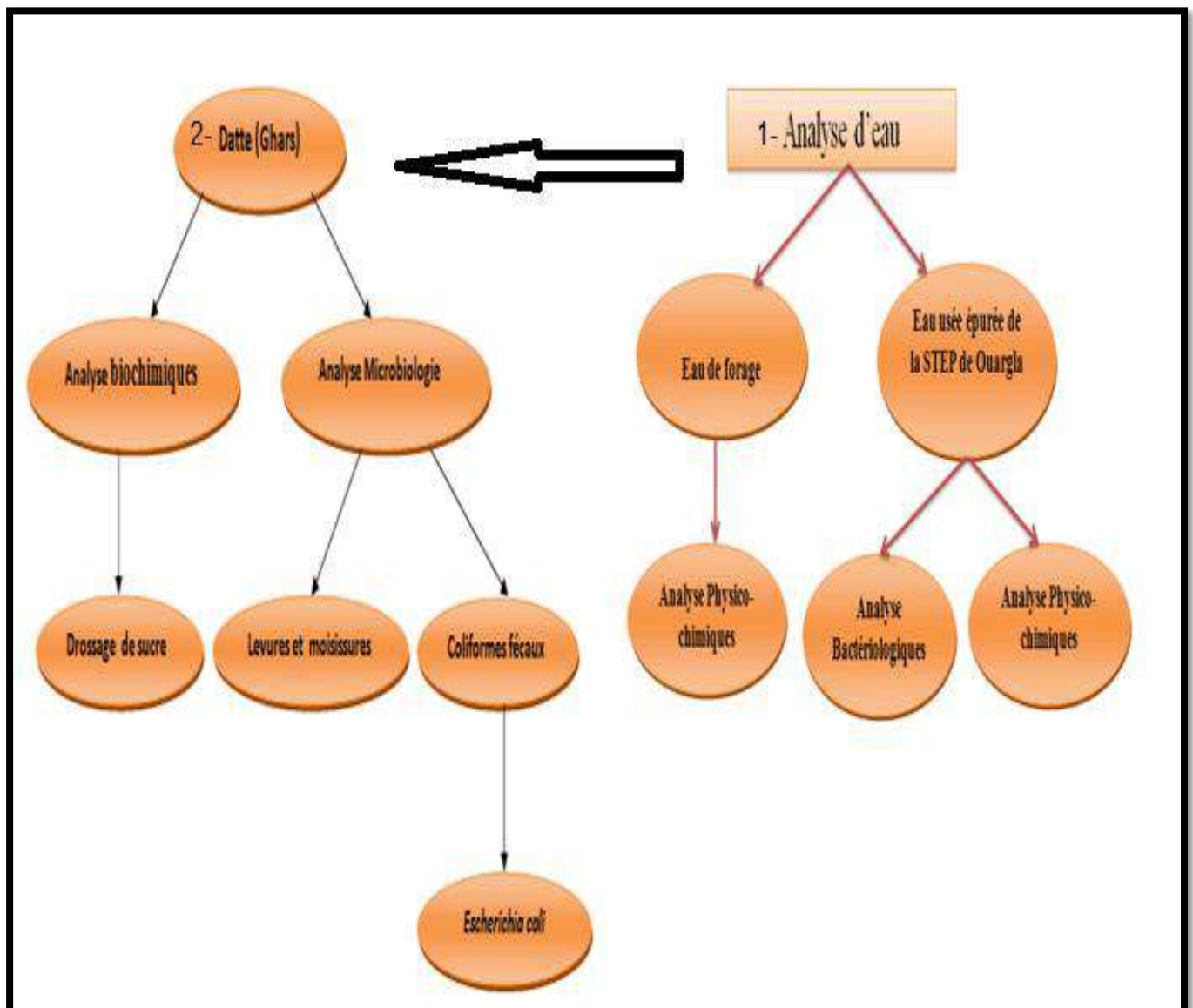


Figure 14: Démarche expérimentale

## II. Techniques d'analyse des eaux d'irrigation

Cette partie est pour caractériser les eaux d'irrigation de la zone d'étude, il se fait par :

- Analyses physico-chimiques et bactériologiques pour eaux usées épurées.
- Analyses physico-chimique pour les eaux de forage.

### II.1. Les analyses sur le plan physico-chimique

Pour le mode de prélèvement variera selon le type d'analyse. Pour l'eau usée épurée le prélèvement a été fait manuellement à la sortie du bassin de finition de la STEP (21/04/2017). L'eau de forage a été prélevée du robinet situé à proximité de parcelle expérimentale (21/04/2017).

-Les paramètres de pollution des eaux usées épurées effectuées au niveau du laboratoire de la STEP, ont concerné les paramètres suivants: La salinité, la conductivité, la T°, pH, O<sub>2</sub> dissous, DCO, DBO<sub>5</sub> et MES.

-Les analyses ioniques des EUE et des EF ont fait l'objet d'une seule détermination au niveau du laboratoire de l'ANRH et ont concerné les paramètres suivants : pH, CE, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Les analyses ont été effectués le 09/05/2017.

#### II.1.1. Détermination du pH

Nous avons utilisé le système de mesure électrochimique à l'aide du pH-mètre de poche (**pH 340i**).

#### II.1.2. Détermination de l'Oxygène dissous

La mesure de l'oxygène dissous à été réalisée grâce à un **oxymétrie (Oxy 340i)**.

#### II.1.3. Détermination de la conductivité électrique, de la salinité et de la température

Les mesures de la conductivité électrique, de la salinité et de la température ont été faites à l'aide d'un conductimètre de poche (**cond 3400i**).

#### II.1.4. Détermination des matières en suspension (MES)

La détermination du taux de matières en suspension d'une EUE est mesuré à partir du poids sec du résidu d'un échantillon ayant subi une filtration ou une centrifugation et un passage à l'étuve à 105 °C ; l'unité de mesure s'exprime en mg/l.

Le taux des MES est donnée par l'expression suivante :

**MES = 1000(M1-M0)/V** Dont :

- **MES** : La teneur en MES en (mg/l).
- **M1** : La masse en (mg) de la capsule contenant l'échantillon après étuvage à 150°C
- **M0** : La masse en (mg) de la capsule vide.
- **V** : Volume de la prise d'essai en (ml).

### II.1.5. Demande chimique en oxygène DCO

La mesure de la demande chimique en oxygène nous renseigne sur la bonne marche des bassins d'aération et nous permet d'estimer le volume de prise d'essai de la DBO5. Il s'agit d'une oxydation chimique des matières réductrices contenues dans l'eau par excès de bichromate de potassium ( $K_2Cr_2O_7$ ) en milieu acidifié par l'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ), en présence de sulfate d'argent ( $Ag_2SO_4$ ) et de sulfate de mercure ( $HgSO_4$ ). Utilisé un réacteur à DCO à  $150^\circ C$  ; la teneur en DCO est donnée en mg/l à l'aide d'un **spectrophotomètre (DR2800)**.

### II.1.6. Demande biologique en oxygène DBO5

L'échantillon d'eau introduit dans une enceinte thermostatée est mis sous incubation et nous procédons ensuite à la lecture de la masse d'oxygène dissous, nécessaire aux microorganismes pour la dégradation, en présence d'air pendant cinq (05) jours. Les microorganismes présents consomment l'oxygène dissous qui est remplacé en permanence par l'oxygène de l'air, contenu dans le flacon provoquant une diminution de la pression au dessus de l'échantillon. Cette dépression sera enregistrée par une **OxiTop®**.

La détermination de la DCO est primordiale pour connaître les volumes à analyser pour le DBO5. Le volume de la prise d'essai :

**$(DBO5) = DCO (mg/l) \times 0,80$  pour les eaux urbaines.**

Pour exprimer les résultats, nous avons :  **$DBO5 (mg/l) = lecture \times facteur$**

### II.1.7. Dosage des cations

#### ✓ Dosage du Calcium ( $Ca^{++}$ ) et du Magnésium ( $Mg^{++}$ )

Ces éléments ont été déterminés par la méthode titrimétrique à l'EDTA (Ethylène Diamine Tétra Acétique) qui nous permet de réaliser un dosage de la somme de calcium et de magnésium. Les réactifs nécessaires pour l'effectuation du mode opératoire sont: l'Ethylène Diamine Tétra Acétique (E.D.T.A) à 10N, une solution tampon pH=10, les indicateurs colorés et une solution KOH (concentré à 28%) (**RODIER et al, 2005**).

#### ✓ Dosage du potassium $K^+$ et du sodium $Na^+$

Il se fait par spectrophotométrie d'émission de flamme qui nous permet d'identifier les concentrations de ces éléments. Pour cette méthode, les solutions étalons pour le  $Na^+$  sont de 60,100, 150, 200 mg/l et celles de  $K^+$  sont de 10, 30, 90, 100, 150, 200 mg/l.

### II.1.8. Dosage des anions

#### ✓ Dosage des carbonates ( $CO_3^{-2}$ ) et bicarbonates ( $HCO_3^-$ )

Il a été effectué par titrimétrie qui a nécessité l'emploi des réactifs suivant: l'acide sulfurique  $H_2SO_4$  à 0,1N, le Phœnolephétaline 5% et le Méthyle orange 5%.

**✓ Dosage des sulfates solubles  $\text{SO}_4^{2-}$** 

Les ions sulfates sont précipités et pesés à l'état de sulfate de baryum. Les réactifs utilisés sont: une solution de chlorure de baryum ( $\text{BaCl}_2$ ) à 10%, une solution acide chlorhydrique ( $\text{HCl}$ ) à 10% et une solution-mère de sulfates à 120 mg/l. L'appareil utilisé est le spectrophotomètre à la longueur d'onde  $\lambda = 680\text{nm}$  (RODIER *et al*, 2005).

**✓ Dosage des chlorures solubles  $\text{Cl}^-$** 

Leurs concentrations ont été déterminées par la méthode de MOHR où le chlore est précipité par du nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. Les réactifs utilisés dans ce cas sont: une solution de nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ) à 0,1N et une solution de chromate de potassium ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) à 10% (RODIER *et al*, 2005).

**II.2. Les analyses sur le plan bactériologique**

On a caractérisée la qualité bactériologique de eaux usée épurée la step Dans cette partie nous utilisons d'études d'analyse a été effectué par (TFYECHE, 2014).

la recherche et le dénombrement des germes existant dans les échantillons d'eau à analyser. la recherche et le dénombrement des paramètres suivants :

- Germes totaux ;
- Coliformes totaux et fécaux ;
- Streptocoques fécaux ;
- Clostridium sulfito-réducteurs.

**III. Caractérisation des sols de la zone d'étude**

Pour caractériser le sol de site d'étude (périmètre agricole), on va utiliser les résultats des analyses qui ont été réalisées par (BOUHANNA, 2014) et (NADER, 2014) .

Notre objectif est de discerner les effets des EUE sur :

- la salinisation et l'alcalinisation des sols : pH et CE ;
- l'évolution de la composition ionique des sols irrigués : bilan ionique ;
- l'évolution du pouvoir alcalinisant des sols irrigués : SAR ;
- l'enrichissement du sol en matière organique.

**III.1. Les analyse des sols**

Les paramètres utilisés dans ces analyses sont des analyses physico-chimiques du sol irrigué par l'eau usée épurée et celui qui est irrigué par l'eau de forage. Étudie avec (BOUHANNA., 2014) et (NADER., 2014).

#### IV. Techniques d'analyse des cultures irriguées: datte (gharces)

##### IV.1. Les prélèvements des dattes

Avant l'échantillonnage des dattes, on a choisi deux pieds de palmier dattier (variété Ghars) dans chaque parcelle présélectionnée. Dont l'une de ces parcelles irriguée par l'eau usée traitée issue de la STEP, et l'autre est un témoin qui est irriguée par l'eau de forage.

Après la phase de maturité de fruit de palmier dattier (tmar) (photos 3 et 4). Le prélèvement des dattes a été fait après quinze (15) jours de l'irrigation, tout en respectant la norme algérienne de Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.

Lors de l'échantillonnage on a prélevé les dattes de la quasi-totalité des régimes de palmier afin d'obtenir un échantillon représentatif. Où les échantillons ont été mis dans des sachets stériles et hermétiques et conservés par suite dans des conditions ambiantes empêchant leur détérioration.



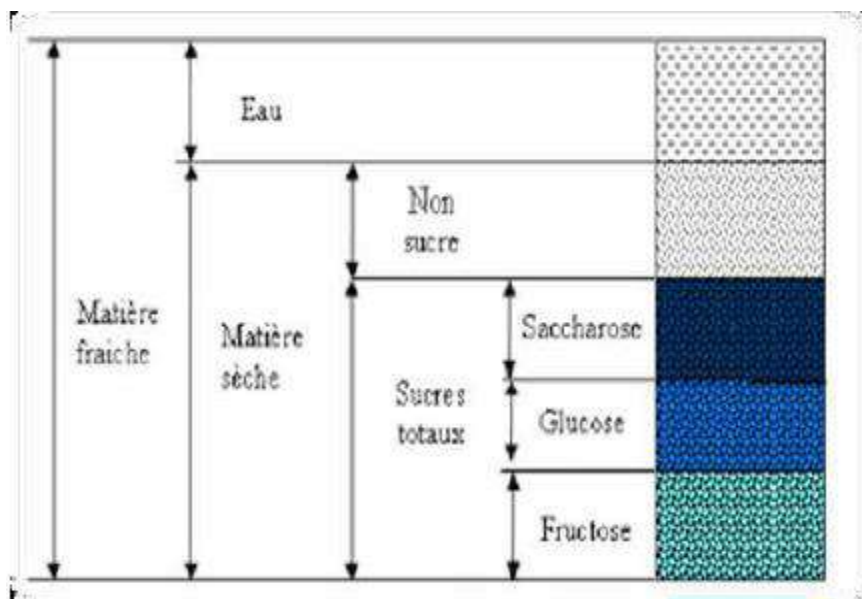
Photo 3: Datte irrigue par eau usée épurée



Photo 4 : Datte irrigue par eau de forage

##### IV.2. Analyse biochimiques

Cette analyse dépend des constituants majeurs de la pulpe des dattes (sucres totaux). La pulpe de la datte représente une proportion de 80 à 95% du poids total du fruit, selon la variété et les conditions pédoclimatiques. Elle se distingue par son taux d'humidité et sa forte teneur en sucres (YAHIAOUI, 1998) (figure15).0



**Figure 15** : Composition biochimique globale de la datte (SAWAYA et al., 1982)

#### IV.2.1.1. Dosage des sucres totaux

##### ❖ Principe

le dosage des sucres totaux a été réalisé selon les méthodes de Dubois et al. (1956). Le principe est basé sur la formation d'une coloration jaune-rouge avec le phénol et l'acide sulfurique dont l'intensité de la couleur est proportionnelle à la concentration des sucres.

##### ❖ Extraction

Les sucres totaux ont été extraits par macération agitée de 10 g de broyat de pulpe de datte fraîche dans 100 ml d'eau distillée dans bain marie pendant 30 min à 50° C, et puis filtration par papier filtre d'extrait aqueux.

##### ❖ Dosage

Un volume de 2 ml d'extrait aqueux est introduit dans des tubes à essai auxquels sont ajoutés 0,05 ml d'une solution de phénol à 80% et 3 ml d'acide sulfurique concentré. Après une agitation lente, les tubes sont incubés à température 100°C pendant 10 min puis refroidis et placés à l'obscurité pendant 30 minutes. La lecture de l'absorbance est faite à 490 nm.

La concentration en sucres totaux a été déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant le glucose comme solution standard d'étalonnage.

#### IV.3. Analyse microbiologique

L'évaluation de la qualité microbiologique d'un produit alimentaire concerne deux aspects : la qualité hygiénique qui caractérise le risque pour la santé du consommateur et la qualité commerciale qui caractérise l'existence ou le risque d'altération (Romain, 2007).

