



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي



كلية التكنولوجيا  
قسم : هندسة الطرائق والبيتروكيمياء

أطروحة لنيل شهادة دكتوراه ل-م-د في هندسة الطرائق  
تخصص: هندسة البيئة و المحيط  
إعداد الطالبة:  
قدور زينب  
تحت عنوان:

## دراسة إمكانية استعمال بعض النباتات الصحراوية في معالجة المياه بمنطقة الوادي

نوقشت يوم: 2022-03-13

أمام لجنة المناقشة:

الاسم واللقب	الرتبة	المؤسسة	الصفة
صلاح الدين لعويني	أستاذ	جامعة الوادي	رئيسا
عمار بن مية	أستاذ	جامعة الوادي	مناقشا
نصر الدين شنوف	أستاذ	جامعة ورقلة	مناقشا
محمد الأمين سكريفة	أستاذ	جامعة ورقلة	مناقشا
محمد الطيب وصيف خالد	أستاذ محاضر أ	جامعة الوادي	مشرفا

السنة الجامعية: 2022/2021

# الإهداء

إلى والديا العزيزان أطال الله في عمرهما  
إلى من كان دوما بجانبني بتشجيعه و دعمه لي

رفيق دربي زوجي

إلى أحبتي أخوتي وأخواتي

إلى زينة الحياة و بهجتها بناتي

سيرين، بتول، آمنة

إليكم جميعا أهدي هذا العمل

# شكر و عرفان

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين  
سيدنا محمد وعلى آله وصحبه ومن تبعهم بإحسان إلى يوم الدين، وبعد..  
أشكر الله تعالى على فضله حيث أتاح لي إنجاز هذا العمل بفضله، فله الحمد  
أولاً وآخرًا.

كما أتقدم بالشكر الجزيل إلى الاستاذ المشرف محمد الطيب وصيف خالد و  
إلى الدكتور خشخوش عبد الرحمان، كما أشكر كل من رئيس اللجنة و  
الأساتذة المناقشين على قبولهم مناقشة

هذه الأطروحة، و إلى الاستاذين الفاضلين فرحات محمد فؤاد و ميلودي  
عبد المنعم.

كما أتقدم بالشكر الجزيل إلى مؤسسة الجزائرية للمياه و إلى الديوان الوطني  
للتطهير و محافظة الغابات لولاية الوادي على المجهودات المبذولة و  
الامكانيات المتاحة لإنجاز هذا العمل.

## الفهرس

ii.....	الإهداء.....
ii.....	شكر و عرفان.....
ii.....	الفهرس.....
vi.....	قائمة الجداول.....
vii.....	قائمة الصور.....
viii.....	قائمة المخططات.....
ix.....	قائمة الأشكال.....
x.....	قائمة الرموز و المختصرات.....
1.....	المقدمة العامة.....

## الجزء النظري

### الفصل الأول: مياه الصرف الصحي، طرق معالجتها و إعادة إستخدامه

3.....	1. مقدمة.....
3.....	2. مياه الصرف الصحي.....
3.....	3. مصادر مياه الصرف الصحي.....
4.....	1.3 مياه الصرف المنزلي.....
5.....	2.3 مياه الصرف الصناعي.....
5.....	3.3 مياه الصرف الزراعي.....
6.....	4. تركيب مياه الصرف الصحي.....
6.....	5. خصائص مياه الصرف الصحي.....
7.....	1.5 المقاييس البيولوجية.....
8.....	2.5 المقاييس الفيزيوكيميائية.....
9.....	6. طرق معالجة مياه الصرف الصحي.....
10.....	1.6 المعالجة التكنولوجية.....
12.....	2.6 المعالجة بإستخدام الطاقة الشمسية.....
12.....	3.6 المعالجة بإستخدام النباتات.....
12.....	4.6 مقارنة بين طرق المعالجة الثلاثة.....
12.....	7. إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي.....
13.....	1.7 إعادة استعمال مياه الصرف المعالجة في الجزائر.....
13.....	2.7 نماذج عن الدول التي نجحت في إعادة إستعمال المياه المعالجة.....
14.....	8. خاتمة.....

15	المراجع
<b>الفصل الثاني: معالجة مياه الصرف باستخدام النباتات</b>	
17	1. مقدمة
17	2. تعريف المعالجة النباتية
18	1.2 الإستخلاص النباتي
18	2.2 ترشيح الجذور
19	3.2 التثبيت النباتي
19	4.2 التحلل النباتي
19	5.2 التطاير النباتي
20	3. النباتات المائية المستعملة ضمن محطات المعالجة بالنباتات
21	2.3 النباتات الطافية
22	3.3 مجموعة النباتات المغمورة
22	4. نموذج الأراضي الرطبة و أنواعها
23	1.4 نظام التدفق الأفقي HF
24	2.4 نظام التدفق العامودي تحت السطحي VF
25	3.4 النظام الهجين
25	5. دور العناصر المكونة للأراضي الرطبة في المعالجة
26	1.5 مواد التعبئة
26	2.5 الكائنات المجهرية
26	3.5 النباتات
26	6. المعالجة النباتية في الأراضي المالحة
27	1.6 تكييف النباتات الملحية مع الإجهاد الملحي
28	7. خاتمة
28	المراجع

### الجزء العملي

#### الفصل الأول: لمحة عن المصب و النباتات المعالجة المستعملة

31	1. مقدمة
31	1. المنطقة الرطبة شط حلوفة
34	2. النباتات المعالجة المستعملة
34	1.2 مجموعة النباتات المائية
40	2.2 مجموعة النباتات النصف مائية

43	3.2 مجموعة النباتات الجافة.....
47	خاتمة.....
48	المراجع.....

### الفصل الثاني: الطرق و الأدوات المستخدمة

51	1. مقدمة.....
51	2. تقديم موقع الدراسة.....
52	1.2 محطة التصفية بالوادي ONA (الديوان الوطني للتطهير STEP1).....
53	3. النموذج التجريبي.....
53	1.3 العتاد التجريبي المستعمل.....
54	2.3 الخصائص الفيزيوكيميائية لمواد التعبئة المستعملة للأحواض.....
55	3.3 أخذ العينات (النبات و المياه).....
56	4. قياس الوسائط الفيزيوكيميائية و البكتريولوجية.....
56	1.4 الوسائط الفيزيوكيميائية.....
65	2. التحاليل البكتريولوجية.....
65	1.1 الكشف عن (Total and fecal coliforms, Fecal streptococcus).....
68	المراجع.....

### الفصل الثالث: النتائج و المناقشة

69	1. الخصائص الفيزيوكيميائية و البكتريولوجية للمياه المستعملة في تغذية الأحواض.....
70	2.1 مناقشة النتائج.....
87	المراجع.....
91	الخاتمة العامة.....
92	الملحق.....

## قائمة الجداول

- جدول 1. مكونات مياه الصرف الصحي ..... 7
- جدول 2. القيم المتوسطة للوسائط المقاسة لمياه الصرف الصحي قبل المعالجة ..... 96
- جدول 3. التغير الموسمي لقيم TC ..... 97
- جدول 4. التغير الموسمي لقيم FC ..... 98
- جدول 5. التغير الموسمي لقيم FS ..... 99
- جدول 6. التطور الزمني للحرارة ..... 105
- جدول 7. التطور الزمني للأس الهيدروجيني ..... 105
- جدول 8. التطور الزمني للناقلية الكهربائية ..... 106
- جدول 9. التطور الزمني للعارضة ..... 106
- جدول 10. التطور الزمني للملوحة ..... 107
- جدول 11. التطور الزمني للمواد العالقة ..... 107
- جدول 12. التطور الزمني للأكسجين المنحل ..... 108
- جدول 13. التطور الزمني للطلب الكيميائي للأكسجين ..... 108
- جدول 14. التطور الزمني للطلب البيولوجي للأكسجين ..... 109
- جدول 15. التطور الزمني للأمونيوم ..... 109
- جدول 16. التطور الزمني للنترت ..... 110
- جدول 17. التطور الزمني للنترات ..... 110
- جدول 18. التطور الزمني للأرتوفوسفات ..... 111
- جدول 19. المعايير الفيزيوكيميائية لمياه الصرف الموجهة للسقي (FAO 2003) ..... 112
- جدول 20. خصائص مياه الصرف المعالجة الممكن استعمالها في سقي المزروعات ..... 113