Notre travail consiste à la recherche et le dénombrement des germes pathogènes et de micro-organismes dans les dattes irriguées avec les eaux usées épurées et dans les dattes témoin irriguées

avec l'eau de forage. En particulier la recherche des coliformes fécaux (*Escherichia coli.*), levures osmophiles et moisissures, en basant sur la norme algérienne (annexe 1).

### IV.3.1. la recherche et dénombrement des coliformes fécaux (*Escherichia coli*)

L'analyse bactériologique des dattes a été faite selon la méthode horizontale pour la recherche et le dénombrement d'*Escherichia coli* présumés, ce basant sur la technique du nombre le plus probable (NPP) qui est expliqué ci-après.

L'*Escherichia coli* présumés : bactéries qui, à 44 °C, fermentent le lactose avec production de gaz et qui, à 44 °C, produisent de l'indole à partir du tryptophane, lorsque l'essai est effectué selon la méthode spécifiée dans la présente norme internationale.

#### IV.3.1.1. Méthodes de détection et de dénombrement

- **Préparation de TSE (tryptone sel eaux)**

Dans un flacon de 1L, on ajoute 8,5g NaCl et 1g de tryptone puis ajouter l'eau distiller jusqu'à le volume 1000 ml. On le stérilise dans l'autoclave à 105°C pendant 20 minutes.

- **Préparation de l'échantillon pour l'essai**

Dans une zone stérile à proximité de bec benzène, on prépare de la solution mère (extrait de datte). Dessus d'une balance dans un flacon stérile peser 10 g de datte (photo 5), puis ajouter le TES jusqu'à 100g, incuber la solution préparée dans un incubateur à 30°C pendant 15 minutes.

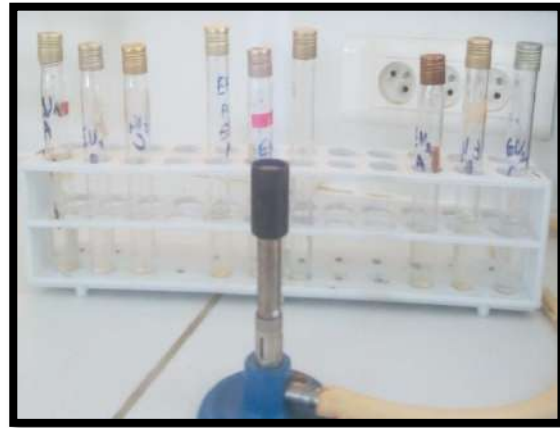
- **Préparation de la dilution décimale**

La suspension mère de l'échantillon étudié contient 10 g de dattes, qui signifie une concentration de  $10^{-1}$ . Pour préparer les dilutions décimales on a suivi les étapes suivantes : Inoculer 1 ml de la suspension mère dans un tube de TSE de 9 ml ( $10^{-2}$ ), et puis on prend 1 ml de ce dernier et on l'inocule dans un autre tube de TSE de 9 ml pour obtenir un décimale de ( $10^{-3}$ ) et ainsi de suite, suivant les dilution décimales appropriées (annexe 2). (photo 6).





**Photo 5 :** suspension mère (extrait de datte).



**Photo 6 :** solution décimale.

- **Inoculation et incubation du milieu sélectif d'enrichissement (bouillon lauryl sulfate)**
- Prenez trois tubes double concentration (DC) de bouillon lauryl sulfate, utiliser une pipette stérile, transférer dans chacun de ces tubes 10 ml de la suspension mère. Ces prises d'essai correspondent à 1 g d'échantillon par tube.
- Prenez alors trois tubes de bouillon lauryl sulfate simple concentration (SC). Utiliser une nouvelle pipette stérile, transférer à chacun de ces tubes 1 ml de la suspension initiale (solution mère). Ces prises d'essai correspondent à 0,1 g d'échantillon par tube. Puis par ailleurs, dans les mêmes conditions, trois autres tubes de milieu simple concentration sont inoculés avec une quantité 1 ml de dilution décimale ( $10^{-2}$ ).  
(La composition de milieu bouillon lauryl sulfate voire l'annexe 3).
- Placer dans l'incubateur les tubes inoculés de (**bouillon lauryl sulfate**) double et simple concentration à 37 °C pendant 24 h ± 2 h. Si, à ce stade, ni la production de gaz, ni l'opacité empêchant l'observation de dégagement gazeux ne sont observés, incuber jusqu'à 48 h ± 2 h. (photo7).



**Photo 7 :** milieu bouillon lauryl sulfate (D/C.S/C)

**▪ Subculture et incubation du milieu sélectif d'*Escherichia coli*. (bouillon EC)**

Pour chaque tube de milieu double ou simple concentration incubé de bouillon lauryl sulfate, si on observe une opacité, un aspect trouble ou un dégagement gazeux, on prend 1ml et réaliser une subculture dans un tube de bouillon EC.

Incuber les tubes dans une étuve à 44 °C pendant 24 h. Si, à ce stade il n'y a aucun dégagement gazeux visible dans le bouillon de CE, poursuivre l'incubation jusqu'à 48 h ± 2h .

(La composition de milieu EC voire l'annexe INJV).

**▪ Inoculation et incubation de l'eau peptonée (exempte d'indole)**

Pour chaque tube incubé dans le bouillon EC montrant un dégagement gazeux visible, inoculer avec 1 ml dans un tube d'eau peptonée, préchauffé à 44 °C, et incuber pendant 48 h± 2h à 44 °C.

**▪ Examen pour la production d'indole**

Ajouter 0,5 ml de réactif indole (réactif de Kovacs) aux tubes d'eau peptonée incubés. Bien mélanger et examiner après 1 min. Une couleur rouge de la phase alcoolique indique la présence d'indole.

(La composition de milieu d'eau peptonée voire l'annexe 3).

**▪ Interprétation**

Après l'inoculation et l'incubation des milieux de culture comme on a expliqué au-dessus, on considère comme positif chaque tube de milieu d'enrichissement sélectif double concentration et simple concentration produit de l'indole dans le tube d'eau peptonée.

Pour chaque dilution, comptez le nombre de tubes de résultat positif de milieu double concentration et simple concentration, et à l'aide de table de NPP à 3 tubes de Mac Grady on estime le nombre le plus probable l'*Escherichia coli* présumé (annexe 3).

La méthode de calcul des nombre de germe sont :  $N = (NPP/V) \times Fd$

- N = nombre d'indicateurs recherchés
- NPP = nombre le plus probable ;( Pour les calcul de NPP voir annexe).
- V= volumeensemencé.
- Fd= taux de dilution correspondant à la dilution la plus faible.

**IV.3.2. Analyse des levures et moisissures**

Le développement des levures dans les produits alimentaires cause l'altération de leurs qualités marchandes, par formation de trouble et apparition d'odeur désagréable. L'altération provoquée par les moisissures conduit à une modification de la qualité nutritionnelle et de la qualité organoleptique. Certaines moisissures arrivent même à produire des toxines. Le milieu utilisé pour la recherche de ces germes est **DRBC** (D. Petransxiène et P. Lapied 1980) (C.M. Bourgeois et J.V. Leveau 1981) .

### IV.3.2.1. Recherche de levures et des moisissures (JOURNAL OFFICIEL D'Algérie.,21mai 2015) (annexe 4)

- **Ensemencement et incubation** : pour chaque échantillon on prépare deux boîtes de gélose de DRBC
- Dans le première boîte de gélose de **DRBC**, transférer avec une pipette stérile, 0,1 ml de la suspension mère de dattes ( $10^{-1}$ ) et dans une deuxième boîte de gélose **DRBC**, transférer à l'aide d'une nouvelle pipette stérile 0,1 ml de la première dilution décimale 0,1 ml de la dilution ( $10^{-2}$ ). (annexe 2).
- Etaler l'inoculum sur la surface de la boîte de gélose avec une pipette pasteur stérile jusqu'à ce que le liquide soit entièrement absorbé par le milieu (photo10).
- Incuber les boîtes préparées, couvercles en haut, en position droite dans l'étuve à  $25^{\circ} \text{C} \pm 1^{\circ} \text{C}$  pendant cinq (5) jours. Les boîtes sont posées dans un sac plastique afin d'éviter la contamination de l'étuve en cas de dissémination des moisissures à l'extérieur des boîtes.

La méthode de calcule des nombre de colonne sont :

Le nombre sont estimer par :  $N = N' / \text{TX}$

**N** : Le nombre de colonie de leveurs ou moisissures

**N'** : Le nombre de colonie de leveurs ou moisissures dans la boîte

**TX** : taux de dilution



**Photo 8** : boîte de gélose de **DRBC**



**Photo 9** : Etaler la surface de la boîte de gélose avec une pipette pasteur

- Remarque : le travail a été fait dans une zone stérile de bec benzène

**partie III**

**Résultats et discussion**

## I. Caractérisation et qualité des eaux d'irrigation

### I.1. Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'irrigation

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les deux types d'eau d'irrigation utilisées dans le cadre de cette expérimentation sont synthétisés dans le tableau XI.

**Tableau XI:** caractérisation physico-chimique des eaux d'irrigation.

Paramètre	Valeur maximale admissible	Eau usée épurée (EUE)		Eau de forage (EF)		
		Résultat	Interprétation	Résultat	Interprétation	
$pH^{(1)}$	$6.5 \leq pH \leq 8.5$	8.26	légère alcalin	6.7	Neutre	
$CE (dS/m)^{(1)}$	3	<b>14.70</b>	Eaux à salinité exagérée	6.76	Eau à très forte salinité	
$SAR^{(2)}$	<3: aucune sévérité	79.18	Sévère problème pour le sol argileux	5.42	légère sévérité	
	3-9: légère sévérité					
	>9: sévérité élevée					
Anions (méq/l) (1)	$Ca^{+2}$	-	485.7	sévérité élevée	252	sévérité élevée
	$Mg^{+2}$	-	877	-	273.9	-
	$Na^{+}$	-	2067	-	88	-
	$K^{+}$	-	90	-	4	Pas de risque
Anions (méq/l) (1)	$Cl$	10	4060	Très élevé	10.2	Seuil dépassé
	$HCO^{3-}$	8.5	366	-	0	Pas de risque
	$NO^{3-}$	30	0	Pas de risque	0.8	-
	$SO_4^{-2}$	-	2790	Très élevé	10.27	-
$DCO (1)$	90	94,933	Niveau élevé			
$DBO_5(1)$	30	27,571	Pas de risque			
$MES (1)$	30	39,091	Niveau élevé			

L'interprétation de ces résultats se réfère aux références suivantes :

- (1) : l'arrêté interministériel du 2 janvier 2012, fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation ;
- (2) : water treatment solutions, « le SAR et l'irrigation », (LENNTECH, 2014).

A partir des résultats obtenus et consignés dans le tableau ci-dessus, nous pouvons apprécier la qualité physico-chimique des deux types d'eau d'irrigation à la suivent :

### **I.1.1. Potentiel d'hydrogène des eaux**

Le Potentiel d'Hydrogène est un indice permettant de mesurer l'activité de l'ion hydrogène dans une solution. C'est un indicateur de l'acidité (pH inférieur à 7) ou de l'alcalinité (pH supérieur à 7) d'une solution (MECHERI, 2009). Il conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques (MERABET, 2010). Les résultats de pH obtenus, montrent que l'eau usée épurée est faiblement alcaline (8,26) (NISBET et VERNEAUX, 1970), et les eaux conventionnelles indiquent que les valeurs du pH des eaux au voisinage de la neutralité (6,8).

Ces résultats signifient que les eaux usées épurées ainsi que les eaux conventionnelles restent toujours pour les deux types d'eaux acceptables et convenables à la norme algérienne de réutilisation des eaux usées épurées en agriculture aux normes déterminant la qualité des eaux d'irrigation (Tableau XI),

### **I.1.2. La salinité des eaux d'irrigation**

La salinité de l'eau est d'habitude exprimée par la conductivité électrique (CE) en dS/m à 25 C°, c'est le moyen de classification de la salinité de l'eau d'irrigation (DADDI BOUHOUN, 1997). La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau (MERABET, 2010).

Le principal critère d'évaluation de la qualité d'une eau naturelle dans la perspective d'un projet d'irrigation est sa concentration totale en sels solubles.

Les eaux d'irrigation présentent des conductivités électriques très fortes. Pour les eaux épurées, leurs CE = **14.70** dS/m. D'après ces données, les eaux usées épurées ont une conductivité électrique largement supérieure à celle autorisée par la norme algérienne pour la réutilisation des eaux usées épurées (Tabl. XI). Selon DURAND (1983), et ces eaux sont excessivement salines .

Les eaux conventionnelles présentent des valeurs de CE = 6.76 dS/m . Ces eaux présentent aussi des valeurs supérieures à celles déclarées par AYERS, 1977 in DADDI BOUHOUN, 1997, déterminant la qualité des eaux d'irrigation. Selon DURAND (1983), ces eaux sont à fortes salinité.

L'analyse des résultats présentés dans le tableau XI. a révélé que les eaux d'irrigation (usées épurées et eaux conventionnelles) dans le périmètre agricole nord de la station d'épuration de Ouargla a une mauvaise qualité, car sa CE dépasse 3 dS/m. Ces eaux présentent des problèmes

sévères lors des arrosages. BOUTIN et *al.* (2009), considère cette eau comme difficilement utilisable dans les zones irriguées.

Notre zone d'étude fait partie de la cuvette de Ouargla, cette région se caractérise par un climat hyperaride (HAMDI AÏSSA, 2004). Dans les zones arides où les conditions climatiques favorisent l'évaporation et l'évapotranspiration, selon HAZEN (1996), dans les régions situées en zones arides, l'action extérieure de la période chaude est de loin plus prépondérante par sa durée et son intensité, que celle de la période humide sur les sols. L'irrigation avec des eaux assez chargées en sels peuvent causer des problèmes assez sévères au niveau des sols et des plantes. Ces problèmes rencontrés sont associés à la salinité et la sodicité des sols, ainsi que la toxicité spécifique de certains ions.

BOUTIN et *al.* (2009) ont signalé que les conséquences d'une salinité excessive de l'eau d'irrigation se présentent sous deux catégories, dont la première est les dommages vis-à-vis des sols, indirectement, et la deuxième, les dommages causés aux cultures proprement-dites. D'autre part, MERMOUD (2006) a déclaré que l'irrigation avec des eaux assez chargées peuvent entraîner le phénomène de salinisation secondaire des sols cultivés ainsi que leur dégradation.

### **1.1.3. Le SAR**

La valeur SAR est de **79.18** pour l'eau usée épurée, élevée par rapport à l'eau de forage **5.42**. Il est admis que plus la salinité sera élevée, plus l'indice SAR pourra poser des problèmes d'infiltration ; mais, plus la salinité sera basse, plus les problèmes d'infiltration seront indépendants de la valeur du SAR. Dans le cas de cette expérimentation, les eaux usées épurées pouvaient engendrer de sérieux problèmes sur la structure du sol d'où un mauvais ressuyage de ce dernier.

### **1.1.4. Bilan ionique**

Les sels solubles sont organisés en deux catégories : les cations ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$ ) et les anions ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  et  $\text{SO}_4^{2-}$ ). Le bilan ionique des eaux est présenté dans les figures au-dessous **16** et **17**.

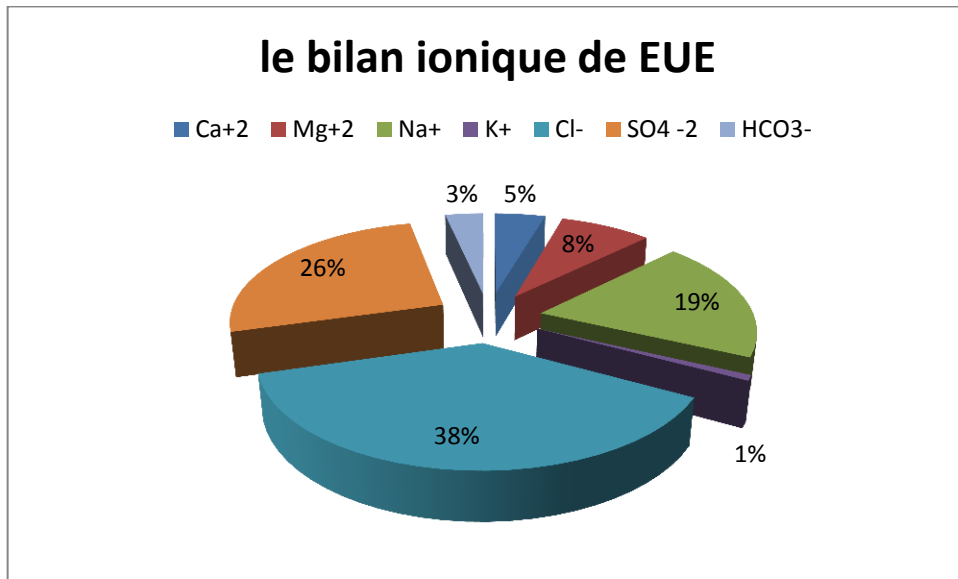


Figure 16 : Bilan ionique l'eau usée épurée.

L'ordre de dominance des ions solubles dans l'eau usée épurée est comme suit :

- Pour les anions : Cl<sup>-</sup> > SO<sub>4</sub><sup>--</sup> > HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- Pour les cations : Na<sup>+</sup> > Mg<sup>++</sup> > Ca<sup>++</sup> > K<sup>+</sup>
- 

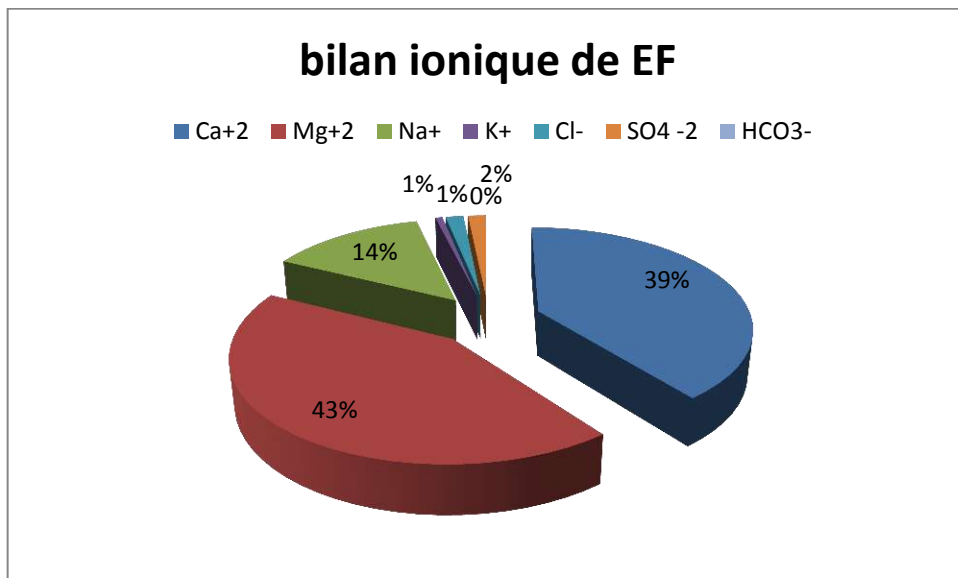


Figure 17 : Bilan ionique de l'eau de forage.

L'ordre de dominance des ions solubles dans l'eau de forage est comme suit :

- Pour les anions : SO<sub>4</sub><sup>--</sup> > HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> > Cl<sup>-</sup>
- Pour les cations : Mg<sup>++</sup> > Ca<sup>++</sup> > Na<sup>+</sup> > K<sup>+</sup>



Les deux types d'eau d'irrigation sont caractérisés par un taux de minéralisation relativement modéré.  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  sont élevés juste pour l'eau usée épurée et une abondance du sodium et des chlorures (tableau XI).

- **Calcium** : la concentration de  $\text{Ca}^{++}$  dans l'eau usée épurée est de **485,7** méq/l, est double surestimé que dans l'eau de forage (252 méq/l). Cette valeur exprime que la présence de calcium dans les eaux des nappes est liée principalement à la dissolution des formations carbonatées ( $\text{CaCO}_3$ ), et les formations gypseuses ( $\text{CaSO}_4$ ).
- **Magnésium** : les teneurs dans l'eau de cet ion peuvent être importantes, allant de quelques milligrammes à plusieurs centaines de milligrammes par litre (RODIER et *al.*, 2009). Dans les deux types d'eau, la concentration de cet élément est relativement très élevée et équivalente soit 877 méq/l pour l'eau usée épurée et 273,9 méq/l pour l'eau du forage.
- **Sodium** : la concentration du sodium est trop élevée dans l'eau usée épurée (2790 méq/l) déterminant un niveau de toxicité très élevé et des effets très significatifs sur la perméabilité du sol. Pour l'eau de forage, elle est de l'ordre de 10,27 méq/l, valeur acceptable pour une eau destinée à l'irrigation.
- **Potassium ( $\text{K}^+$ )** : le potassium c'est un élément majeur indispensable pour la nutrition des plantes. D'après YELI (2009), il est nécessaire à la photosynthèse et la synthèse des protéines. Il permet également à la plante de mieux résister à la sécheresse. Une carence ou un excès en potassium augmente la sensibilité de la plante au parasitisme. Il se présente sous forme minérale  $\text{K}^+$  dans les eaux. Cette ion affiche des concentrations dans les eaux usées épurées assez élevées 90 mg/l Pour les eaux conventionnelles est négligeable, 4 mg/l.
- **Chlorures** : la concentration en chlorures de l'eau usée épurée (4060 méq/l), très élevée pour la valeur autorisée (10 méq/l) (Journal Officiel de l'Algérie n° 41, 2012). Dans l'eau de forage, la concentration de chlorure est de 10,2 méq/l soit une valeur très proche de la norme admise.

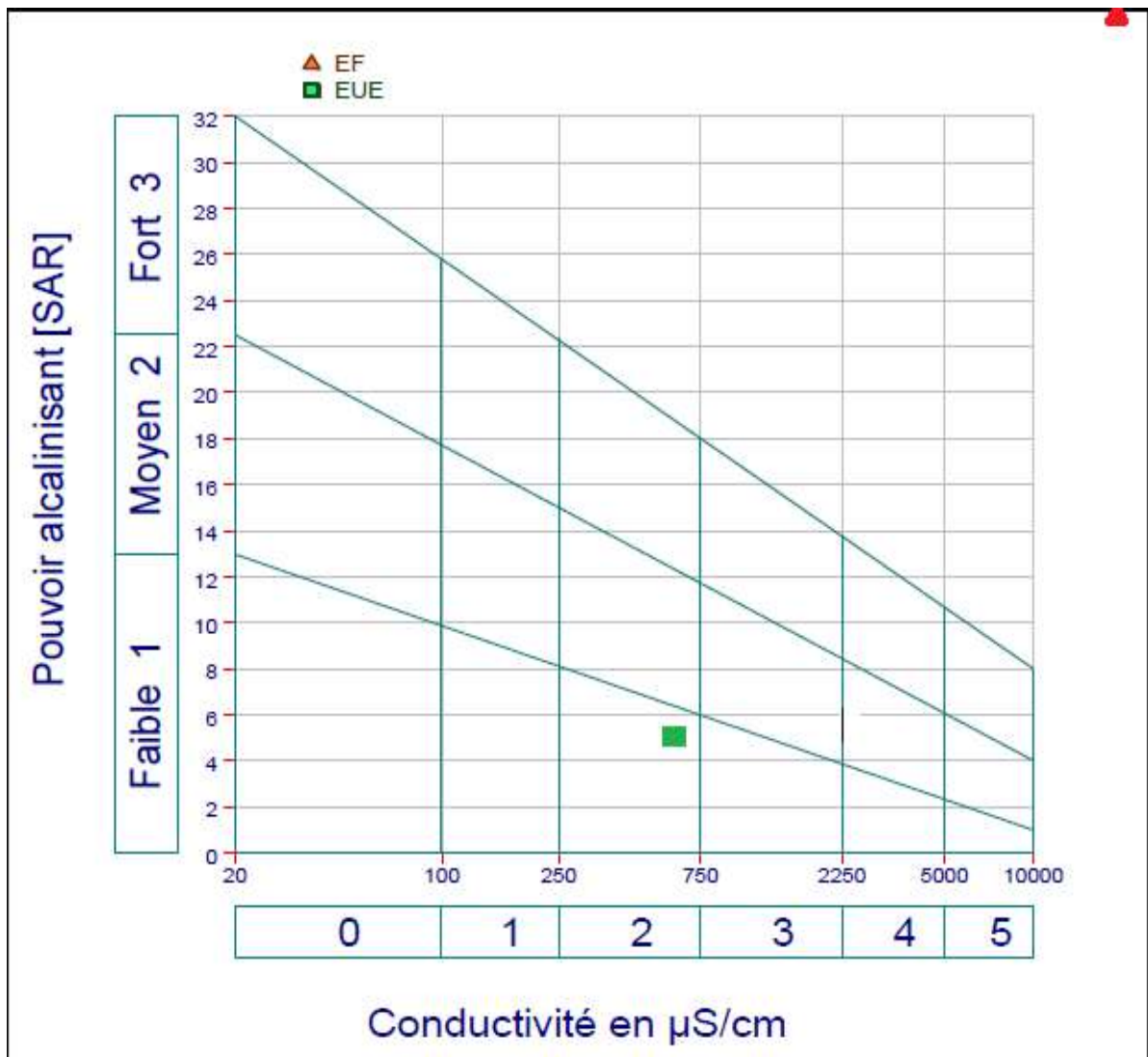
D'après YELI (2009), les chlorures et le sodium sont des paramètres à surveiller tout particulièrement, car ils peuvent affecter la croissance des cultures les moins tolérantes et porter préjudice à la structure des sols.

- **Bicarbonates** : Pour l'eau usée épurée, la concentration de  $\text{HCO}_3^-$  est 366 méq/l ; cette valeur est très élevée comme sévère. Par contre pour l'eau de forage, la concentration est nulle (0 méq/l).

- **Nitrates** : la concentration des nitrates dans les deux types d'eau d'irrigation se situe dans l'intervalle de 0 à 0,8 méq/l, ceci ne présente aucun risque sachant que le seuil est 30 méq/l (Tableaux XI).
- **Sulfates** : les concentrations en ion sulfates des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, Les teneurs en sulfates observées dans les eaux conventionnelles dans la zone d'étude sont 10,27 méq/l par contre des valeurs trop élevées des concentrations pour l'eau usée épurée 2790 méq/l.

**1.1.5. Aptitude des EF et EUE à l'irrigation**

La combinaison de la conductivité électrique des eaux et du rapport d'absorption du sodium (SAR) permet de classer ces eaux selon le diagramme de classification des eaux d'irrigation de Riverside (figure 18).



**Figure 18** : Diagramme de Riverside pour les eaux d'irrigation

La représentation graphique des deux échantillons montre que les eaux usées épurées appartiennent à la dernière classe **C5 S4**. Ce type d'eau présente un risque de salinisation élevée. Par contre l'eau conventionnelle (forage) appartient à la classe **C2 S1**, qui correspond à des eaux d'une qualité médiocre à mauvaise.

**I.1.6. Paramètres de pollution**

Les paramètres de pollution consignés dans le tableau 12 et analysés en fonction des normes algériennes (Journal Officiel de l'Algérie, n° 41, 2012) attestent de :

- Une valeur moyenne de la DBO5 pour la période d'étude égale à 27.571 mg/l, elle est en dessous de la valeur recommandée dans les normes algériennes (30 mg/l).
- Une valeur moyenne de la DCO égale à 94.933 mg/l, elle dépasse la norme préconisée par les normes algériennes (90 mg/l).
- Des MES dont la valeur moyenne pendant la période de l'expérience est égale à 39.091mg/l. Cette valeur dépasse de loin la norme algérienne admise (30 mg/l). Cette valeur élevée de MES est due principalement à l'eutrophisation (développement important d'algues et de zooplanctons dans les bassins).

-Les résultats obtenus montrent qu'il y ait une réduction remarquable des paramètres de pollution de caractère organique qui sont la DCO et DBO5, elles restent toujours aux valeurs fixées par les normes.

**I.2. Caractéristiques bactériologiques des eaux usées épurées**

Le suivi de caractérisation bactériologique des eaux consiste à la recherche et au dénombrement des germes suivants : les germes totaux, les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux ainsi que les clostridium sulfito-réducteur entre l'entrée et la sortie de la STEP. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau XII.

**Tableau XII :** Résultats d'analyses bactériologiques des eaux usées épurées de la ville de Ouargla. (TFYECHE LYES. ,2014). (UFC : unité formes de colonie)

Datede prélèvement	germes totaux	coliform es totaux	coliform es fécaux	Escherichi a collie	streptocoqu es fécaux	clostridium sulfito- réducteur
29/04/2014	2.10 <sup>15</sup>	93	30	27	75	2 spores
26/05/2014	Existe	75 UFC/100ml	95 UFC/100ml	86 UFC/100ml	43 UFC/100ml	5 spores

D'après le tableau XI, on remarque que les eaux usées traitées sont chargées en germes pathogènes et que leur nombre a augmenté d'une façon significative entre le mois d'avril et le mois de mai. Il apparaît également que le traitement biologique utilisé dans la STEP n'est pas efficace pour l'abattement des germes pathogènes.

Les résultats obtenus peuvent s'expliquer d'une part par le traitement biologique utilisé dans la STEP favorise la croissance bactérienne pour la dégrader la pollution carbonée ou azotée et d'autre part par l'absence d'un traitement de désinfection qui sert à la destruction des germes pathogènes. En plus, l'eau usée est considérée comme le milieu optimal pour la prolifération microbienne.

### I.2.1. Qualité d'eaux

La réglementation de l'OMS se base plus particulièrement sur la qualité microbiologique de l'eau en raison du risque qu'elle provoque (OMS, 1989). Ces recommandations sont destinées à une utilisation internationale et sont donc adaptées aux pays en voie de développement. Elles représentent la limite au de là de laquelle la santé publique n'est plus assurée (Belaid, 2010).

**Tableau XIII** : Paramètres biologiques des eaux épurées comparés aux normes

Paramètres	Eau traitées	Normes l'OMS	Norme algeriene
Coliformes totaux	93 U /100ml	–	–
Coliformes fécaux	95 U /100ml	103/100ml	<100

La réutilisation des eaux épurées est essentiellement liée à la qualité microbiologique des eaux.

Les analyses des EUE qui ont été fait par (TFYECHE., 2014).montrent que le nombre de coliformes fécaux trouvé parait harmoniser à la norme de réutilisation de l'EUE pour les valeurs de coliforme fécaux dans le domaine de l'arrosage des arbres en fonction des directives de l'OMS (1989) (catégorie B) et des normes algériennes qui les limité à  $10^3$  coliformes fécaux par 100ml.

En définitif et en fonction des directives de l'OMS et des normes algériennes, les analyses physico-chimiques que microbiologiques attestent d'une qualité médiocre de l'eau usée épurée au niveau de la STEP de Ouargla.

### I.1.2. L'effet de la qualité de l'eau sur les plants

D'après les résultats obtenus des analyses des eaux d'irrigation, on atteste les problèmes qui vont engendrer à travers l'utilisation de ces ressources, tels :

- FABY & BRISSAUD, (1997), estiment que l'augmentation de la salure dans le milieu de culture produit une augmentation du potentiel osmotique de ce milieu. Si la solution interne des plantes reste constante, il s'ensuit une diminution du gradient de potentiel osmotique

entre le milieu et la plante d'où une réduction de la disponibilité en eau. En réalité dans une certaine mesure, la plante ajuste la concentration de sa solution interne, quoi que avec un certain retard. Mais cet ajustement, ne peut évidemment pas compenser totalement l'effet de la salinité d'où une réduction de la turgescence des cellules et un retard de croissance.