## قائمة الصور

- صورة 1. مصادر مياه الصرف المنزلية..... 4
- صورة 2. أزهار الزينة المنتجة من سقي مياه الصرف..... 17
- صورة 3. بعض تقنيات المعالجة النباتية..... 23
- صورة 4. النباتات المائية البارزة..... 25
- صورة 5. مقطع توضيحي يمثل المعالجة باستخدام النباتات الطافية..... 26
- صورة 6. نباتات مغمورة..... 26
- صورة 7. نظام التدفق الأفقي..... 28
- صورة 8. نظام التدفق الأفقي تحت السطحي..... 29
- صورة 9. تمثل نظام التدفق العامودي تحت السطحي..... 29
- صورة 10. تعامل النبات مع الشد الملحي..... 33
- صورة 11. موقع شط حلوفة..... 38
- صورة 12. دجاج الماء..... 38
- صورة 13. أسماك..... 39
- صورة 14. صور مأخوذة من موقع شط حلوفة خلال فترات مختلفة..... 39
- صورة 15. نبات الزيتا..... 40
- صورة 16. نبات القصب..... 41
- صورة 17. نبات الطرفة..... 42
- صورة 18. نبات القرينة..... 44
- صورة 19. نبات الزيتا..... 47
- صورة 20. نبات البوقرية..... 49
- صورة 21. نبات القرينة..... 50
- صورة 22. نبات الظمران..... 52
- صورة 23. نبات السويد..... 53
- صورة 24. الموقع الجغرافي لولاية الوادي..... 61
- صورة 25. الموقع الجغرافي لمحطة معالجة مياه الصرف..... 62
- صورة 26. العتاد التجريبي المستعمل لمعالجة المياه..... 64
- صورة 27. مظهر يمثل تبخر مياه بالشط..... 115
- صورة 28. مظهر يمثل تشكل الطحالب بأحد الأحواض..... 115
- صورة 29. قياس الطلب البيولوجي للأكسجين BOD..... 116
- صورة 30. الكشف عن بكتيريا fecal coliforms..... 116
- صورة 31. جهاز Spectrophotometer UV/VIS (ODYSSEY)..... 117

## قائمة المخططات

- 10.....مخطط 1. مراحل تواجد الفوسفور المنحل والمعلق.
- 11.....مخطط 2. يمثل مراحل المعالجة التمهيدية.
- 12.....مخطط 3. حوض ترسيب أولي.
- 12.....مخطط 4. مخطط يمثل تبسيط لإستقلاب البكتيريا.
- 13.....مخطط 5. مراحل معالجة مياه الصرف تكنولوجيا.
- 21.....مخطط 6. تمثيل تخطيطي لمسارات تحول الأزوت في منطقة الجذور.
- 24.....مخطط 7. تقنيات المعالجة النباتية للمواد العضوية و الغير العضوية.
- 30.....مخطط 8. نمودجين من الأنظمة الهجينة.
- 64.....مخطط 9. مكونات التركيب التجريبي لعملية المعالجة بالنظام التدفق العمودي تحت السطحي.

## قائمة الأشكال

- الشكل 1. التغير الشهري للقيم المتوسطة لدرجة الحرارة..... 82
- الشكل 2. التغير الشهري للقيم المتوسطة للأس الهيدروجيني..... 83
- الشكل 3. التغير الشهري للقيم المتوسطة للناقلية الكهربائية..... 84
- الشكل 4. التغير الشهري للقيم المتوسطة للعكارة..... 85
- الشكل 5. التغير الشهري للقيم المتوسطة للملوحة..... 86
- الشكل 6. التغير الشهري للقيم المتوسطة للمواد العالقة..... 87
- الشكل 7. التغير الشهري للقيم المتوسطة للأكسجين المنحل..... 89
- الشكل 8. التغير الشهري للقيم المتوسطة للطلب الكيميائي للأكسجين..... 90
- الشكل 9. التغير الشهري للقيم المتوسطة للطلب البيوكيميائي للأكسجين..... 91
- الشكل 10. التغير الشهري للقيم المتوسطة للأمونيوم..... 92
- الشكل 11. التغير الشهري للقيم المتوسطة للنتريت..... 93
- الشكل 12. التغير الشهري للقيم المتوسطة للنترات..... 95
- الشكل 13. التغير الشهري للقيم المتوسطة للأرتوفوسفات..... 96

## قائمة الرموز و المختصرات

الطلب البيولوجي للأكسجين	:BOD
الطلب الكيميائي للأكسجين	:COD
نظام الأرض الرطبة	:CWs
Colony Forming Units	:CFU
الأكسجين المنحل	:DO
الناقلية الكهربائية	:EC
Food and Agriculture Organization	:FAO
بكتيريا القولون البرازية	:FC
بكتيريا السباحية البرازية	:FS
The most probable number	:MPN
الأمونيوم	:NH4+
النترات	:NO3-
النتريت	:NO2-
Nephelometric Turbidity Unit	:NTU
الأس الهيدروجيني	:pH
الأرتوفوسفات	:PO4 <sup>3-</sup>
المواد العالقة	:SS
درجة الحرارة	:T
بكتيريا القولون	:TC
العكارة	:Turd
نظام التدفق تحت السطحي للأراضي الرطبة	:VF

المقدمة العامة

### المقدمة العامة:

أدى التوسع الحضري و التنمية الصناعية إلى جانب زيادة عدد سكان العالم إلى زيادة الطلب على الموارد المائية [1] ،  
بالتالي أدى إلى تزايد كميات مياه الصرف الصحي في المسطحات المائية [2]، ما يسبب مشاكل بيئية كبيرة، فالمياه  
الملوثة تفقد قيمتها الاقتصادية و الجمالية، وتأرق التنمية، مستنزفة بذلك مصادر المياه الصالحة للإستعمال، مما زاد من  
دافع استعمال أساليب اقتصادية بديلة صديقة للبيئة، و فعالة في معالجة مياه الصرف، مما يعود بالفائدة على الصحة  
العامة والبيئة [3, 4].

فالحل الآمن و الإقتصادي الذي أثبتت كفاءته هو المعالجة باستعمال النباتات [5]، فهي تقنية تضمن إزالة الملوثات  
العضوية و غير العضوية بدون تكاليف إنشاء ضخمة، ولا صيانة معقدة [4]، ولا تكنولوجيا متطورة [6, 7]، و تتميز هذه  
التقنية بزراعة نباتات داخل أحواض مملوءة بمواد تعبئة (حصى، رمل، طين) بطبقات متفاوتة حسب نوع النبات.

شط حلوفة هو مصب لمياه الصرف الصحي بولاية الوادي، فقد كانت قبل ذلك منطقة رعوية بإمتياز لغناها بأصناف  
متعددة من النباتات الصحراوية، و في هذه الدراسة سنحاول الإجابة عن العديد من التساؤلات:

- هل هذه النباتات الصحراوية ستتأقلم مع الوسط المائي (علما أن أغلبها تعيش في وسط جاف).
- و هل ستتأقلم جميع النباتات مع نوعية المياه الملوثة.
- هل يمكن للنباتات الصحراوية أن تحل محل النباتات المائية في معالجة المياه، علما أن من خصائصها العيش في  
أوساط جافة مقاومة لإرتفاع درجات الحرارة و الجفاف.

الهدف من هذه الدراسة هو اختبار الكفاءة العلاجية لمياه الصرف بإستعمال النباتات الموجودة بشط حلوفة و خاصة  
الصحراوية منها، فقد قمنا بجمع أغلب النباتات إلا ما تعذر الوصول إليه لصعوبة المنطقة و لكون بعضها مغمور في  
المياه، تمكنا من دراسة كفاءة ثمانية نباتات، وذلك بعد سقيها بماء الصرف بعد معالجة أولية، فقد أختارنا مخرج محطة  
المعالجة الأولى بكوينين STEP1 لسقي النباتات علما أنه توجد أربعة محطات معالجة تغذي المصب، قسمنا النباتات  
إلى ثلاث مجموعات حسب توزعها (القرب و البعد) من مكان تجمع المياه.