- La croissance des plantes est influencée par les effets osmotiques et spécifiques des ions, ainsi que par le déséquilibre ionique. Les effets osmotiques abaissent le potentiel hydrique externe, rendant l'eau moins disponible pour les plantes (DRECHSEL *et al.*, 2011).
- L'eau d'irrigation est une solution de sels qui ont une action sur le sol qui les reçoit et qui peuvent dans les cas extrêmes les stériliser (DURANT, 1960) ; plus la conductivité est élevée, plus l'absorption de l'eau par la plante est difficile (SOLTNER, 2005) ;
- la présence excessive du chlore exerce des effets défavorables sur la végétation et la qualité de certaines cultures. Dans certains cas il devient toxique, du fait qu'on trouve des points avec des teneurs qui dépassent largement 10 meq/l représentant le seuil maximum admissible pour les plantes (AYERS & WESTCOT, 1985 ; BRADAÏ *et al.*, (2008) ;
- Selon BOUTIN *et al.* (2009), dans le cas de l'agriculture, les microorganismes se retrouvent à la surface des plantes et sur le sol. Les feuilles et la plante créent un endroit frais, humide (évapotranspiration) et à l'abri du soleil. Une contamination peut donc avoir lieu au moment de la croissance des végétaux ou même de la récolte. Les auteurs ajoutent que le mode d'irrigation joue également un rôle non négligeable dans la définition du risque microbiologique. En effet, l'irrigation souterraine ou gravitaire peut nuire à la qualité des eaux souterraines et de surface. L'irrigation par aspersion crée des aérosols pouvant être gênants pour la santé humaine. De plus, des contaminations directes peuvent également avoir lieu lors de la maintenance du système d'irrigation.

## II. Impact de l'irrigation par EUE sur le sol

Les paramètres physicochimiques, obtenus selon les résultats d'analyse des sols (BOUHANNA, 2014), Par comparaison des résultats mesurés les parcelles irriguées par les eaux usées épurées et des valeurs à celles du témoin (parcelles irriguées avec les eaux conventionnelles).

- En effet, l'irrigation par les EUE semblent avoir entraîné une légère diminution du pH eau du sol. Cependant, cette diminution du pH du sol n'exclue pas sa contribution positive aux activités microbiennes et aux croissances normales des cultures.

Les résultats obtenus du pH du sol durant cette étude sont semblable à ceux trouvés par (NADER, 2014), l'auteur a signalé que l'irrigation avec les EUE entraîné une diminution du pH eau du sol des pH moyennement alcalins.

- L'augmentation de la salinité du sol irrigué par les eaux usées traitées par rapport aux sols irrigués par les eaux conventionnelles est due probablement à la qualité des EUE chargées en sels.

les sols irrigués par les eaux de forage sont des sols salés, parce que leur CE à 25°C est comprise entre 1,2dS/m < CE < 2,4dS/m. Les sols irrigués par les eaux usées épurées sont des sols très salés, car la conductivité électrique de l'extrait (1/5) à 25°C est comprise entre de moyenne «3.4 dS/m . par allure à ceux trouvés par (NADER, 2014) sont entr 2.36 et 2.84 dS/m.

L'irrigation par les eaux usées épurées a un effet significatif sur l'augmentation de la salinité des sols par rapport à l'irrigation par les eaux conventionnelles. Cette augmentation est due probablement à la salinité excessive des eaux épurées.

- Pour les sols irrigués par les eaux usées épurées, la composition ionique est :  $Ca^{++} > Na^{+} > Mg^{++} > K^{+}$  et  $Cl^{-} > SO_4^{2-} > HCO_3^{-}$ , et les teneurs moyennes en ions solubles sont respectivement : 20,72 méq/l-1 ; 15,43 méq/l-1 ; 3,24 méq/l-1 et 1,42 méq/l-1 pour les cations, parallèlement, pour les anions, les teneurs sont respectivement : 22,05 méq/l-1; 17,09 méq/l-1 et 1,56 méq/l-1. Leur faciès chimique est chloruré calcique.

Leur faciès chimique est chloruré calcique.

Les stations irriguées par les eaux de forage, la composition ionique est :  $Ca^{++} > Na^{+} > Mg^{++} > K^{+}$  (Fig. 61) et  $SO_4^{2-} > Cl^{-} > HCO_3^{-}$ , et les teneurs moyennes en ions solubles sont respectivement : 19,89 méq/l-1 ; 6,52 méq/l-1 ; 3,79 méq/l-1 et 0,46 méq/l-1 pour les cations, parallèlement, pour les anions les teneurs sont respectivement : 15,33 méq/l-1; 13,17 méq/l-1 et 1,74 méq/l-1. Leur faciès chimique est sulfaté calcique.

- Concernant le Ratio du Sodium Absorbable (SAR), Selon SERVANT. (1975), les sols irrigués par les eaux usées épurées ont un SAR égal à 4,37, sont des sols faiblement alcalins. Cependant, pas d'alcalinisation au niveau des sols irrigués par les eaux de forage (SAR < 4). Dans les sols non irrigués, une alcalinisation moyenne a été observée, car le SAR est compris entre 8 et 12.

Pour les résultats de ( NADER , 2014 ) réduit considérablement le SAR des sols irrigués , les SAR1/5 des sols irrigués EUE ne dépassent pas le taux de 2.

- l'effet de la pratique de l'irrigation sur la fertilité du sol.
  - L'irrigation par les eaux usées épurées a entraîné une légère augmentation des teneurs des sols en carbone organique et les taux de matière organique

- l'irrigation par les eaux usées épurées n'affecte pas le taux d'azote dans les sols. Les stations irriguées par les EC sont assez riches en azote assimilable par rapport aux stations irriguées par EUE, quoique, les variations ne sont pas encore significatives
- les eaux usées épurées améliorent significativement le taux de phosphore assimilable dans les sols

Ces résultats sont un des à la durée courte d'application des eaux épurées dans le périmètre, ainsi que les pratiques agricoles dans les stations irriguées par les eaux conventionnelles.

### III .Caractérisation des cultures irriguées

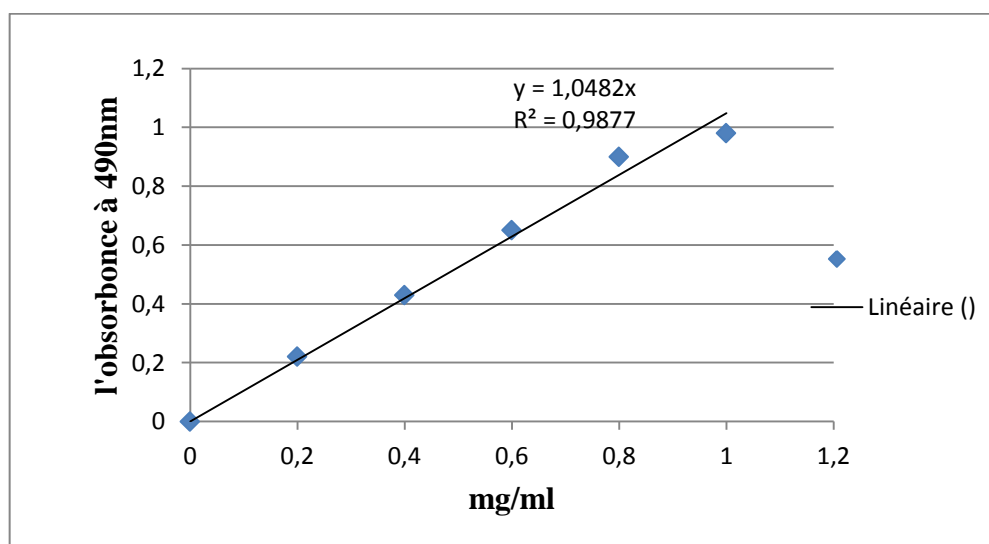
#### III.1. Caractérisation biochimique des dattes

##### III.1.1.Dosage des sucres totaux

A partir des densités optiques de la courbe d'étalonnage, on peut obtenir la teneur en sucres d'échantillon à analyser en g/ml, on représente la pente de la droite, et la concentration de glucose en mg/ml par l'équation  $DO = f(C)$  Fig 19.

Tableaux XIV : L'absorbance à 490 nm de glucose :

<b>[glucose] en (mg/ml)</b>	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
<b>L'absorbance à 490 nm</b>	0	0.22	0.43	0.65	0.9	0.98



**Figure 19** : la courbe d'étalonnage de glucose

Les résultats des teneurs en sucres que nous avons dosés dans notre échantillon sont mentionnés dans le Tableau XV.

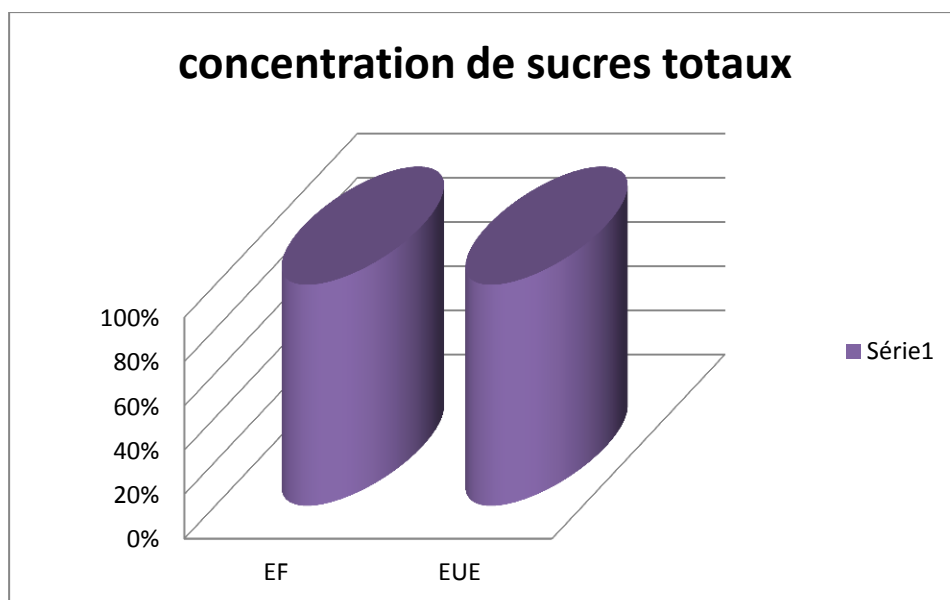
**Tableau XV** : Teneur en sucre totaux des dattes (ghars)

Datte (ghars)	Datte irrigue par l'eau de forage	Datte irrigue par l'eau usée épurée
Concentration des sucres totaux (g /ml).	8.2	7.9

Les résultats d'analyse effectuée pour la mesure de teneurs en sucre totaux des dattes ( Ghars ) montrent la richesse de l'extrait de datte une teneur élevée de sucres totaux pour les deux échantillons étudiés sont variés entre 8,2 et 7,9 respectivement pour l'EF et l'EUE.

Notons que le taux des sucres totaux pour les dattes irriguées par l'EUE atteint 79%, contre 82% dans les dattes irriguées avec l'EF (figure 20). Pourraient être que cette diminution de la teneur en sucres totaux c'était à l'origine de la fonction aldéhydique des oses, qui est susceptible à l'oxydation en présence des sels (WEIL, 2001).

Selon ces résultats. On montre que la réutilisation des effluents traités pour d'irrigation a une influence faible sur la composition de sucres totaux aux fruits (dattes).



**Figure 20:** la teneur en sucres totaux des dattes (g/ml)



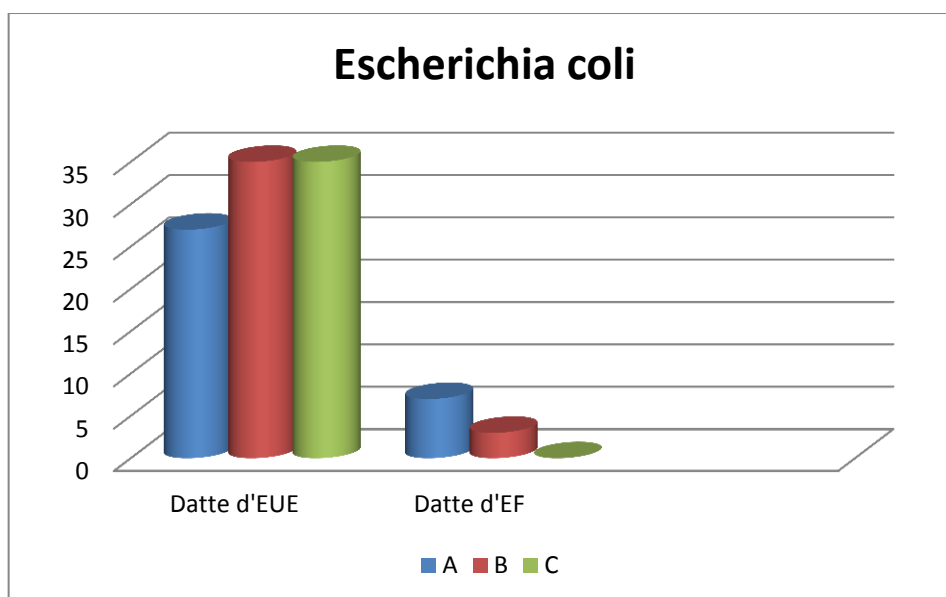
### III .2. La caractérisation microbiologique des dattes

#### III.2.1. Les coliformes fécaux

Les résultats des analyses effectuées sur les deux types d'eau d'irrigation utilisées dans le cadre de cette expérimentation sont synthétisés dans le tableau.

➤ **Tableau XVI:** Résultats des analyses bactériologiques des dattes

	Nombre de résultat positive	NPP	N=NPP .V/fd
Datte irrigue par eau usée épurée avant 15jour	2 1 2	2,7	$2,7 \cdot 10^2$
	2 3 1	3,5	$3,5 \cdot 10^2$
	2 2 2	3,5	$3,5 \cdot 10^2$
Datte irrigue par eau de forage	1 0 1	0,72	7
	0 1 0	0,30	3
	0 0 0	<0,30	<3



**Figure 21 :** Nombres d'*Escherichia coli*. dans les dattes.

\* Nos résultats mentionnés dans tableaux XVI illustrent bien une variation plus important de charge microbiologique des germe EC entre des dattes irrigue par EF et dattes irrigue par EUE (figure).

A partir ce résultats apparais Les teneurs en germe EC par 100ml des dattes d'EF légèrement faible sont comprises entre < 3 et 7 germes. Par contre pour la datte d'EUE il ya une teneur très élève par apport à de datte d'EF. Les nombres de germe EC dans intervalle  $2,7 \cdot 10^2$  et  $3,5 \cdot 10^2$  germes par 100 ml .

D'après la figure 21, on remarque qu'il y a une charge très importante de l'Escherichia dans les dattes irriguées par l'EUE par rapport au témoin qui sont irriguer avec d'eaux forage. Ceci est exprimé par la contamination qui est liée à la qualité de l'eau utilisée.

**III.2.2. Leveurs et moisissures**

Les résultats des analyses effectuées pour la recherche de levures et moisissure des différents échantillons d'études dans le cadre de cette expérimentation sont synthétisés dans le tableau.

**Tableaux XVII :** Résultats des analyses de levures et moisissures

	<b>10<sup>-1</sup></b>	<b>10<sup>-2</sup></b>
Datte irrigue par l'eau usée épurée (colonne /100 /ml)	<b>10</b>	<b>200*</b>
	<b>10</b>	<b>0</b>
	<b>0</b>	<b>200*</b>
Datte irrigue par l'eau de forage (colonne /100 /ml)	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>10</b>	<b>0</b>
	<b>0</b>	<b>0</b>

**\* : Le Nombre de moisissures**

-Les levures et les moisissures sont très répandues dans la nature. Il a été reporté que les levures sont impliqués dans les différents types des aliments et boissons (Ongl et Asano , 2009).