- المجموعة الأولى (تربة مشبعة بالماء) تضم ثلاث نباتات: القرينة *Salsola Baryosma* القصب  
*Phragmites comminus*، الطرفة *Tamarix Boveana*.
- المجموعة الثانية (تربة مبللة) تضم نباتين: بوقريية *Zygophyllum Album*، الزيتا *Limoniastrum*  
*Guyonianum*
- المجموعة الثالثة (تربة جافة) تضم ثلاث نباتات: السويد *Suaeda Mollis*، القرينة *Salsola Imbricata*،  
الضمران *Traganum nadatum*.

## المقدمة العامة

قسمت هذه الأطروحة إلى جزئين:

● الجزء النظري و يتضمن فصلين:

✓ الفصل الأول عبارة عن عموميات عن مياه الصرف.

✓ الفصل الثاني عبارة عن طرق معالجة مياه الصرف.

● الجزء العملي و يتضمن ثلاثة فصول:

✓ الفصل الأول يشمل عن أنواع النباتات المستعملة في الدراسة.

✓ الفصل الثاني يشمل الطرق و الأدوات المستعملة .

✓ الفصل الثالث يشمل النتائج و مناقشتها.

## المراجع:

- [1] A. A. Ansari, M. Naeem, S. S. Gill, and F. M. AlZuaibr, "Phytoremediation of contaminated waters: An eco-friendly technology based on aquatic macrophytes application," Egypt. J. Aquat. Res., no. April, 2020, doi: 10.1016/j.ejar.2020.03.002.
- [2] F. H. Mirza. S, Sergey. M, Halophytes and climate change: adaptive mechanisms and potential uses. 2019.
- [3] C. H. L. and O. F. with T. K. and H. Brix, Sustainable Wastewater Management in Developing Countries New. ASCE PRESS, 2010.
- [4] A. Sonune and R. Ghate, "Developments in wastewater treatment methods," Desalination, vol. 167, no. 1–3, pp. 55–63, 2004, doi: 10.1016/j.desal.2004.06.113.
- [5] P. K. Rai, Phytoremediation of Emerging Contaminants in Wetlands, no. July. 2018.
- [6] D. L. Jones, C. Freeman, and A. R. Sánchez-Rodríguez, "Waste Water Treatment," Encycl. Appl. Plant Sci., vol. 3, no. December 2016, pp. 352–362, 2016, doi: 10.1016/B978-0-12-394807-6.00019-8.
- [7] N. S. Prihatini, B. J. Priatmadi, A. Masrevanah, and S. Soemarno, "Performance of the Horizontal Subsurface-Flow Constructed Wetlands With Different Operational Procedures," Int. J. Adv. Eng. Technol., vol. 7, no. February, pp. 1620–1629, 2015.

الجزء النظري

# الفصل الأول

## 1. مقدمة:

حوالي 70% من موارد المياه العذبة المتاحة في جميع أنحاء العالم ملوثة بمركبات عضوية وغير عضوية من القطاعات الصناعية والزراعية والمنزلية، فالوضع خطير بشكل خاص في العديد من البلدان النامية حيث يتم تصريف كميات كبيرة من مياه الصرف الصحي غير المعالجة في المسطحات المائية الطبيعية، بما في ذلك بعضها الذي يستخدم كمصادر لمياه الشرب أو إنتاج الغذاء، مما أدى إلى الحاجة لتحسين الوضع غير الصحي للتلوث الواسع الانتشار إلى البحث عن خيارات معالجة مياه فعالة ومعقولة التكلفة.

## 2. مياه الصرف الصحي:

مياه الصرف الصحي عبارة عن مواد صلبة وسائلة تنقلها المياه ويتم تصريفها في المجاري والتي تمثل نفايات الحياة المجتمعية، في حين تشمل مياه الصرف الصحي المواد الصلبة العضوية المذابة والمعلقة ، والتي تكون "قابلة للتعفن" أو قابلة للتحلل بيولوجياً. تنتج أنواعاً عديدة من النفايات السائلة، والتي يمكن تصنيفها على نطاق واسع إلى ثلاث فئات: النفايات الصناعية، المنزلية [1] و الزراعية [2]، كما يتم تحديد كمية ونوعية مياه الصرف الصحي من خلال العديد من العوامل، بحيث لا ينتج كل البشر أو الصناعات نفس الكمية من النفايات، لكن تتأثر كمية ونوع النفايات المنتجة في المنازل بسلوك السكان وأسلوب حياتهم ومستوى معيشتهم بالإضافة إلى الإطار التقني والقانوني الذي يحيط به الناس.

يؤثر تصميم نظام الصرف الصحي بشكل كبير على تكوين مياه الصرف الصحي، في معظم البلدان النامية، يتم استخدام نظام صرف صحي منفصل عن تنقلات مياه الأمطار، لكن قد تحتوي المناطق الحضرية القديمة على أنظمة صرف صحي مشتركة حيث يتم خلط أنواع مختلفة من مياه الصرف الصحي، أما في الأنظمة المدمجة، فيتم تصريف جزء (صغير أو كبير) من إجمالي مياه الصرف الصحي إلى المسطحات المائية المحلية، غالباً دون أي معالجة [3]، ما يؤدي إلى عواقب وخيمة و آثار قصيرة المدى (ظاهرة (Eutrophication) ، موت الأسماك ، ومسببات الأمراض البشرية في مياه الاستجمام ، ومشاكل الرائحة ، وما إلى ذلك) و آثار طويلة المدى (فقدان الحياة البرية ، وتراكم المواد الكيميائية السامة ، وما إلى ذلك). علاوة على ذلك ، يمكن أن يؤدي التخلص غير السليم من مياه الصرف على الأرض إلى خسارة لا رجعة فيها في كثير من الأحيان في إنتاجية النظام البيئي (تملح التربة) وتلوث موارد المياه الجوفية، لذلك لا بد من معالجة هذه المياه قبل صرفها [2].

## 3. مصادر مياه الصرف الصحي:

يمكن تصنيف مياه الصرف الصحي إلى صنفين، مياه صرف حضرية مكونة من مياه الاستخدام المنزلي (الإستحمام، غسيل، تنظيف، ومخلفات المطبخ) وتدعى المياه الرمادية (Grey water) و المياه السوداء (Black water) (من المراحيض والمباول)، يتم تخفيف هذه الفضلات السائلة إلى حد ما عن طريق مياه غسل الطرق ومياه الأمطار، مع إضافة المياه ذات الأصل الصناعي والزراعي حسب الحالة، تظهر المياه التي يتم جمعها في شبكة الصرف الصحي كسائل عكر لونه رمادي، لوجود مواد عالقة معدنية و عضوية بتركيز متفاوتة إضافة إلى مياه الأمطار، فإن مياه الصرف الصحي الحضرية هي في الأساس من أصل منزلي ولكنها قد تحتوي على مياه الصرف الصحي ذات المنشأ الصناعي ذات التنوع الشديد [4]، لذلك تتكون مياه الصرف الصحي في المناطق الحضرية من:

- مياه الصرف الصحي من أصل منزلي و / أو صناعي و / أو زراعي.
- مياه الأمطار أو الجريان السطحي في المناطق الحضرية.

### 1.3 مياه الصرف المنزلي:

تسمى مياه الصرف الناتجة عن الأنشطة البشرية في المنازل بالمياه العادمة المنزلية، بحيث تتكون النفايات المنزلية من تدفقين رئيسيين: الأول هو المياه الرمادية والثاني هو المياه السوداء.



الصورة (1): مصادر مياه الصرف المنزلية [5]

تتغير كمية وتركيب المياه الصرف المنزلية على أساس كل ساعة واليوم والموسم ، حيث يعتمد متوسط الكمية على نصيب الفرد من استخدام المياه والعادات والنظام الغذائي ومستوى المعيشة وأسلوب الحياة، السبب الرئيسي هو الإختلاف في استخدام المياه في المنازل، حيث تستخدم الأسر في البلدان المتقدمة المياه أكثر من تلك الموجودة في البلدان النامية [6].

من الناحية الفيزيائية، تتميز مياه الصرف المنزلية عادةً باللون الرمادي ، ورائحة عفنة ، وتحتوي على المواد الصلبة بنسبة تبلغ حوالي 0.1 %، المادة الصلبة عبارة عن مزيج من البراز وجزيئات الطعام وورق المراض والشحوم والزيت والصابون والأملاح والمعادن والمنظفات والرمل والحصى.

وكيميائياً ، تتكون مياه الصرف الصحي من مركبات عضوية 70% وغير عضوية 30% بالإضافة إلى غازات مختلفة، تتكون المركبات العضوية بشكل أساسي من الكربوهيدرات 25% والبروتينات 65% والدهون 10%، أما المكونات غير العضوية فتتكون من معادن ثقيلة، أزوت، فوسفور، كبريت، كلوريدات، مركبات سامة، إلخ. كما نجد الغازات و التي عادة ما تكون مذابة في مياه الصرف الصحي و هي كبريتيد الهيدروجين والميثان والأمونيا والأكسجين وثاني أكسيد الكربون والنيتروجين، مع العلم أن الغازات الثلاثة الأولى تنتج من تحلل المواد العضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي. أما من الناحية البيولوجية، فحتوي مياه الصرف الصحي على كائنات دقيقة، كما تحتوي على العديد من الكائنات المسببة للأمراض والتي تنشأ بشكل عام من البشر المصابين بمرض معين، عادةً ما يكون تركيز القولونيات البرازية الموجودة في مياه الصرف الصحي الخام حوالي مئات الآلاف إلى عشرات الملايين لكل 100 مل من العينة [7].

### 2.3 مياه الصرف الصناعي:

تحدد النفايات الصناعية المخارج السائلة إلى حد كبير جودة ومعدل تلوث مياه الصرف، حيث تستخدم المنشآت الصناعية كمية كبيرة من المياه، والتي بالرغم من أنها لا تزال ضرورية لأداء عملها بشكل صحيح، إلا أنها لا تستهلك إلا في جزء صغير جداً، أما الباقي فيتم صرفه، ومع ذلك يمكننا تصنيف التصريفات الصناعية الرئيسية وفقاً لطبيعة العيوب التي تصرفها:

- التلوث بسبب المواد المعدنية العالقة ( غرلة التراب و الحصى، غسل الفحم، صناعة منتوجات الأسمدة الفوسفاتية)
- التلوث بسبب المواد على شكل محاليل معدنية (الجلفنة galvanization، مصانع التجريد stripping).
- التلوث بسبب المواد العضوية و الشحوم (صناعة الغذائية، صناعة العجائن والورق).
- التلوث بسبب المخلفات البترولية و الكيميائية (تكرير البترول، المنتوجات الصيدلانية).
- التلوث بسبب المخلفات السامة (مخلفات الإشعاعية الغير معالجة، مخلفات الإشعاعات و الصناعة النووية).

تحتوي مياه الصرف الصناعي بشكل عام على تركيبة أكثر خصوصية وترتبط ارتباطاً مباشراً بنوع الصناعة. بغض النظر عن عبئ التلوث العضوي أو المعدني، سواء كانت قابلة للتعفن أم لا، يمكن أن يكون لها خصائص سمية محددة مرتبطة بالمواد الكيميائية المنقولة [8].

### 3.3 مياه الصرف الزراعي:

هي المياه التي تلوثت بالمواد المستخدمة في الزراعة، لأن في إبطار الزراعة الفعالة والمكثفة يستخدم الفلاحون منتجات مختلفة ذات منشأ صناعي أو زراعي، والتي يمثل بعضها خطراً على البيئة وعلى وجه الخصوص على جودة المياه، من مصادر هذه المياه:

- المساهمات المباشرة الناتجة عن معالجة البيئات المائية وشبه المائية مثل إزالة الأعشاب الضار من المسطحات المائية والمناطق العائمة (القص الكيميائي) والخنادق، وكذلك مكافحة البعوض في المسطحات المائية ومناطق الفيضانات (البرك والمستنقعات)
- المساهمات غير المباشرة الناتجة بشكل خاص عن الجريان السطحي، ومياه غسل معدات المعالجة وشطف المياه من معدات المعالجة، والمخلفات الموجودة بالعبوات التي لم يتم تغسل أو تتلف بشكل صحيح، إلى مياه صرف مصانع الإنتاج والتعبئة والتغليف.

من المنتجات التي تسبب خطورة على البيئة والتي تكون مياه الصرف الزراعي:

- الأسمدة بكل أنواعها المعدنية، التجارية، الحيوانية سواء في الزراعة المنتجة أو غير المنتجة.
- منجات الصحة النباتية من مبيدات حشرات، فطريات، أعشاب ضارة...

#### 4. تركيب مياه الصرف الصحي:

تتكون مياه الصرف الصحي من مكونات عضوية ومعدنية، من بين هذه الملوثات نميز: المعادن الثقيلة، المواد العالقة، المكونات الصلبة المنحلة، المكونات الأزوتية و الفوسفورية، و مركبات النشادر الجدول (1)[9].  
حسب المصدر [8] فإن المعادن محتمل وجودها في العديد من المنتجات ذات الإستعمال المنزلي و التي تصرف في نظام الصرف كمواد التجميل، الصباغة، الأدوية،منتجات الصيانة.  
كذلك تحتوي مياه الصرف على كل الكائنات الدقيقة التي تفرز مع مادة البراز، وقد تكون معوية عادية أو مصحوبة بكائنات ممرضة، وكلاهما تندرج منهما أربع مجموعات وهما على التوالي حسب حجمها: الفيروسات، بكتيريا، كائنات أولية (Protozoa)، ديدان طفيلية (Helminths).

#### الجدول (1): مكونات مياه الصرف الصحي.

الأثار	العناصر	مكونات مياه الصرف الصحي
مخاطر عند الاستحمام وتناول المحار. موت الأسماك، الرائحة	البكتيريا الممرضة، فيروسات و بيض الديدان استنزاف الأكسجين في الأنهار، البحيرات و المضائق.	الكائنات الدقيقة المواد العضوية القابلة للتحلل
أثار سمية، سلبية المظهر الجمالي، التراكم الحيوي في السلسلة الغذائية.	مواد التنظيف، مبيدات الحشرات، دهون، زيوت شحوم، ملونات، مذيبيات، فينول، سيانيد.	مواد عضوية أخرى
ظاهرة التخثث Eutrophication، إستنزاف الأكسجين، تأثير سام.	الأزوت، الفوسفور، الأمونيوم.	المغذيات
تأثير سام، تراكم حيوي. التآكل، تأثير سام على البيئة. تغير شروط عيش النباتات و الحيوانات.	Ni, Cu, Cr, Cd, Pb, Hg الأحماض، كيريتيد الهيدروجين. المياه الساخنة.	المعادن الثقيلة مواد معدنية أخرى تأثير الحرارة
سلبيات المظهر، و التأثير السمي. تأثير سام، التراكم	كيريتيد الهيدروجين.	الرائحة و الطعم النشاط الإشعاعي

#### 5. خصائص مياه الصرف الصحي:

قبل سنة 1940 أغلب مصادر مياه الصرف الصحي كانت حضرية. وبعد هذا التاريخ و التطور الصناعي الذي شهدته الولايات الأمريكية خاصة، إزدادت كميات مياه الصرف الصناعي و التي إستمر صرفها في أنظمة التجمعات الحضرية. التي تحتوي على كميات معادن ثقيلة و مركبات عناصر عضوية ذات المصدر الصناعي التي شهدت تزايد مستمر، حيث سجل إضافة 10000 مركب عضوي جديد كل سنة. إن دخول التكنولوجيا أحدث تغير في الصناعة، كما شمل التغيير في المركبات التي تصرف و بالتالي نتجت خصائص مياه صرف أخرى، فالعديد من هذه المركبات الناتجة عن الطرق الصناعية من الصعب أستيعابها ماليا ومعالجتها بطرق معالجة مياه الصرف الصحي التقليدية المتفق عليها.  
حيث أصبحت المعالجة الأولية لمخلفات المياه الصناعية الفعالة أضحت أمرا حتميا في برنامج تسيير نوعية المياه. أين يعتبر تطبيق برنامج المعالجة الأولية الصناعي مهمة شاقة، و بعض الملوثات تبقى تترسب داخل نظام تجمع مياه الصرف