D'après les résultats obtenus (tableau XVII, les dattes contiennent un taux des levures légèrement faible dans les deux échantillons ≤ 10.

Concernant les moisissures, ils existent dans la datte irriguée par l'eau usée traitée avec un taux ≤ 200, par contre, ils sont absents dans la datte irriguée par l'eau de forage.

**Tableaux XVIII:** paramètre de levures et moisissures étudiée sur de dattes comparés aux normes algériennes

	<b>. levures</b>	Norme algérienne	interprétation	<b>moisissures</b>	Norme algérienne	interprétation
Datte irrigué par eaux usée épuré	<b>0-10</b>	<b>100– 300</b>	<b>Satisfaisante</b>	<b>0-200</b>	<b>1.10<sup>3</sup>–3.10<sup>3</sup></b>	<b>Satisfaisante</b>
Datte irrigué par eaux d'fourrage	<b>0-10</b>		<b>Satisfaisante</b>	<b>0</b>		<b>Satisfaisante</b>

### III.2.3. Qualité de datte

Pour donner la qualité hygiénique de datte irriguée par l'eau usée épurée, on compare les résultats d'analyse microbiologique effectuée de *Escherichia coli.*, levures et moisissures aux normes algériennes. Selon l'interprétation de résultats microbiologique. (Annexe 6).

A partir des résultats des tableaux ci-dessus, on remarque que teneur en de *Escherichia coli.* dans la datte irriguée par l'eau de forage entre  $\leq 3$  et 7 par 100 ml sont satisfaisant à la consommation sans risque enregistré pour la santé humaine puisque dans l'intervalle  $< 10^3$  (m= 3). Par contre, celles irriguées par les eaux usées épurées entre  $7,2 \cdot 10^2$  et  $3,5 \cdot 10^2$  sont considérées comme un produit non satisfait pour la consommation humaine en référant la norme algérienne puisque inférieur à M. ( seuil limite acceptable )

Concernant les levures et moisissures, leurs résultats signifient que les deux types de datte sont dans les valeurs Satisfaisante  $\leq 100$  par rapport à la norme algérienne pour la qualité hygiénique alimentaire.

On constate qu'il y a une absence totale des moisissures dans dattes témoins, par contre il y a un taux entre **0-200** de moisissures présent dans échantillons de datte irriguées par les eaux usées traitées. Mais il n'y a pas de risque parce que ces valeurs satisfaisantes sont en dessous des normes d'acceptables  **$1 \cdot 10^3$ – $3 \cdot 10^3$** .

En définitif et en fonction des normes algériennes, les analyses microbiologiques attestent d'une qualité hygiénique mauvaise de datte irriguée par effluent traité au niveau de la STEP.

Les perspectives pour la réutilisation agricole d'effluents traités de la STEP de Ouargla sont :

- la réutilisation des eaux usées traitées par la STEP de Ouargla d'après les résultats obtenus démontre qu'elle n'est pas envisageable pour les cultures de catégories A et B .

Cependant , la valorisation de ces effluents traités peut être quant même envisagée dans le cadre de la culture de catégorie C ou l'irrigation de la catégorie B (signifiant la possibilité de l'irrigation localisée des cultures de la catégorie B (arbres fruitiers, cultures et arbustes fourragers, cultures industrielles, arbres forestiers et plantes florales et ornementales), si les ouvriers agricoles et la population ne sont pas exposés selon la norme OMS.

Par ailleurs dans les normes du journal officiel algérien, la valorisation de ces effluents traités pourra concerner les cultures et arbustes fourragers (Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe), les cultures céréalières, les cultures industrielles (Pour les cultures industrielles et arbres forestiers, des paramètres plus permissifs peuvent être adoptés.) , des arbres forestiers, et des plantes florales et ornementales (Une directive plus stricte (<200 coliformes fécaux par 100 ml) est justifiée pour l'irrigation des parcs et des espaces verts avec lesquels le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.).

Quelques solutions pour une meilleure gestion des EUE en agriculture à Ouargla:

- les solutions suggérées pour résoudre le problème de colmatage sont :
- Pour éviter les problèmes dus aux algues en suspension qui s'accumulent à la surface de l'eau et aux problèmes dus à l'accumulation de boues au fond du réservoir, l'eau doit être pompée à une profondeur d'environ un mètre de la surface.
- Filtration. Les résultats du projet ont montré que l'irrigation par aspersion ou goutte-à-goutte peut être appliquée à condition d'installer un système à double filtration.

Ce moyen consiste en un filtre à sable suivi d'un filtre à tamis dans la station, puis peut impliquer une filtration avant utilisation.

- le problème de la salinité : Choisir des cultures tolérantes au sel ayant la capacité d'absorber des quantités élevées de sels sans subir d'effets toxiques particuliers (cultures extractrices de sels). En cas d'irrigation avec une eau usée traitée de salinité élevée, dans les zones à pluviométrie limitée et lessivage naturel favorable, des cultures extractrices de sels peuvent aider à réduire l'accumulation de sels dans le sol et permettre ainsi une réutilisation durable à long terme. Les cultures recommandées sont exemple : le sorgho.

**conclusion**

---

## Conclusion

Notre travail de recherche a été réalisé sur l'étude de l'impact de réutilisation des effluents traités sur les cultures irriguées (Cas du périmètre agricole de canal de transfert de la STEP de Said Otba, Ouargla), afin de justifier la possibilité de cette réutilisation, à travers les risques d'usage de cette pratique. Les résultats démontrent que :

La réutilisations des effluents traités de la STEP au niveau du périmètre étudié n'est ni organisée, ni contrôlée.

L'analyse bactériologique des EUE montre la présence des germes suivants : Germes totaux Coliformes totaux et fécaux, Streptocoques fécaux, Clostridium sulfito-réducteurs.

En outre, la caractéristique physico-chimique est de mauvaise qualité par rapport aux normes de réutilisation en vigueur. Ces eaux appartiennent à la dernière classe de Riverside **C5 S4**, avec une CE très forte qui atteint 14,70 **dS/m** d'où un risque de salinisation trop élevé et qui influe sur le sol et la plante.

Pour l'eau de forage, elle présente une qualité physico-chimique médiocre à mauvaise avec une CE au-dessus des normes d'irrigation avec une valeur de 6,76 **dS/m**. Elle appartient à la classe de Riverside **C4 S2**.

L'irrigation par les EUE doit être pratiquée après l'amélioration de la qualité des eaux épurées en agissant sur le fonctionnement de la station d'épuration. En définitif, l'irrigation par ces eaux (EUE et EF) doit être pratiquée avec précaution vis-à-vis des sols salés et perméables.

L'étude expérimentale de analyses microbiologiques et biochimiques des dattes (Ghars) montre que :

Il y a une contamination fécale particulièrement avec *Escherichia coli*. avec un taux très élevé à cause de l'influence négatif de l'irrigation avec les EUE, conformément aux normes algériennes (2012). Celle-ci a donné une qualité hygiénique mauvaise de datte, et n'est pas acceptable pour la consommation humaine.

L'influence de cette réutilisation sur la qualité commerciale est négligeable, car l'altération des dattes par les levures et moisissures est faible (valeurs satisfaisant) par rapport aux normes de levure pour la consommation hygiénique alimentaire de la norme algérienne. Cependant, une absence totale de moisissures dans les dattes témoins a été observée.

La composition biochimique des dattes (Ghars) a noté des teneurs élevées en sucre totaux pour les deux échantillons étudiés qui ont variés entre 79 et 82 % respectivement pour l'EUE et l'EF.

En définitif, en fonction de nos résultats, on a conclu qu'il y a un risque sanitaire à travers cette pratique, en particulier, sur les cultures irriguées. Donc cette pratique n'est pas possible, et cette eau est déconseillée pour l'irrigation des palmiers dattiers.

Des études sont envisagées avec un cadre spatio-temporel plus vaste et différentes spéculations, et bien sur un laboratoire sophistiqué, pour juger de la possibilité du recours à une telle pratique de valorisation.

# Références bibliographique





1. **ABBOU S., 2010.** La réutilisation des eaux usées épurées. Centre de formation aux métiers d'assainissement. Ed. Office National d'Assainissement de Saida. 52p
2. **ADEME., 2003.** Les boues d'épuration municipales et leur utilisation en agriculture "organisation et fonctionnement d'une station d'épuration". Dossier : Assainissement et origines des boues, épandage agricole intérêt agronomique des boues d'épuration, épandage agricole des boues d'épuration et santé publique. Législation, Enjeux de l'épandage agricole). Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie Comité National des Boues. Paris. France.
3. **AFD., 2011.** Réutilisation des eaux usées traitées –Perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action France,85p.
4. **AMIR .S., 2005.** Contribution à la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost. Th. Doc. Ins. Nati. poly de Toulouse. 341p
5. **AQUAREC., 2006.** Report on integrated water reuse concepts.AQUAREC,148p.
6. **ASANO T., 1998.** Wastewater Reclamation and Reuse, Water Quality Management Library Volume 10. Technomic Publishing Co., Inc., Lancaster. PA. 1475p.
7. **ATTAB .S., 2011.** amélioration de la qualite microbiologique des eaux epurees par boues actives de la station d'epuration haoud berkaoui par l'utilisation d'un filtre a sable local. Magister. universite kasdi merbah ouargla, p
8. **Bachi, O.E.K, 2010** : mémoire présenté en vue de L'obtention du diplôme de magister thème diagnostic sur la valorisation de quelques plantes du jardin d'épuration de station du vieux ksar Témacin.Ouargla, 105P
9. **BAHRI A., (2011),** L'irrigation avec des eaux usées et la santé : évaluer et atténuer les risques dans les pays à faible revenu. Presses de l'université Québec, 440p.
10. **BALIGA , M-S., BALIGA , B-R-V., KANDATHIL , S-M., 2011.** A review of the chemistry and pharmacology of the date fruits (*Phoenix dactylifera* L.).Réveu. Food Research International, vol.44, pp : 1812 -1822.
11. **BAUDOT B., PERERA P., 1991.** Guide procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités. 21p.
12. **BAUMONT S, CAMARD J-P, LEFRANC A, FRANCONI A. (2005),** Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Observatoire régional de la santé Île-de-France, Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France, 222p.

13. **BENZIOUCHE S E et CHEHAT F, 2012.** Structure et contraintes de la filière dattes en Algérie. *NEW MEDIT N.* 4.P- 55.
14. **BOUHANA A., 2014.** Gestion des produits d'épuration des eaux usées de la cuvette de Ouargla et perspectives de leurs valorisations en agronomie saharienne. Mémoire de Magister. Université Kasdi Merbah de Ouargla.11.12.14. 177 p
15. **BONNARD et GARDAL., 2003.** Vallée de Ouargla études d'assainissement des eaux résiduaires pluviales et d'irrigation mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique volet étude d'impact sur l'environnement mission IIB : collecte et analyse des données. Ed. Lausanne. 42p.
16. **BRGM., 2010.** La réutilisation des eau uses : un enjeu majeur de développement durable. Les enjeux des géosciences, Fiches de synthèse scientifique n°24 ,avril 2004 ,4 P .
17. **BRL., 2011.** Réutilisation des eaux usées traitées -perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action. Rapport final. Agence Française de Développement.
18. **C.M. BOURGEOIS ET J.V. LEVEAU. , 1989.** 'Technique d'Analyse et de Contrôle dans les Industries Agro-alimentaires'.Livre. Ed. Apria. Paris. V.3. pp 130-157
19. **DAPE (Direction d'Assainissement et de Protection de l'Environnement /MRE),, 2013.** Gestion d'eaux en Algérie.
20. **DEGREMENT., 2005.** Mémento technique de l'eau. Tome 1. Ed10eme .466p.
21. **DJEDDI .H, 2007.** utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines. Magistère. Université Mentouri Constantine, p24
22. **DRECHSEL P., SCOTT C. A., RASCHID-SALLY L., and REDWOOD M. et MADIGAN Michael et MARTINKO John., 2007.** Biologie des microorganismes. 11ème édition, Pearson/éducation. Paris. pp 918-932.
23. **Doulaye .K, 2002 :** Etat des lieux performances épuration et critères de dimensionnement, thèse N2653. DEP en sciences de l'environnement. fondation universitaire luxembourgeoise. Arlon Belgique et de matonalite ivoirien, 170 P.
24. **D. PETRANSXIENE ET P. LAPIED.** 'Qualité Bactériologique du Lait et des Produits Laitiers. Analyses et Test'. Ed. Lavoisier. Paris. 228 p.1981.
25. **EDLINE F., 1996.** L'épuration physico-chimique des eaux. 3ème édition. Ed. CEBEDOC. Paris, 283p.
26. **FEPS (Fondation de l'Eau Potable Sûre),, 2013.** Traitement des eaux usées. 11p.
27. **FABY J.A et BRISSAUD F., 1998.** L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau, 18p.

28. **FRANK R., 2002.** Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scéen CRDP AQUITAINE. BORDEAUX. 171p.
29. **Gharzouli M., 2014.** Investir dans le développement durable : La réutilisation des eaux usées épurées .ONA- Zone de Sétif .Unité d’assainissement de Sétif.
30. **GADDA. N. el-H., 2013.** Impacts des eaux usées épurées sur les propriétés physico-chimiques des sols dans la région de Ouargla. Master Academique. universite kasdi merbah ouargla, p3.4
31. **HANNACHI A., GHARZOULI R., DJELLOULI TABETY., 2014.** Gestion et valorisation des eaux usées en algerie. Article. 1,2Université Ferhat ABBAS- Sétif (Algérie) 3Université du Maine-Le Mans (France).
32. **IDDER T., 2007.** Le problème des excédents hydriques à Ouargla, situation actuelle et perspectives d'amélioration. Article scientifique, Sécheresse. N°3 vol 18.
33. **Journal Officiel de l'Algérie n° 41, 2012.**
34. **Journal Officiel de l'Algérie n° 32, 2004.**
35. **Journal Officiel de l'Algérie n° 35, 1998.**
36. **Journal Officiel de l'Algérie n° 48, 2015.**
37. **LAHACHE GAFREJ R., 2005.** La réutilisation des eaux usées traitées comme ressources alternatives pour la préservation des eaux souterraines Cas de la Tunisie. CIRESS –11-12 Décembre 2005–Ouargla- Algérie, Faculté des Sciences de Bizerte – TUNISIE. 27p.
38. **MAMADOU LN., 2005.** Impacts des eaux usées sur l’évolution chimique et microbiologique des sols : étude de cas à Pikine (Dakar-Sénégal). Diplôme d’études supérieures en sciences naturelles de l’environnement. Univ. LAUSANNE. 102p.
39. **MRE ., 2012.** Ministère des Ressources en Eau, Algérie, 2012.
40. **MENSOUS M., 2011.** Étude du système de gestion des eaux usées dans l’Oasis de Ouargla. Mémoire de Magister. Université Kasdi Merbah de Ouargla. P 54.
41. **MESSROUK H., 2011.** Contribution à l'évaluation et au traitement des eaux usées dans la région de Ouargla: Cas des composés phénoliques. Mém. Magister. Univ. KASDI MERBAH Ouargla. 127p.
42. **MOULIN S., ROZEN-RECHELS D., STANKOVIC M., (2013).** Traitement des eaux usées, Atelier de l’eau qualité vs quantité 1er semestre 2012/2013, CERES-ERTI, Paris, 12p.