الحضرية فيستوجب معالجتها. في المستقبل مع أهداف الحد من التلوث، يجب بذل كل جهد من قبل أجهزة التصرف الصناعية لتقييم الأثار البيئية لأي مركبات جديدة قد تدخل في مجرى المياه العادمة قبل الموافقة على إعادة استخدامها، فإذا كان المركب لا يمكن معالجته بشكل فعال بالتكنولوجيا الحالية، فلا ينبغي استخدامه [7]، كما أن مكونات مياه الصرف الصحي تختلف حسب مصدرها (منزلية، صناعية....، إلا أنه يمكن إحصاء العديد من العناصر الصلبة المنحلة كما يمكن إحصاء العديد من الكائنات المجهرية، فيمكن تصنيف هذه العناصر على حسب خصائصها الفيزيائية و الكيميائية و البيولوجية و الخطر الصحي الذي ينجم عنها الى أربعة مجموعات: الكائنات المجهرية، المواد العالقة، العناصر العضوية أو المعدنية، و المواد المغذية.

### 1.5 المقاييس البيولوجية:

تكشف الكائنات المجهرية المتواجدة في مياه الصرف الصحي عن طريق المعالجة البيولوجية، و التي تتضمن بالترتيب حسب تزايد الحجم : الفيروسات، البكتيريا، الأوليات، الديدان المعوية.

#### 1.1.5 الفيروسات Virus:

و هي كائنات مجهرية ضارة دقيقة جدا يتراوح حجمها من 10 إلى 350 nm تتكاثر عن طريق إصابة أو غزو كائن حي، كما أن الفيروسات لا تتواجد طبيعيا في الأمعاء على عكس البكتيريا. الفيروسات التي يمكن إيجادها بمياه الصرف هي: فيروس الإلتهاب الكبدي A و E، روتا فيروس والمسبب للإسهال و التقىء خاصة عند الأطفال، Cocksackie A المسبب لأمراض الجهاز التنفسي و الإسهال و الذبحة الصدرية... [10].

#### 2.1.5 البكتيريا Bacteria:

و هي كائنات وحيدة الخلية بسيطة بدون نواة يتراوح حجمها بين 0.1 و 10 µm، تحتوي مياه الصرف الحضرية على حوالي  $10^6$  و  $10^7$  بكتيريا / 100 مل منها *Proteus enterobacteria* ( $10^3-10^4$  streptococcus) و ( $10^2-10^3$ ) clostridium. من بين أكثر التجمعات تعرف السالمونيلا التي تعتبر المسؤولة عن مرض التيفوئيد و البار اتيفوئيد و إضطراب في الأمعاء [8].

#### 3.1.5 الأوليات Protozoan:

و هي كائنات وحيدة الخلية متعددة الأنوية وهي أكبر حجما من البكتيريا، أغلب الأوليات هي كائنات طفيلية أي أنها تتطور على حسب الجسم الذي تشغله، من بين هذه الأوليات منها *Giardia lamblia* (flagellates) التي تسبب إسهال مزمن، ألام في المعدة، خسارة الوزن و الإرهاق. و *Acanthamoeba castellani* (rhizopods) التي تحدث أعراض على الجهاز العصبي المركزي.

#### 4.1.5 الديدان المعوية Parasitic worms:

و هي عبارة عن ديدان (كائنات طفيلية)، فتركيز بيوض الديدان في مياه الصرف الصحي تكون من 10 إلى  $10^3$  بيضة / اللتر الواحد. إن هذه الكائنات تمتلك مقاومة كبيرة مع إستطاعة العيش لعدة أسابيع على التربة أو الأشجار [11] منها *Necator* المسببة للأنيميا، *Toenea* المسببة للإسهال و ألام العظلات.

## 2.5 المقاييس الفيزيوكيميائية:

من أجل معالجة فعالة يستوجب معرفة الكمية النوعية للمتغيرات الزمنية لمركبات مياه الصرف، لأجل هذا تستعمل تحاليل معينة لقياس تلوث مياه الصرف منها: T، pH، Turbidity، SS، DO، COD، BOD5....

### 1.2.5 درجة الحرارة (T):

متابعة درجة الحرارة بدقة من الأمور الجد مهمة، فمن جهة التغيير المفاجئ يعني أنه قد تم طرح مخلفات كيميائية [12]، و من جهة أخرى فهي تلعب دور في إذابة الأملاح و الغازات.

### 2.2.5 الأس الهيدروجيني (pH):

يعتبر تركيز شوارد الهيدروجين في مياه الصرف في الحالة العادية المجال الحمضي ( $1 < \text{pH} < 7$ ) و القاعدي ( $\text{pH} > 7$ )، عموما في حالة النشاط البيولوجي يكون pH محصور بين 6 و 8.5 و القيم خارج هذا المجال فتشكل خطرا على الحياه المائية بالتالي تؤثر على المعالجة الذاتية للوسط الطبيعي.

### 3.2.5 المواد العالقة (SS):

و هي كمية الملوثات العضوية و المعدنية الغير منحلة في مياه الصرف و هي معيار مهم لتعيين درجة التلوث، نتحصل عليها بواسطة عملية الترشيح، وهي مسؤولة عن تشتيت و نقصان اختراق الضوء في الماء بسبب العوالق في ماء الصرف.

### 4.2.5 العكارة (Turbidity):

و هي تتناسب عكسيا مع شفافية الماء نظرا لتواجد عوالق غروية في مياه الصرف مكونة من مواد عضوية و معدنية، وتعتبر واحدة من مؤشرات التلوث، و تتغير حسب المواد العالقة الموجودة في مياه الصرف.

### 5.2.5 الأكسجين المنحل (DO):

الأكسجين المنحل و هو من أهم مركبات الماء لأنه يوفر الحياة للكائنات المجهرية و يوفر لها شروط للقيام بالتفاعلات البيولوجية لضمان توازن النظام البيئي المائي، و نعبر عن تركيز الأكسجين المنحل داخل مياه الصرف بـ  $\text{O}_2/\text{L}$ .

### 6.2.5 الطلب الكيميائي للأكسجين (COD):

الطلب الكيميائي للأكسجين هو كمية الأكسجين المستهلكة من أكسدة المواد العضوية (القابلة للتحلل و غير قابلة للتحلل) كيميائيا، و هو تقييم يستعمل لقياس مستوى تلوث مياه الصرف. من أجل أكسدة هذه المواد العضوية يستعمل مؤكسد قوي كثنائي كرومات البوتاسيوم. أما عن كمية الأكسجين الكيميائي المستهلك فهي أكبر من كمية الأكسجين الحيوي الممتص، نظرا للمركبات التي يمكنها أن تتأكسد كيميائيا البعض منها فقط يمكنه التأكسد بيولوجيا [4]، [13].

### 7.2.5 الطلب الحيوي البيوكيميائي للأكسجين (BOD):

الطلب الحيوي للأكسجين هي كمية الأكسجين المستعملة من طرف الكائنات المجهرية لتحليل المواد العضوية في مياه الصرف، و هو إختبار يقاس لمعرفة مدى تلوث مياه الصرف و فعالية طرق معالجتها. كما أن الأكسجين المنحل يتأثر بمستوى الطلب الحيوي للأكسجين في مياه الصرف، بمعنى أن القيم العالية لتركيز الطلب الحيوي للأكسجين يعني

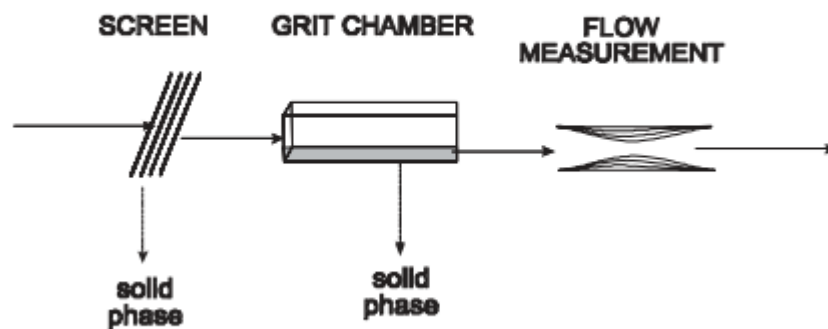


## 1.6 المعالجة التكنولوجية:

### 1.1.6 المعالجة التمهيدية:

الهدف من المعالجة التمهيدية (فيزيائية) هو نزع الأجسام الصلبة والكتل الغليظة بصفة عامة غالبا ما تكون موجودة بمياه الصرف الخام، كما تساهم هذه المعالجة في إنقاص و نزع الأحجام الصلبة المغمورة و العالقة و الطافية، حيث تتكون هذه القطع الصلبة من قطع الخشب، ورق، بلاستيك، قمامة ...، كلها عالقة مع مادة البراز. كما تنزع المواد الصلبة الغير العضوية كالتراب و الحصى بالإضافة للمعدن و الزجاج.

#### PRELIMINARY TREATMENT

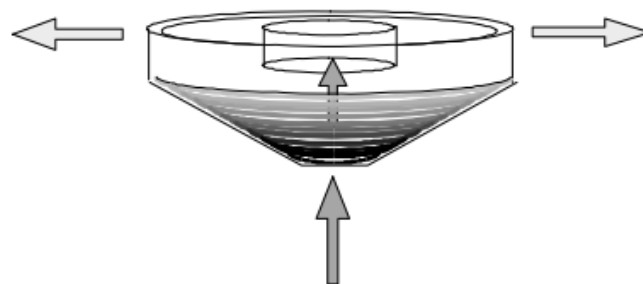


المخطط (2): يمثل مراحل المعالجة التمهيدية [15].

### 2.1.6 المعالجة الأولية:

المعالجة الأولية (فيزيوكيميائية) مصممة لنزع المواد الصلبة العضوية و المعدنية بطرق فيزيائية كالترسيب و الطفو. حيث تنزع خلال المعالجة الأولية نسبة 25-50% من الطلب البيوكيميائي للأكسجين، و 50-70% من المواد العالقة، و 65% من الزيوت و الشحوم. كما تنزع خلال عملية الترسيب الأولي بعض من الأزوت العضوي، الفوسفور العضوي و المعادن الثقيلة متجمعة مع المواد الصلبة، لكن المواد العالقة و المنحلة لا تتأثر.

#### PRIMARY SEDIMENTATION TANK



المخطط (3): حوض ترسيب أولي [15].

3.1.6 المعالجة الثانوية :

الهدف من المعالجة الثانوية هي معالجة أكثر تقدما لمخرج المعالجة الأولية، و تتضمن المعالجة البيولوجية لمياه الصرف إستخدام العديد من الكائنات المجهرية تحت المراقبة البيئية. فالعديد من الطرق البيولوجية الهوائية المستخدمة أين تسمح بتوفير الأوكسجين للكائنات لإستقلاب المواد العضوية (العالقة أو المنحلة).

**BACTERIAL METABOLISM**

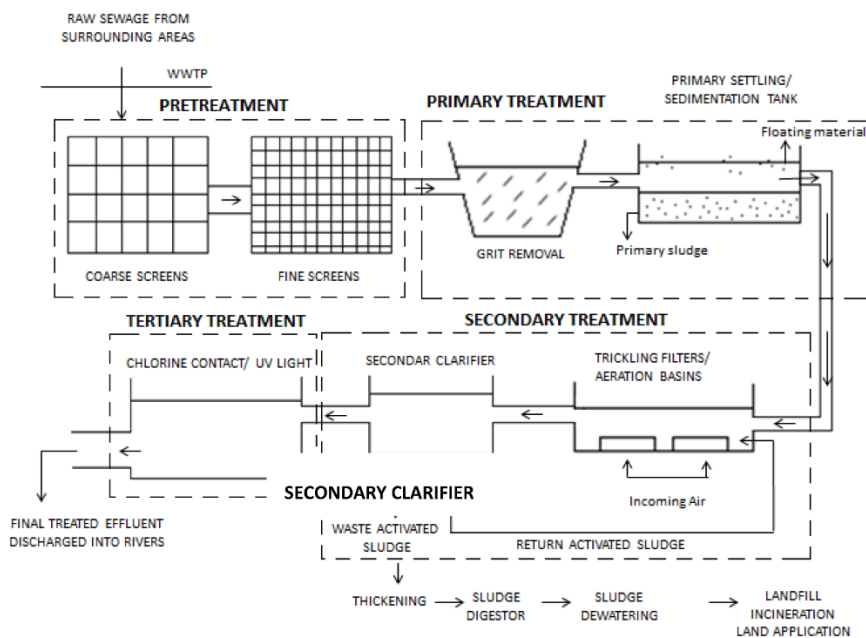


المخطط (4): مخطط يمثل تبسيط لإستقلاب البكتيريا [15].

4.1.6 المعالجة الثلاثية:

و هي المعالجة المكتملة من عمليات فيزيائية، فيزيوكيميائية أو بيولوجية والتي تسمح بتحسين خصائص الماء بعد المعالجة الأولية أو الثانوية، و هي التخلص من البقايا المواد العالقة الصلبة (بعد المعالجة الثانوية) و عادة ما تستخدم وسط الترشيح الحبيبي، التطهير كذلك هو جزء من هذا النوع من المعالجة، كما يتضمن نزع المغذيات (الفوسفور و الأزوت). و الهدف من هذه المعالجة هو ضرورة و حتمية ضمان الحماية الكاملة للوسط المستقبل أو لأسباب إعادة إستخدام الماء المعالج، إن المعالجة الثلاثية هي الطريقة الأكمل و الأمثل لمعالجة مياه الصرف، لكنها غالبا لا تستكمل لكلفتها الباهضة [1]، [7]،

[15]-[17].



مخطط (5): مراحل معالجة مياه الصرف تكنولوجيا [18].

## 2.6 المعالجة بإستخدام الطاقة الشمسية:

و هي طريقة بديلة صديقة للبيئة، تعتمد هذه التكنولوجيا على التجميع الفعال للفتونات الشمسية و تدرج داخل محول ملائم لتحسين التفاعلات الكيميائية، كما تعرف على أنها تفاعلات الإمتزاز للإشعاعات الضوئية عن طريق (Catalyzer) [20،19].

## 3.6 المعالجة باستخدام النباتات:

معالجة مياه الصرف الصحي بإستخدام النباتات طريقة بديلة صديقة للبيئة و غير مكلفة [21]، هذه الطريقة هي محور دراسة هذا العمل من خلاله سيتم دراسة فعالية نباتات غير مائية تعيش في بيئة صحراوية.

## 4.6 مقارنة بين طرق المعالجة الثلاثة:

طرق المعالجة الكلاسيكية تعتبر طرق مكلفة، متطلبة للوسائل، المعدات، و صيانة دورية للحفاظ على كفاءة المعالجة، مع ضرورة تجنيد مختصين لمتابعة الأداء الوظيفي للمعدات، لتشخيص الأعباء و الأعطاب و ذلك لتأثيرها على نوعية المعالجة و على المقاييس و المعايير المنتظمة المنشودة لضمان عدم تأثر الأوساط المستقبلية و المياه الجوفية، كما أنها تتطلب توفير مواد كيميائية عادة ما تكون مكلفة و التي تآرق القائمين على مثل هذه المنشآت. المعالجة بالطاقة الشمسية غير مكلفة، إقتصادية، و تتميز بالبساطة، معداتها بسيطة يمكن نقلها بسهولة لأماكن المتواجد بها المياه الملوثة إلا أنها لا تضمن معالجة كلية للمياه، إضافة للفترات الزمنية الطويلة المطلوبة مقابل مردود إنتاج قليل جدا مقابل المياه المستعملة، أما المعالجة النباتية فهي إقتصادية صديقة للبيئة ذات طابع جمالي غير مكلفة و ذات مردود إنتاجي وفير و الأهم من ذلك أن العديد من الدراسات أثبتت كفاءتها في خفض أغلب المواد الملوثة.