43. **NADER. A. k., 2014.** Eaux usées épurées de la cuvette de Ouargla Gestion et risques environnementaux. Magistère en Ecologie Saharienne et Environnement. universite kasdi merbah – ouargla. p14.25.
44. **NADER. A. k et SAKER., 2016.** *eaux usées épurées de l'agglomération d'Ouargla : gestion et conséquences écologiques. Université KASDI Merbah OUARGLA . Revue des Bio Ressources.42P*
45. **Nebil BELAID., 2010.** Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation. accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques. Doctorat. Université de Limoges et l'Université de Sfax
46. **NEZAM EL-DIM, A. M., 2000.** Date palm post-Harverst Processing technology in Egypt. In :Hamdan, I. Y. (ed), Hegazi, N. A. (ed), Date palm : Post-Harverst Processing technology. FAO.Rome, 42-73.
47. **OMS., 1989.** L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture : recommandations à visées sanitaires. Genève. Série de rapports techniques n° 778. 81p.
48. **OMS., 2012.** (a), Directives OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères : Utilisation des eaux usées en agriculture. Volume II, Ed OMS, Genève, 254 p
49. **OMS., 2012.** (b), Directives OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères : Utilisation des excréta et des eaux ménagères en agriculture. Volume IV, Ed OMS, Genève, 234 p
50. **OUALI M., 1999.** Précis d'assainissement urbain. Offic. Pub. Univ. Blida. 79p.
51. **RINGOT B., 2010.** Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux ; les moyens techniques de protection des usagers ou des usages groupe de travail ; Réutilisation des eaux usées traitées. Rapport d'activités. Initiative Co-associative AXE n°1. 42p
52. **RNDE., 2003.** Réseau National des Données sur l'Eau. Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. Institut Français de l'Environnement (IFEN). Office International de l'eau (OIE), Agences de l'eau, version 3, 56 p.
53. **SAFA E., AYOUB E., 2013.** Réutilisation Des Eaux Usées Traitées En Fertigation, Projet de fin d'études – Semestre VI. université cadi ayyad marrakech. p5
54. **Station d'épuration (STEP) de Ouargla.** Document technique.2012
55. **SAWAYA W, N., KHATCHDOURIAN H., KHALILJ., 1982.** Growth and chemical characterization of three Saudi dates cultivar s various stages of

- development. Can.ins. Food Sci. Technol. J., pp : 16, 87-91
56. **SYNTEAU., 2012.** Réutilisation des eaux usée traitée : REUSE .Fichis SYNTEAU ,n°5 ,6p
57. **STRAUB, T.M. and CHANDLER, D.P., 2003.** Towards a unified system for detecting waterborne pathogens. Journal of Microbiological Methods 53 (2), pp 185- 197.
- TAMRABET L., 2011.** Contribution à l'étude de la valorisation des eaux usées en maraichage. Th. Doc. Sciences Hydrauliques. Inst. Génie Civil Hydr. Archi. Univ. Hadj Lakhdar. Batna. 147p
- 58. TARRA N ., 2009 .** En vie d'Oasis. P-04.
59. **TAMRABET L., 2011.** Contribution a l'etude de la valorisation des eaux uses en maraichage. Thèse de Doctorat en sciences : Université Hadj Lakhdar. Batna Algérie.
60. **TAMRABET L., 2011.** Contribution à l'étude de la valorisation des eaux usées en maraichage. Th. Doc. Sciences Hydrauliques. Inst. Génie Civil Hydr. Archi. Univ. Hadj Lakhdar. Batna. 147p.
61. **Trad Rais,M et Xanthoulis,D .,2006.** Rôle de la micro-irrigation dans l'atténuation des risque sanitaire lié à la réutilisation des eaux usées à des fin agricole .Vecteur-environnement, mars 2006 ,p75-81
62. **Toze,S., 2006 .**Reuse of effluent water-benefits and risks Agricultural water Management. n°80 ,147-159.
63. **US EPA., 2012.**Guidelines for water reuse .Washington, U.S . Environnemental Protection Agency,office of Waste water Management. pagination multiple.
64. **Veolia., 2010 .**Le receclage des eaux usée in veolia eau solution.<http://www.veoliaeau.com/recyclage-eaux-usée> /(pageconsultée le 8janvier 2014) .
65. **Veolia., 2006 .**Le receclage de l'eau, une solution locale quant l'eau se fait rare . Environnement 8p.
66. **YAHIAOUI K., 1998.** Caractérisation physico-chimique et évolution du brunissement de la datte « D-N » au cours de la maturation. Mémoire de Magister. I.N.A. El-Harrach. Alger : 66p..
67. **ZEKRI S., GHEZAL L., ALOUI T., DJEBBI K., 1997.** Les externalités négatives de l'utilisation des eaux usées traitées en agriculture. CIHEAM. Options Méditerranéennes. Séri A n° 31. Séminaires Méditerranéens. pp 193-216.
68. شحانة احمد عبد الفتاح .,2000. موسوعة النخيل والتمر دار الطلائع مصر.18-29.

**Webographie**

1. <http://www.safewater.org/PDFS/resourcesknowthefacts/traitement+eaux+usees.pdf>.
2. Google earth, 2017.

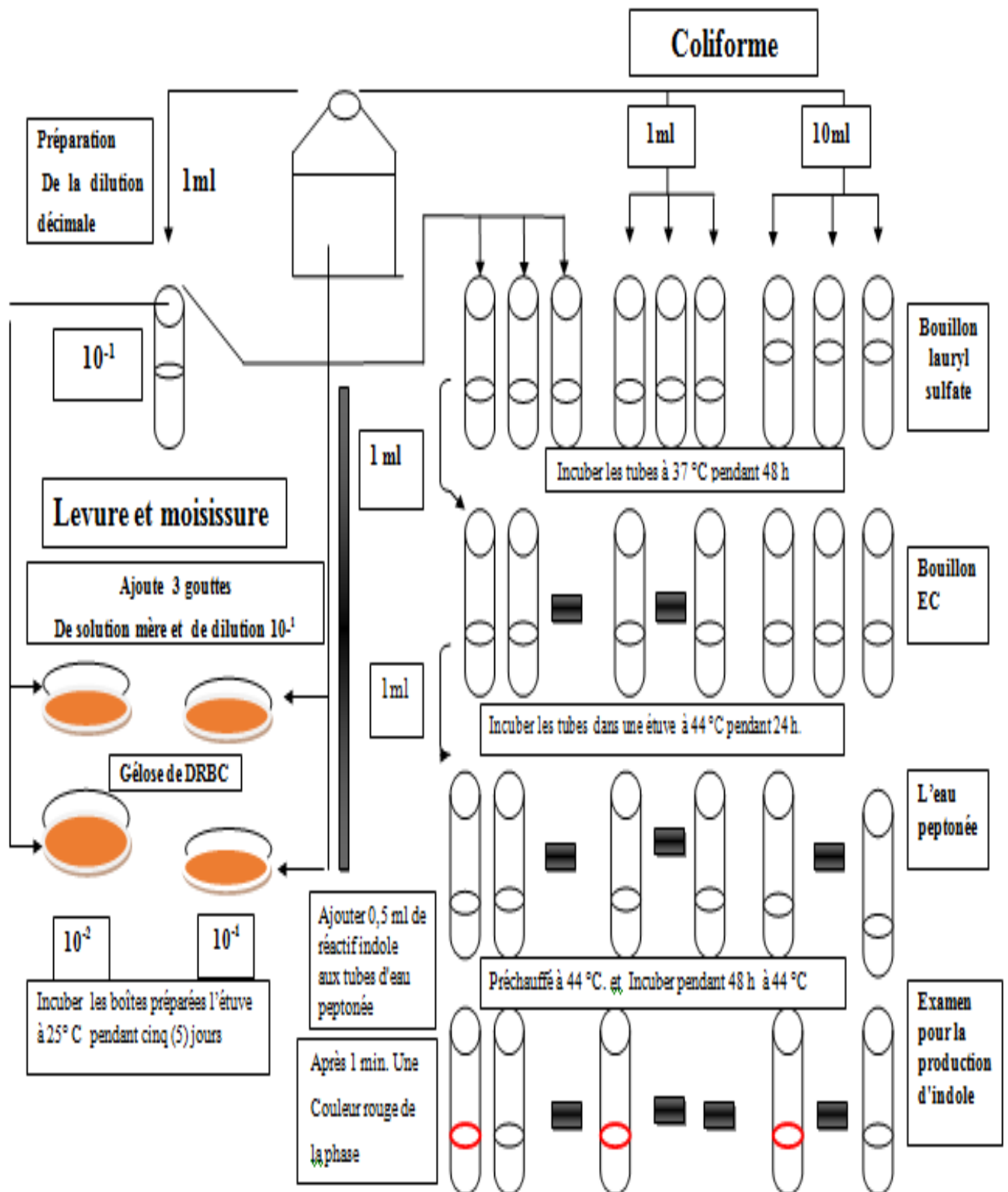
# Annexes

**Annexe 1** : Critères microbiologiques des produits déshydrates non repris dans les tableaux et autres produits divers.

Aouel Safar 1419 27 mai 1998		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 35		21
TABLEAU XI				
<b>CRITERES MICROBIOLOGIQUES DES PLATS CUISINES</b>				
PRODUITS	n	c	m	
<b>1. Plats cuisinés à l'avance à base de viandes et de poissons :</b>				
— germes aérobies à 30° C	5	2	3.10 <sup>5</sup>	
— coliformes	5	2	10 <sup>3</sup>	
— coliformes fécaux	5	2	10	
— <i>Staphylococcus aureus</i>	5	2	10 <sup>2</sup>	
— clostridium sulfito-réducteurs à 46° C	5	0	30	
— <i>Salmonella</i>	5	0	absence	
<b>2. Plats cuisinés à base de légumes : produits végétaux crus ensaucés :</b>				
— <i>Staphylococcus aureus</i>	5	2	10 <sup>2</sup>	
— <i>Salmonella</i>	5	0	absence	
TABLEAU XII				
<b>CRITERES MICROBIOLOGIQUES DES PRODUITS DESHYDRATES NON REPRIS DANS LES TABLEAUX PRECEDENTS ET AUTRES PRODUITS DIVERS</b>				
PRODUITS	n	c	m	
<b>1. Epices et plantes aromatiques séchées :</b>				
— germes aérobies à 30° C	5	2	10 <sup>5</sup>	
— moisissures	5	2	10 <sup>3</sup>	
— <i>Escherichia coli</i>	5	2	10	
— <i>Salmonella</i>	5	0	absence	
<b>2. Fruits secs (dattes, figues, pruneaux, raisins secs...) :</b>				
— levures osmophiles	5	2	10	
— moisissures	5	2	10 <sup>2</sup>	
— <i>Escherichia coli</i>	5	2	3	
<b>3. Céréales en grains :</b>				
— moisissures	5	2	10 <sup>2</sup>	
— clostridium sulfito-réducteurs à 46° C	5	2	10 <sup>2</sup>	
<b>4. Produits de mouture (semoules, farines) et pâtes alimentaires :</b>				
— moisissures	5	2	10 <sup>2</sup>	
— clostridium sulfito-réducteurs à 46° C	5	2	10 <sup>2</sup>	
<b>5. Dérivés de céréales (biscuits, biscottes, pâtes aux œufs...) :</b>				
— germes aérobies à 30° C	5	2	10 <sup>3</sup>	
— <i>Escherichia coli</i>	5	2	3	
— <i>Staphylococcus aureus</i>	5	2	10 <sup>2</sup>	
— moisissures	5	2	10 <sup>2</sup>	
— <i>Salmonella</i> (1)	5	0	absence	



Annexe 2 : schéma de Méthodes d'analyses microbiologiques de datte



---

### Annexe 3 : le composition des milieux de culture

#### I. Bouillon au lauryl sulfate (milieu d'enrichissement sélectif)

##### I.1. Préparation

Dissoudre les composants ou le milieu complet déshydraté dans l'eau, en chauffant si nécessaire. Si nécessaire, ajuster le pH de sorte qu'après stérilisation il soit de  $6,8 \pm 0,2$  à  $25^{\circ}\text{C}$ .

Répartir les milieux par quantités de 9 ml dans des tubes de 16 mm  $\times$  160 mm (6.4) contenant des cloches de Durham (6.6) dans le cas du milieu simple concentration, et par quantités de 10 ml dans des tubes de 18 mm  $\times$  180 mm ou 20 mm  $\times$  200 mm (6.4) contenant des cloches de Durham (6.6) dans le cas du milieu double concentration. Stériliser à l'autoclave (6.1) réglé à  $121^{\circ}\text{C}$  pendant 15 min. Les cloches de Durham ne doivent pas contenir de bulles d'air après stérilisation.

#### II. Bouillon EC (milieu sélectif)

##### II.1. Préparation

Dissoudre les composants ou le milieu complet déshydraté dans l'eau, en chauffant si nécessaire. Si nécessaire, ajuster le pH de sorte qu'après stérilisation il soit de  $6,8 \pm 0,2$  à  $25^{\circ}\text{C}$ . Répartir le milieu, par quantités de 10 ml, dans des tubes de 16 mm  $\times$  160 mm (6.4) contenant des cloches de Durham (6.6). Stériliser à l'autoclave (6.1) réglé à  $121^{\circ}\text{C}$  pendant 15 min.

Les cloches de Durham ne doivent pas contenir de bulles d'air après stérilisation.

##### II.2. Contrôle de performance et assurance de la qualité du milieu

Se reporter à l'ISO/TS 11133-1 et à l'ISO/TS 11133-2 afin de tester la performance du milieu.

#### III. Eau peptonée sans indole

##### III.1. Préparation

Dissoudre les composants ou le milieu complet déshydraté dans l'eau, en chauffant si nécessaire. Si nécessaire, ajuster le pH de sorte qu'après stérilisation, il soit de  $7,3 \pm 0,2$  à  $25^{\circ}\text{C}$ .

Répartir le milieu, par quantités de 5 ml à 10 ml, dans des tubes de 16 mm  $\times$  160 mm (6.4).

Stériliser à l'autoclave (6.1) réglé à  $121^{\circ}\text{C}$  pendant 15 min.

#### IV. Réactif pour la recherche de l'indole (réactif de Kovacs)

##### IV.1. Préparation

Dissoudre le diméthylamino-4 benzaldéhyde dans l'alcool en chauffant doucement dans un bain d'eau maintenu entre  $50^{\circ}\text{C}$  et  $55^{\circ}\text{C}$ . Refroidir et ajouter l'acide.

Mettre à l'abri de la lumière et conserver à  $4^{\circ}\text{C}$  (voir l'ISO 7218). Le réactif doit être de couleur jaune clair à brun clair.

NOTE Une préparation commerciale, prête à l'emploi, peut également être utilisée.