## 7. إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي:

في ظل زيادة الطلب عن المياه و الحاجة الملحة و المستمرة عليه، و تزامنه مع تلوث مياه السطح و المياه الجوفية و التوزيع غير العادل، الضغط و محدودية توفر مصادره، إضافة للجفاف و المشاكل الناجمة عن الإحتباس الحراري، و الطلب على عروض لمصادر مبتكرة لسد الحاجة من الماء و تحويله محليا. في هذا السياق بدأ إستعمال و الحصول على مياه (معالجة) عالية الجودة تزداد بإستعمال معالجة المياه العادمة و تكنولوجيا الإسترجاع في كثير من الدول كالولايات المتحدة الأمريكية، أستراليا، ألمانيا، سويسرا، المملكة العربية السعودية و ذلك عن طريق توفير المياه الصالحة للشرب بطريقة غير مباشرة كإعادة صرفها مع مصادر المياه الجوفية، أو توفير المياه غير صالحة للشرب كالسقي الفلاحة و المساحات الخضراء... [22]-[24] ، كما يظيف المرجع [5] تطبيقات أخرى كعامل مبرد في محطات الطاقة و التكرير، و نظام المراحيض الدافقة [25]، في أشغال البناء، خلط الخرسانة، تثبيط الغبار، البحيرات الإصطناعية...

إن فكرة إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة وإعادة تدويرها من شأنه توفير المياه الصالحة للشرب في ظل شح الماء الذي نشهده و توفير الطاقة لإستخراج المياه الجوفية. يتيح الإستخدام الآمن لمياه الصرف المعالجة تدوير المغذيات لأغراض إنتاجية ما يؤدي إلى خفض صب مياه الصرف الصحي في الأنهار والبحار و توفير موارد مياه عذبة أخرى و إستخدامات حيوية أكثر. كما تستخدم مياه الصرف الصحي المعالجة الناتجة عن الإستخدام المنزلي للري وإنتاج

الأعلاف المعالجة وإنتاج الخشب في النظم الزراعية التي تتطلب مياه غنية مع ميزة تخفيض تكاليف المعالجة وزيادة المادة العضوية في التربة .

### 1.7 إعادة استعمال مياه الصرف المعالجة في الجزائر:

إن مصادر المياه في الجزائر محدودة، ضعيفة وغير موزعة بالتساوي. تقول إحصائيات بأن حصة كل فرد جزائري تقل عن 600 م<sup>3</sup>/للفرد سنويا [26]، هذا المتوسط منخفض جدا مقارنة بعتبة ندرة المياه بـ 1000 م<sup>3</sup> للفرد (البنك الدولي) ومقارنة بدول شمال أفريقيا و دول الشرق الأوسط الذي يقدر بـ 1250 م<sup>3</sup> / للفرد سنويا في حين أن المتوسط العالمي قدر بـ 7500 م<sup>3</sup> للفرد سنويا. ومنه فالجزائر تقع في خانة الدول الفقيرة بالموارد المائية و تأتي ضمن 20 بلدا في العالم الذي يشكو ندرة المياه وقلتها، وهو عامل يحد من التطور ومصدر للتوتر الإجتماعي. كما يعبر عن ندرة المياه بالضغط في توفيره وعدم انتظامه أمام تحدي تأمين الإحتياجات المتزايدة من المياه و خاصة ميدان الزراعة و الذي يعتبر الأكثر طلبا للمياه، فالأمر يقتضي إعادة استخدام المياه المستعملة للأغراض الزراعية كحل كفيل بالتخفيف من حدة شح المياه، حيث تعتبر عملية إعادة استعمال المياه المعالجة ليس خيارا وإنما حلا حتميا يندرج في صميم الإستراتيجية الوطنية للمياه المعالجة التي وضعتها وزارة الموارد المائية وفقا لمنظور التنمية المستدامة، حيث بلغت كمية مياه الصرف الصحي في الجزائر لسنة 2020 بـ 805 م<sup>3</sup> مليون لـ 177 محطة، فلا بد من إستراتيجية تهدف لإستغلال هذه الكمية الوافرة من المياه و تحويلها كمورد بديل يستخدم في سقي مختلف المحاصيل الزراعية.

### 2.7 نماذج عن الدول التي نجحت في إعادة إستعمال المياه المعالجة :

أ. مصر: في ظل تحديات شح الماء التي تعيشها مصر بشأن أزمة سد النهضة أجهت لإستخدام مياه الصرف المعالجة للري، و ذلك بعد قرار رئاسي نص على إنشاء أكبر محطة معالجة بالعالم، و الذي يعتبر مشروعا ضخما يجسد فيه أهمية أستغلال هذه الكميات الهائلة من المياه و الحفاظ على الموارد الطبيعية المتبقية وترشيد إستغلال الماء لأهميته في الوجود.

ب. الجمهورية التونسية: قامت تونس بتجارب ناجحة في استعمال مياه الصرف المعالجة (معالجة ثانوية) لري المحاصيل الزراعية من الأشجار المثمرة بمنطقتي تونس و نابل، حيث تم ري نوعين من أشجار البرتقال (مالطي و اليوسفي) حيث تميز النوع الأول بارتفاع وزن البرتقالة و نقص الجزء المستهلك أي سمك القشرة يزداد و ارتفاع تركيز فيتامين ج، على عكس نوع اليوسفي الذي انخفض وزنه أما تركيز فيتامين ج فارتفع، فيما بقيت خصائص الثمار الأخرى متشابهة مقارنة بالأشجار المروية بماء البئر(مياه جوفية). كما تم ري أشجار الرمان، و أثبتت الدراسات البكتريولوجية للثمار على جودتها العالية و تركيزها منخفض جدا في الحمضيات و الرمان من أنواع البكتريا القولون، القولون البرازي و الستربتوكوك البرازي حتى وإن وجدت هذه الثمار قريبة جدا على سطح الأرض، لكن الثمار التي جمعت من سطح الأرض تركيز البكتيريا بها أعلى [27].

ج. البرتغال: إعتمدت البرتغال نظام إعادة استعمال مياه الصرف الصحي في المناطق الريفية و الجبلية التي تفتقر للبنية التحتية الكافية و القدرة الإقتصادية، ففي تجربة ناجحة والتي تعد الأولى من نوعها في ظل مواجهة المنشآت السياحية على وجه الخصوص تحديًا خاصًا بسبب التباين الهائل في إنتاج و تركيب مياه الصرف الصحي نتيجة لإختلاف عدد

الضيوف وأنشطتهم. حيث إتمتدت تجربة إنتاج أزهار الزينة الصورة (2) لأحد دور الضيافة حيث يتم سقيها بمياه هذه المنشئة و إستغلال الأزهار النباتية الناتجة بقصها و إستخدامها للزينة، فذلك يعزز من المظهر الجمالي و التنوع البيولوجي و القيمة الإقتصادية [28].

كما أنتهجت عديد الدول هذا المسار كنجيريا [5]، البرازيل، البيرو، الهند، كولومبيا، الباكستان، و المكسيك هذه الأخيرة التي لها أكثر من 100 عام في مجال ري المزروعات بالمياه الصرف المعالجة [29]، باكستان [30]، [31].



الصورة(2): أزهار الزينة المنتجة من سقي مياه الصرف [28].