## Annexe 4 : Arrêté du 23 Rajab 1436 correspondant au 12 mai 2015

20	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 48	25 Dhou El Kanda 1436 9 septembre 2015
<p><b>4.2.1.3 Essai de performance pour l'assurance de la qualité du milieu de culture</b></p> <p><b>4.2.1.3.1 Généralité</b></p> <p>Le milieu DRBC est un milieu solide. La productivité et la sélectivité doivent être soumises à essai selon les spécifications suivantes :</p> <p><b>4.2.1.3.2 Productivité</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— incubation : Cinq (5) jours à 25° C ± 1° C.</li> <li>— souches : <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Saccharomyces cerevisiae</i> ATCC 9763 ;</li> <li><i>Candida albicans</i> ATCC 10231 ;</li> <li><i>Aspergillus niger</i> ATCC 16404 ;</li> <li><i>Abaco racemosus</i> ATCC 42647.</li> </ul> </li> </ul> <p>Ou souches enregistrées comme équivalentes dans d'autres collections fongiques.</p> <p><sup>a</sup> Des produits équivalents peuvent être utilisés s'il est démontré qu'ils conduisent aux mêmes résultats.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— milieux de référence : Milieu de culture « Sabouraud Dextrose Agar » (SDA).</li> <li>— méthode de contrôle : Quantitative.</li> <li>— critères : Rapport de productivité, <math>P_1 \geq 0,5</math></li> <li>— réaction caractéristique : Colonies ou propagules ou germes caractéristiques selon chaque espèce.</li> </ul> <p><b>4.2.1.3.3 Sélectivité</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— incubation : Cinq (5) jours à 25° C ± 1° C.</li> <li>— souches : <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Escherichia coli</i> ATCC 25922 ;</li> <li>Ou <i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6633 ;</li> </ul> </li> </ul> <p>Ou souches enregistrées comme équivalentes dans d'autres collections de bactéries.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— méthode de contrôle : Qualitative.</li> <li>— critères : Inhibition totale.</li> </ul> <p><b>5. Appareillage et verrerie</b></p> <p>L'utilisation de matériel à usage unique est une alternative acceptable à l'utilisation de verrerie réutilisable, à condition qu'il répond aux exigences spécifiées.</p> <p>Matériel courant de laboratoire de microbiologie et, en particulier, ce qui suit :</p> <p><b>5.1 Etuve, pouvant fonctionner à 25° C ± 1° C.</b></p> <p><b>5.2 Pipettes à écoulement total, stériles, d'une capacité nominale de 1 ml et graduées à 0,1 ml.</b></p>	<p><b>5.3 Bain-marie, ou appareillage similaire, pouvant fonctionner de 44° C à 47° C.</b></p> <p><b>5.4 pH-mètre, précis à ± 0,1 unité de pH à 25° C.</b></p> <p><b>5.5 Flacons, fioles et tubes, pour bouillir et conserver les milieux de culture et pour effectuer des dilutions.</b></p> <p><b>5.6 Boîtes de pétri, stériles, en verre ou en plastique, de 90 mm à 100 mm de diamètre.</b></p> <p><b>5.7 Microscope, pour distinguer les levures des cellules bactériennes (fond clair, grossissement de x 250 à x 1000).</b></p> <p><b>5.8 Étaliers, en verre ou en plastique (de diamètre inférieur à 2 mm et de longueur 80 mm). Il convient que le diamètre des étaliers ne dépasse pas 2 mm afin de minimiser la quantité d'échantillon y adhérent à la fin de l'étalement.</b></p> <p><b>5.9 Loupe binoculaire, (grossissement x 6,5 à x 50) pour distinguer et différencier les colonies ou les cellules des levures et moisissures.</b></p> <p><b>6. Échantillonnage</b></p> <p>Il convient que l'échantillon envoyé au laboratoire soit réellement représentatif, non endommagé ou modifié lors du transport et de l'entreposage. L'échantillon pour le laboratoire ne doit pas être congelé.</p> <p>L'échantillonnage et la préparation de l'échantillon pour essai se font dans des conditions appropriées.</p> <p><b>7. Mode Opérateur</b></p> <p><b>7.1 Prise d'essai, suspension mère et dilutions</b></p> <p>Préparer la prise d'essai, la suspension mère (première dilution) et les dilutions suivantes selon des exigences réglementaires et normatives spécifiques et appropriées au produit concerné. Sauf dans le cas d'une préparation spécifique de l'échantillon pour essai, il est recommandé d'utiliser de l'eau peptonée à 0,1 % (concentration en masse) (4.1.3) comme diluant.</p> <p>Utiliser un homogénéisateur péristaltique de préférence à un mélangeur ou à un agitateur.</p> <p>En raison de la sédimentation rapide des spores dans la pipette, maintenir la pipette (5.2) horizontale (et non verticale) lorsqu'elle est remplie du volume approprié de suspension mère et de dilutions.</p> <p>Agiter la suspension mère et les dilutions afin d'éviter la sédimentation de particules contenant des micro-organismes.</p>	

**4.1.2 Composition de l'eau peptonée à 0,1% (concentration en masse)**

Digestat enzymatique de tissus animaux et végétaux	1 g
Eau	1000 ml

**4.1.3 Préparation de l'eau peptonée à 0,1 % (concentration en masse)**

Dissoudre les composants dans l'eau, en chauffant si nécessaire.

Si nécessaire, ajuster le pH (5.4) à  $7 \pm 0,2$  à 25° C après stérilisation.

**4.2 Milieu de culture****4.2.1 Dichloran rose bengalchloramphenicol agar (DRBC)****4.2.1.1 Composition**

Digestat enzymatique de tissus animaux et végétaux	5 g
D-Glucose ( $C_6H_{12}O_6$ )	10 g
Phosphate monopotassique ( $KH_2PO_4$ )	1 g
Sulfate de magnésium ( $MgSO_4 \cdot H_2O$ )	0,5 g
Dichloran (2,6-dichloro-4-nitroaniline)	0,002 g
Rose ben gale	0,025 g
Gélose	12 g à 15 g <sup>a</sup>
Chloramphénicol	0,1 g
Eau, distillée ou déionisée	1000 ml
<sup>a</sup> : En fonction du pouvoir gélifiant de la gélose.	

<sup>a</sup> Des produits équivalents peuvent être utilisés s'il est démontré qu'ils conduisent aux mêmes résultats.

**4.2.1.2 Préparation****4.2.1.2.1 Généralités**

Mettre tous les ingrédients, excepté le chloramphénicol, en suspension dans l'eau et porter à ébullition pour dissoudre complètement. Si nécessaire, ajuster le pH (5.4) à  $5,6 \pm 0,2$  à 25° C, après stérilisation.

Ajouter 10 ml de solution à 1 % (concentration en masse) dans l'éthanol de chloramphénicol et mélanger. Répartir le milieu dans des récipients appropriés (5.5). Stériliser à l'autoclave à 121° C pendant 15 min.

Refroidir immédiatement le milieu dans un bain-marie (5.3) maintenu à une température comprise entre 44° C et 47° C. Répartir ce milieu par portions de 15 ml dans des boîtes de Petri stériles (5.6).

– laisser le milieu se solidifier et sécher

– utiliser immédiatement ou conserver dans l'obscurité jusqu'à son utilisation.

Note - Eviter l'exposition du milieu à la lumière, car les produits de décomposition cytotoxiques peuvent causer la sous-évaluation de la mycoflore dans les échantillons.

**4.2.1.2.2 Addition facultative de chlorhydrate de chlorotétracycline**

Lorsque la prolifération bactérienne peut poser un problème (par exemple dans les viandes crues), il est recommandé d'utiliser le chloramphénicol (50 mg/l) et la chlorotétracycline (50 mg/l).

Dans ce cas, préparer le milieu de base (4.2.1.2), comme décrit ci-dessus, avec seulement 50 mg de chloramphénicol, le répartir par quantité de 100 ml et stériliser.

Préparer également une solution avec 0,1% (concentration en masse) de chlorhydrate de chlorotétracycline dans de l'eau (relativement instable en solution, elle doit être préparée extemporanément) et stériliser par filtration. Juste avant l'utilisation, ajouter 5 ml de cette solution de manière stérile à 100 ml du milieu de base et verser dans les boîtes. La gentamicine est déconseillée, car elle peut causer l'inhibition de certaines espèces de levures.

**4.2.1.2.3 Addition facultative d'éléments trace**

Pour que les moisissures présentent toutes leur morphologie, notamment tous les pigments qu'elles produisent habituellement, elles ont besoin d'éléments trace qui ne sont pas présents dans le DRBC.

Pour identifier les moisissures dans ce milieu, ajouter la solution d'éléments trace suivante à 1 ml par litre de milieu, avant passage à l'autoclave :

–  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  : 1 g ;

–  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  : 0,5g ;

– 100 ml d'eau, distillée ou déionisée.

**4.2.1.2.4 Addition facultative de Tergitol \***

Afin d'éviter la prolifération de *Afuco* dans les boîtes de gélose, il est recommandé d'ajouter du Tergitol (1 ml/l) au milieu de culture.

## ANNEXE

**Méthode horizontale pour le dénombrement des levures et moisissures par comptage des colonies dans les produits, dont l'activité d'eau est supérieure à 0,95.**

**1- Domaine d'application**

La présente méthode spécifie une technique horizontale pour le dénombrement des levures et des moisissures viables présentes dans les produits destinés à la consommation humaine ou animale, dont l'activité d'eau est supérieure à 0,95 (œufs, viande, produits laitiers (excepté le lait en poudre), fruits, légumes, pâtes fraîches, etc) au moyen de : la technique par comptage des colonies à  $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Cette méthode ne permet pas le dénombrement des spores de moisissures et ne s'applique pas à l'identification de la flore fongique ou à l'examen des aliments pour la recherche des mycotoxines.

La présente méthode n'est pas appropriée pour le dénombrement de champignons résistants à la chaleur, tels que les *Byssochlamys fulva* ou *Byssochlamys nivea* présents dans les fruits et légumes en conserve ou en bouteille.

**2. Termes et définitions**

Pour les besoins de la présente méthode, les termes et définitions suivantes s'appliquent :

**2.1 Levure :**

Micro-organisme aérobie, mésophile qui, à  $25^{\circ}\text{C}$  et en utilisant un milieu gélosé dans les conditions décrites dans la présente méthode, se développe à la surface du milieu en formant des colonies (2.4) présentant le plus souvent un contour régulier et une surface plus au moins convexe.

Des levures se développant en profondeur, plutôt qu'à la surface d'un milieu, peuvent former des colonies rondes et lenticulaires.

**2.2 Moisissure :**

Micro-organisme aérobie, mésophile filamenteux qui, à la surface d'un milieu gélosé et dans les conditions décrites dans la présente méthode, développe habituellement des propagules ou des germes (2.3) plats ou filamenteux ou des colonies (2.4) présentant souvent des fructifications colorées et des formes de sporulation.

Des moisissures se développant en profondeur, plutôt qu'à la surface d'un milieu, peuvent former des colonies rondes et lenticulaires.

**Note :** Il existe des formes intermédiaires des micro-organismes. La distinction entre une levure (2.1) et une moisissure (2.2) peut être arbitraire.

**2.3 Propagule ou germe :**

Entité viable, capable de se développer dans un milieu nutritif.

Exemple : Cellule végétative, groupe de cellules, spore, groupe de spores ou morceau de mycélium fongique.

**2.4 Colonie :**

Accumulation viable localisée de masse microbienne développée sur ou dans un milieu nutritif solide à partir d'une cellule viable.

**3. Principe**

3.1 Des boîtes de Petri préparées en utilisant un milieu de culture sélectif défini sont ensemencées.

En fonction du nombre de colonies attendu, une quantité spécifique de l'échantillon pour essai (si le produit est liquide) ou de la suspension mère (dans le cas d'autres produits) ou des dilutions décimales de l'échantillon ou de la suspension mère est utilisée.

Des boîtes supplémentaires peuvent être ensemencées dans les mêmes conditions ; en utilisant des dilutions décimales obtenues à partir de l'échantillon pour essai ou de la suspension mère.

3.2 Les boîtes sont ensuite incubées en aérobiose à  $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  pendant cinq (5) jours. Puis, si nécessaire, les boîtes de gélose sont laissées au repos à la lumière du jour pendant un (1) à deux (2) jours.

3.3 Les colonies ou propagules sont alors comptées et, si nécessaire (pour distinguer les colonies de levures et des bactéries) l'identité des colonies douteuses est confirmée par examen à la loupe binoculaire ou au microscope.

3.4 Le nombre de levures et de moisissures par gramme ou par millilitre d'échantillon est calculé à partir du nombre de colonies ou propagules ou germes obtenus sur les boîtes choisies à des taux de dilution permettant d'obtenir des colonies pouvant être dénombrées. Les moisissures et les levures sont comptées séparément, si nécessaire.

**4. Diluant et milieu de culture****4.1 Diluant****4.1.1 Généralités**

Il est possible d'ajouter des agents tensioactifs, tels que le poly (oxyéthylène) sorbitan monooléate [par exemple Tween 80] (0,05 %, concentration en masse) pour réduire l'agglutination des spores de moisissures et des conidies.

Sauf dans le cas d'une préparation spécifique de l'échantillon pour essai, il est recommandé d'utiliser de l'eau peptonée à 0,1 % (concentration en masse) comme diluant.

## 7.2 Ensemencement et incubation

7.2.1 Dans une boîte de gélose de DRBC (4.2.1), transférer avec une pipette (5.2) stérile, 0,1 ml de l'échantillon pour essai s'il est liquide ou 0,1 ml de la suspension mère dans le cas d'autres produits.

Dans une deuxième boîte de gélose DRBC (4.2.1), transférer à l'aide d'une nouvelle pipette stérile 0,1 ml de la première dilution décimale ( $10^{-1}$ ) (produit liquide), ou 0,1 ml de la dilution ( $10^{-2}$ ) (autres produits).

Pour faciliter le dénombrement de faibles populations de levures et de moisissures, des volumes, jusqu'à 0,3 ml d'une dilution ( $10^{-1}$ ) de l'échantillon ou de l'échantillon pour essai, s'il est liquide, peuvent être répartis dans trois (3) boîtes.

Procéder de la même façon avec les dilutions suivantes en utilisant une nouvelle pipette (5.2) stérile à chaque dilution décimale.

Note : Si la présence de moisissures se développant rapidement est suspectée, se référer à la méthode horizontale pour le dénombrement des levures et moisissures par comptage des colonies dans les produits à activité d'eau inférieure ou égale à 0,95.

7.2.2 Étaler l'inoculum sur la surface de la boîte de gélose avec un éaleur (5.8) stérile jusqu'à ce que le liquide soit entièrement absorbé par le milieu.

L'ensemencement des boîtes par inclusion peut également être utilisé, mais dans ce cas, l'équivalence des résultats doit être validée par rapport à l'ensemencement en surface, et la distinction et la différenciation des moisissures et des levures ne sont pas possibles.

La méthode d'étalement en surface peut donner des dénombrements supérieurs. La technique de l'inoculation en surface facilite l'exposition maximale des cellules à l'oxygène atmosphérique et évite l'inactivation thermique des propagules fongiques.

Les résultats dépendent du type de champignons.

7.2.3 Incuber en aérobiose les boîtes préparées (7.2.2), couvercles en haut, en position droite dans l'étuve (5.1) à  $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  pendant cinq (5) jours. Si nécessaire, laisser reposer les boîtes de gélose à la lumière du jour pendant un (1) à deux (2) jours.

Il est recommandé d'incuber les boîtes (5.6) dans un sac plastique ouvert afin d'éviter la contamination de l'étuve en cas de dissémination des moisissures à l'extérieur des boîtes.

## 7.3 Comptage et sélection des colonies pour confirmation

Lire les boîtes entre deux (2) jours et cinq (5) jours d'incubation. Sélectionner les boîtes (7.2.3) contenant moins de 150 colonies ou propagules ou germes et compter ces colonies ou propagules ou germes.

Si l'on observe un envasement rapide des boîtes, retenir les comptages obtenus après deux (2) jours, puis de nouveau après cinq (5) jours d'incubation.

Note 1 : Les méthodes de dénombrement des levures et en particulier des moisissures sont imprécises du fait qu'elles consistent en un mélange de mycélium, de spores asexués et sexués. Le nombre d'unité à l'origine de la formation de colonies dépend du degré de fragmentation du mycélium et de la proportion de spores capables de se développer sur le milieu.

Note 2 : Des comptages non linéaires à partir des dilutions décimales se produisent souvent, c'est-à-dire qu'une dilution d'un facteur 10 de l'échantillon n'aboutit généralement pas à une réduction d'un facteur 10 du nombre de colonies à la surface de la boîte de Pétri. Cela est dû à la fragmentation du mycélium et à la dispersion des spores pendant la dilution et à la compétition entre espèces lorsqu'un grand nombre de colonies sont présentes dans la boîte de pétri.

Remarque - Les spores des moisissures se disséminent facilement dans l'air, à ce titre, manipuler les boîtes de pétri avec précaution pour éviter leur prolifération qui pourrait engendrer une surestimation de la population dans l'échantillon.

Si nécessaire, effectuer un examen à l'aide de la loupe binoculaire (5.9) ou du microscope (5.7) afin de différencier les cellules de levures ou de moisissures des colonies de bactéries.

Les colonies de levures et les colonies propagules de moisissures sont comptées séparément, si nécessaire.

Pour l'identification des levures et des moisissures, sélectionner des zones de développement fongique et effectuer un prélèvement pour un examen microscopique approfondi ou un ensemencement dans des milieux d'isolation ou d'identification appropriés.

## 8. Expression des résultats et limites de confiance

Les résultats et les limites de confiance doivent être exprimés selon les exigences générales et les recommandations relatives à la microbiologie des aliments.

Compter les colonies de levures et les colonies ou propagules de moisissures séparément, si nécessaire.

Arrêté du 23 Rajab 1436 correspondant au 12 mai 2015 portant nomination des membres du conseil d'administration du musée régional du Moudjahid de Médéa.

-----

Par arrêté du 23 Rajab 1436 correspondant au 12 mai 2015, MM. dont les noms suivent sont nommés, en application des dispositions de l'article 9 du décret exécutif n° 08-170 du 7 Joumada Ethania 1429 correspondant au 11 juin 2008 portant création, organisation et fonctionnement des musées régionaux du Moudjahid, membres au conseil d'administration du musée régional du Moudjahid de Médéa :

- Moukhab M'hamed Akli, représentant du ministre des Moudjahidine, président ;
- Brahm Mohamed, représentant du ministre de la défense nationale ;
- Betache Abdelkader, représentant du ministre de l'intérieur et des collectivités locales ;
- El Omri El Hadj, représentant du ministre des finances ;
- Laouedj Hamza, représentant du ministre des affaires religieuses et des wakfs ;
- Nadji Nadji, représentant du ministre de l'aménagement du territoire et de l'environnement ;
- Laaloui Ahmed, représentant de la ministre de l'éducation nationale ;
- Belheniche Miloud, représentant de la ministre de la culture ;
- Ayoub Saker, représentant du ministre de la communication ;
- Hissam Moussa, représentant du ministre de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique ;
- Kadi Yahia, représentant du ministre de la jeunesse ;
- Aissa Al Bey Mahmoud, représentant de l'organisation nationale des Moudjahidine ;
- Amrouche Fassi, représentant de l'organisation nationale des enfants de choubada ;
- Hourina Elaid, représentant de l'organisation nationale des enfants de choubada.

#### MINISTERE DU COMMERCE

Arrêté du 14 Chaâbane 1436 correspondant au 2 juin 2015 rendant obligatoire la méthode horizontale pour le dénombrement des levures et moisissures par comptage des colonies dans les produits, dont l'activité d'eau est supérieure à 0,95.

-----

Le ministre du commerce ;

Vu le décret présidentiel n° 15-125 du 25 Rajab 1436 correspondant au 14 mai 2015 portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret exécutif n° 90-39 du 30 janvier 1990, modifié et complété, relatif au contrôle de la qualité et à la répression des fraudes ;

Vu le décret exécutif n° 02-453 du 17 Chaoual 1423 correspondant au 21 décembre 2002 fixant les attributions du ministre du commerce ;

Vu le décret exécutif n° 05-465 du 4 Dhou El Kaada 1426 correspondant au 6 décembre 2005 relatif à l'évaluation de la conformité ;

Vu le décret exécutif n° 13-328 du 20 Dhou El Kaada 1434 correspondant au 26 septembre 2013 fixant les conditions et les modalités d'agrément des laboratoires au titre de la protection du consommateur et de la répression des fraudes ;

Vu l'arrêté du 14 Saïar 1415 correspondant au 23 juillet 1994, modifié et complété, relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires ;

Arrête :

Article 1er. — En application des dispositions de l'article 19 du décret exécutif n° 90-39 du 30 janvier 1990, modifié et complété, susvisé, le présent arrêté a pour objet de rendre obligatoire la méthode horizontale pour le dénombrement des levures et moisissures par comptage des colonies dans les produits, dont l'activité d'eau est supérieure à 0,95.

Art. 2. — Pour le dénombrement des levures et moisissures par comptage des colonies dans les produits, dont l'activité d'eau est supérieure à 0,95, les laboratoires du contrôle de la qualité et de la répression des fraudes et les laboratoires agréés à cet effet, doivent employer la méthode jointe en annexe.

**Cette méthode doit être utilisée par le laboratoire lorsqu'une expertise est ordonnée.**

Art. 3. — Le présent arrêté sera publié au *Journal Officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 14 Chaâbane 1436 correspondant au 2 juin 2015.

Amara BENYOUNES

## Annexe 5 : Le nombre les plus probables

Tables NPP (d'après la norme ISO 7218 :1996(F))

Tableau 1 - Table NPP pour 3 x 1 g (ml), 3 x 0,1 g (ml) et 3 x 0,01 g (ml).

Nombre de résultats positifs			NPP	Catégorie lorsque le nombre d'essais de mesures est de 1 pour le lot considéré	Limites de confiance			
					>95%	>95%	>99%	>99%
0	0	0	<0,30		0,00	0,94	0,00	1,40
0	0	0	0,30	3	0,01	0,95	0,00	1,40
0	1	0	0,30	2	0,01	1,00	0,00	1,60
0	1	1	0,61	0	0,12	1,70	0,05	2,50
0	2	0	0,62	3	0,12	1,70	0,05	2,50
0	3	0	0,94	0	0,35	3,50	0,18	4,60
1	0	0	0,36	1	0,02	1,70	0,01	2,50
1	0	1	0,72	2	0,12	1,70	0,05	2,50
1	0	2	1,1	0	0,4	3,5	0,2	4,6
1	1	0	0,74	1	0,13	2,00	0,06	2,70
1	1	1	1,1	3	0,4	3,5	0,2	4,6
1	2	0	1,1	2	0,4	3,6	0,2	4,6
1	2	1	1,5	3	0,5	3,8	0,2	5,2
1	3	0	1,6	3	0,5	3,8	0,2	5,2
2	0	0	0,92	1	0,15	3,50	0,07	4,60
2	0	1	1,4	2	0,4	3,5	0,2	4,6
2	0	2	2	0	0,5	3,8	0,2	5,2
2	1	0	1,5	1	0,4	3,8	0,2	5,2
2	1	1	2,0	2	0,5	3,8	0,2	5,2
2	1	2	2,7	0	0,9	9,4	0,5	14,2
2	2	0	2,1	1	0,5	4,0	0,2	5,6
2	2	1	2,8	3	0,9	9,4	0,5	14,2
2	2	2	3,5	0	0,9	9,4	0,5	14,2
2	3	0	2,9	3	0,9	9,4	0,5	14,2
2	3	1	3,6	0	0,9	9,4	0,5	14,2
3	0	0	2,3	1	0,5	9,4	0,3	14,2
3	0	1	3,8	1	0,9	10,4	0,5	15,7
3	0	2	6,4	3	1,6	18,1	1,0	25,0
3	1	0	4,3	1	0,9	18,1	0,5	25,0
3	1	1	7,5	1	1,7	19,9	1,1	27,0
3	1	2	12	3	3	36	2	44
3	1	3	16	0	3	38	2	52
3	2	0	9,3	1	1,8	36,0	1,2	43,0
3	2	1	15	1	3	38	2	52
3	2	2	21	2	3	40	2	56
3	2	3	29	3	9	99	5	152
3	3	0	24	1	44	99	3	152
3	3	1	46	1	9	198	5	283
3	3	2	110	1	20	400	10	570
3	3	3	>110					
autres valeurs			non cité dans la table ISO 7218 : 1996 (F)					



## Annexe 6 : Technique d'interprétation des résultats d'analyses microbiologique

24	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 35	Aouel Safar 1419 27 mai 1998
ANNEXE III		
<b>TECHNIQUE DE PRISE D'ESSAI ET INTERPRETATION DES RESULTATS D'ANALYSES MICROBIOLOGIQUES</b>		
1. <b>Technique de prise d'essai :</b>		
La prise d'essai destinée à la préparation de la suspension mère et des dilutions décimales porte :		
— sur les parties superficielles et profondes, notamment pour les produits en tranches, hâchés, les plats cuisinés à l'avance... ;		
— sur la partie profonde après cautérisation de la surface du produit, notamment pour les viandes (pièces), les volailles (pièces), les produits carnés (pièces) et les poissons entiers ;		
— sur le produit homogénéisé ou sur les parties superficielles et profondes, selon la nature du produit liquide ou semi-liquide, notamment les produits laitiers.		
Dans le cas des examens microbiologiques effectués à la suite de toxi-infections alimentaires, il est nécessaire de pratiquer la recherche des germes pathogènes, toxigènes et/ou de leurs toxines, aussi bien en surface qu'en profondeur.		
2. <b>Interprétation des résultats d'analyses microbiologiques :</b>		
En matière d'échantillonnage et d'interprétation des résultats d'analyse, il est tenu compte, dans la présente annexe, des travaux menés en la matière au sein des organisations internationales.		
2. 1 <b>Plan à trois classes</b>		
2. 1. 1 <b>Principe :</b>		
Ce plan est ainsi désigné parce que les résultats des examens interprétés sur cette base permettent de fixer trois classes de contamination, à savoir :		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• celle inférieure ou égale au critère "m" ;</li> <li>• celle comprise entre le critère "m" et le seuil "M" ;</li> <li>• celle supérieure au seuil "M".</li> </ul>		
Les critères qualificatifs "m" et "M", sauf autre indication, expriment le nombre de germes présents dans un gramme (g) ou un millilitre (ml) d'aliment et dans 25 grammes d'aliment pour les <i>Salmonella</i> et les <i>Listeria monocytogenes</i> .		
m : seuil au-dessous duquel le produit est considéré comme étant de qualité satisfaisante. Tous les résultats égaux ou inférieurs à ce critère sont considérés comme satisfaisants ;		
M : seuil limite d'acceptabilité au-delà duquel les résultats ne sont plus considérés comme satisfaisants, sans pour autant que le produit soit considéré comme toxique ;		
M = 10 m lors du dénombrement effectué en milieu solide		
M = 30 m lors du dénombrement effectué en milieu liquide		
n : nombre d'unités composant l'échantillon ;		
c : nombre d'unités de l'échantillon donnant des valeurs situées entre "m" et "M".		
2. 1. 2 <b>Application pratique :</b>		
<b>2. 1. 2. 1 La qualité du lot est considérée comme satisfaisante ou acceptable en application de l'article 4 de l'arrêté du 23 juillet 1994 lorsque, aucun résultat ne dépasse M :</b>		
a — Les valeurs observées sont :		
< 3 m lors d'emploi de milieu solide	}	qualité satisfaisante
< 10 m lors d'emploi de milieu liquide	}	
b — les valeurs observées sont comprises :		
entre 3 m et 10 m (=M) en milieu solide,	}	qualité acceptable
entre 10 m et 30 m (=M) en milieu liquide,	}	
et c/n inférieur ou égal au rapport fixé; par exemple c/n < 2/5 avec le plan n = 5 et c = 2 (ou tout autre plan d'efficacité équivalente ou supérieure)	}	
2. 1. 2. 2 <b>Les résultats sont considérés comme non satisfaisants :</b>		
a — lorsque c/n est supérieur ou égal au rapport fixé ;		
b — dans tous les cas où les résultats obtenus sont supérieurs à M.		
Cependant, le seuil de dépassement pour les micro-organismes aérobies à + 30° C, alors que les autres critères sont respectés, doit faire l'objet d'une interprétation, notamment pour les viandes, volailles et produits crus.		
Toutefois, le produit doit être considéré comme toxique ou corrompu lorsque la contamination atteint une valeur microbienne limite "S" qui est fixée dans le cas général à :		
$S = m \cdot 10^3$		

## Impacte de réutilisation des effluents traités sur les cultures irriguées (Cas du périmètre agricole du canal de transfert de la STEP de Ouargla)

### Résumé :

L'objectif de ce travail consiste essentiellement à démontrer le risque sanitaire de la réutilisation des eaux usées épurées (REUE) pour l'irrigation des palmiers Ghars. Notre protocole expérimental est basé sur l'analyse microbiologique des dattes de palmiers dattiers irrigués par l'eau usée épurée (EUE) en comparaison avec des palmiers témoins qui irrigués par l'eau de forage (EF) dans le même périmètre.

Les résultats des analyses des eaux d'irrigation montrent qu'elles sont salées avec une conductivité électrique très élevée et de qualité microbiologique médiocre pour l'eau usée épurée issue de la STEP de Ouargla. Cette ressource peut engendrer un problème grave de salinisation.

L'analyse microbiologique des dattes (Ghars) irriguées avec l'EUE confirme la présence de coliformes fécaux notamment l'*Escherichia coli*. qui dépasse la valeur des normes en vigueur entre ( $2,7.10^2$  et  $3,5.10^2$  germes/ml). En revanche, les résultats concernant les dattes irriguées par l'EF sont valeurs satisfaisant.

Les levures et moisissures sont en nombre non appréciable pour les deux types d'échantillon.

**Mots clés:** la réutilisation, irrigation, agricultures, eau usée épurée, eau de forage, Dattes (Ghars), Périmètre agricole Ouargla.

## Impact of reuse of treated effluents on irrigated crops (case of the agricultural perimeter of the Ouargla Step transfer channel)

### Summary:

The objective of this work is essentially to demonstrate the health risk of the reuse of purified wastewater (regret) in crops cultures. Our experimental protocol based on microbiological analysis of the dates of date palms which is irrigated by purified wastewater (had) by comparing with the witness that irrigated by the drilling water (EF) in the same perimeter.

The results of the irrigation water analyses show that they are salted with very high electrical conductivity. of poor microbiological quality for purified wastewater from the Ouargla step. This resource can cause a serious problem of salinization.

The microbiological analysis of the dates (ghars) irrigated with the had confirms the presence of fecal coliforms including *Escherichia coli*. That exceeds the value of the current standards ( $5, 72.10^2$  germs/ml). On the other hand, the results for the dates irrigated by the EF are acceptable. Yeasts and moulds are not appreciable for both types of samples.

**Keywords:** reuse, irrigation, agriculture, purified wastewater, water drilling, Dates (ghars), the agricultural perimeter of the Ouargla.

## اثر أعاده استخدام مياه الصرف المعالجة علي المحاصيل المروية (المحيط الزراعي لقناة نقل مياه الصرف الصحي المعالجة لمحطة سعيد عتبة. ورقلة)

### الملخص :

الهدف من هذا العمل هو أساسا إثبات المخاطر الصحية لأعاده استخدام مياه الصرف المعالجة في زراعة الخضروات. بروتوكولنا التجريبي قائم علي التحليل الميكروبيولوجي لتمور النخيل المروية بمياه الصرف المعالجة بالمقارنة مع الشاهد المروي بالمياه الحفر في نفس المنطقة.

وتظهر نتائج تحليل مياه الري انها مالحة , CE عالية . رداءه النوعية الميكروبيولوجية لمياه الصرف المعالجة في محطة معالجة المياه المستعملة ورقلة. ويمكن لهذا المورد ان يخلق مشكله خطيره لتلمح

التحليل الميكروبيولوجي للتمور المروية بالمياه المعالجة يؤكد وجود coliformes fécaux ويشمل *Escherichia coli*. التي تتجاوز قيمه المعايير المعمول بها ( $2,7.10^2$  -  $3,5.10^2$  الجراثيم/مل). ومع ذلك ، فان النتائج التمور المروية بمياه الحفر مقبوله. الخميرة والفطريات ليست كبيره للنوعين من العينة.

**الكلمات المفتاحية:** أعاده الاستخدام، الري ، الزراعة ، المياه المعالجة ، مياه الحفر ، التمور (الغرس)، المحيط الزراعي ورقلة.