## 8. خاتمة:

في ظل تحديات شح الماء و ندرة المياه الصالحة للاستعمال في العالم لأسباب عدة كتلوث مصادر المياه، التغيرات المناخية الإحتباس الحراري، إرتفاع منسوب المياه المالحة و اختفاء العديد من الأنهار و البحيرات أدى إلى نقصان مصادر المياه، ما أربك العديد من الدول و جعل بعضها يدخل في أزمة و الصراع من أجل البقاء، لذلك يستوجب وضع البدائل و توفير ما يمكن توفيره من المصادر التي أضحت قليلة و غير موزعة بالعدل. و للتخفيف من هذه الأزمة يتجه لاستعمال البدائل و هو إعادة تدوير مياه الصرف بعد معالجتها في ميدان الزراعة و الصناعة على حد سواء من شأنه تخفيف ضغط وإستنزاف المياه الصالحة الطبيعية. فقد أصبح هذا الحل حتميا و ليس اختياريا، وعليه فيجب استعمال طرق مستدامة لمعالجة مياه الصرف لتفادي أعباء أخرى كإرتفاع التكلفة، استهلاك الطاقة،...إلخ.

- [1] A. Sonune and R. Ghate, "Developments in wastewater treatment methods," *Desalination*, vol. 167, no. 1–3, pp. 55–63, 2004, doi: 10.1016/j.desal.2004.06.113.
- [2] D. L. Jones, C. Freeman, and A. R. Sánchez-Rodríguez, "Waste Water Treatment," *Encycl. Appl. Plant Sci.*, vol. 3, no. December 2016, pp. 352–362, 2016, doi: 10.1016/B978-0-12-394807-6.00019-8.
- [3] G. Bitton, *Wastewater microbiology*. John Wiley & Sons, 2005.
- [4] N. M. et Jean RODIER Bernard LEGUBE, *analyse\_de\_leau*, 9e édition. Paris, 2009.
- [5] S. O. OLASEHINDE and T. M. ALABI, "Domestic Wastewater Reclamation and Reuse in Nigeria: a Case Study of Some Selected Treatment Plants in Abuja and Lagos," *i-manager's J. Futur. Eng. Technol.*, vol. 15, no. 1, p. 1, 2019, doi: 10.26634/jfet.15.1.14953.
- [6] E. Tilley, C. Lüthi, A. Morel, C. Zurbrügg, and R. Schertenleib, "Compendium of Sanitation Systems and Technologies," *Development*, p. 158, 2008.
- [7] G. Tchobanoglous, L. Franklin, E. C. Burton, and H. D. Stensel, "Wastewater Engineering Treatment and Reuse ( Fourth Edition ), 2011.," 2011.
- [8] LAyache aabassi, "L' épuration des eaux usées par le système de lagunage à Macrophytes Soutenue," *Université Ferhat Abbas Sétif 1*, 2016.
- [9] M. Henze and Y. Comeau, "Wastewater characterization," *Biol. wastewater Treat. Princ. Model. Des.*, pp. 33–52, 2008.
- [10] B. Ko and W. Adamiak, *Wrocław University of Technology Environmental Quality Management*, no. January 2011. 2019.
- [11] A. Baumont, S., Camard, J, P., Lefrance. A., Franconi, "Réutilisation des eaux usées : risque sanitaires et faisabilité en Ile-de-France.," 2004.
- [12] 2015 "معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة نقرت بواسطة نباتات منقية محلية," *قاصدي مرياح ورقلة*, 2015.
- [13] T. E. Aniyikaiye, T. Oluseyi, J. O. Odiyo, and J. N. Edokpayi, "Physico-chemical analysis of wastewater discharge from selected paint industries in Lagos, Nigeria," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 16, no. 7, 2019, doi: 10.3390/ijerph16071235.
- [14] R. Bhatia and D. Jain, "Water quality assessment of lake water: a review," *Sustain. Water Resour. Manag.*, vol. 2, no. 2, pp. 161–173, 2016.
- [15] Marcos von Sperling, *B I O L O G I C A L W A S T E W A T E R T R E A T M E N T S E R I E S*, vol. 1. Brazil: IWA Publishing: London, UK.
- [16] M. M. et M. J., *Biologie des microorganismes*, 11ème ed. Paris, 2007: Pearson, 2007.
- [17] H. Li, J. Watson, Y. Zhang, H. Lu, and Z. Liu, "Environment-enhancing process for algal wastewater treatment , heavy metal control and hydrothermal biofuel production : A critical review Bioresource Technology Environment-enhancing process for algal wastewater treatment , heavy metal control and hydrot," *Bioresour. Technol.*, no. November, p. 122421, 2019, doi: 10.1016/j.biortech.2019.122421.
- [18] H.-S. Z. M., "Modélisation et estimation dans les bioréacteurs, prise en compte des incertitudes : application au traitement de l'eau.," *Nice : Univ. Sophia Antipolis*, 1999.

- [19] A. Khechekhouche, A. B. Kabeel, B. Benhaoua, M. El Hadi Attia, and E. M. S. El-Said, "Traditional solar distiller improvement by a single external refractor under the climatic conditions of the El Oued region, Algeria," *Desalin. Water Treat.*, vol. 177, no. February, pp. 23–28, 2020, doi: 10.5004/dwt.2020.24832.
- [20] A. Khechekhouche, B. Benhaoua, M. E. H. Attia, Z. Driss, A. Manokar, and M. Ghodbane, "Polluted Groundwater Treatment in Southeastern Algeria by Solar Distillation," *Alger. J. Environ. Sci. Technol.*, vol. 6, no. 1, 2020.
- [21] P. K. Rai, *Phytoremediation of Emerging Contaminants in Wetlands*, no. July. 2018.
- [22] T. Clinton, "Reclaimed Water Aquifer Storage and Recovery: Potential Changes in Water Quality. WateReuse Foundation Report. Alexandria, VA," Alexandria, VA, USA, 2007.
- [23] P. Dillon, "Future management of aquifer recharge," *Hydrogeol. J.*, pp. 13:313–316., 2005.
- [24] and J. E. D. Alidina, Mazahirali, Dong Li, Mohamed Ouf, "Role of primary substrate composition and concentration on attenuation of trace organic chemicals in managed aquifer recharge systems," *J. Environ. Manage.*, pp. 144:58–66., 2014, doi: doi:10.1016/j.jenvman.2014.04.032. Anders.,
- [25] C. H. L. and O. F. with T. K. and H. Brix, *Sustainable Wastewater Management in Developing Countries New*. ASCE PRESS, 2010.
- [26] ح. نور الدين, "استراتيجية إدارة المياه في الجزائر," *دفاتر السياسة والقانون*, vol. 4, no. 7, pp. 59–72, 2012.
- [27] م. ا. م. ط. س. ر. س. ا. ن. خ. ح. ع. د. س. ه. حجلوي, الاستعمال الأمن للمياه المستعملة المعالجة في القطاع الزراعي في تونس. إريانة- الجمهورية التونسية: الصندوق الدولي للتنمية الزراعية والصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والاجتماعي بمساهمة من البنك الإسلامي للتنمية وصندوق الأوبك للتنمية الدولية, 2018.
- [28] C. S. C. Calheiros, V. S. Bessa, R. B. R. Mesquita, H. Brix, A. O. S. S. Rangel, and P. M. L. Castro, "Constructed wetland with a polyculture of ornamental plants for wastewater treatment at a rural tourism facility," *Ecol. Eng.*, vol. 79, pp. 1–7, 2015, doi: 10.1016/j.ecoleng.2015.03.001.
- [29] H. Hettiarachchi and R. Ardakanian, *SAFE USE OF WASTEWATER IN AGRICULTURE* : .
- [30] M. J. Shahid, M. Arslan, S. Ali, M. Siddique, and M. Afzal, "Floating Wetlands: A Sustainable Tool for Wastewater Treatment," *Clean - Soil, Air, Water*, vol. 46, no. 10, 2018, doi: 10.1002/clen.201800120.
- [31] S. I. and M. A. Munazzam Jawad Shahid, Razia Tahseen, Muhammad Siddique, Shafaqat Ali and ABSTRACT, "Remediation of polluted river water by floating treatment wetlands," no. October, 2018, doi: 10.2166/ws.2018.154.

## الفصل الثاني

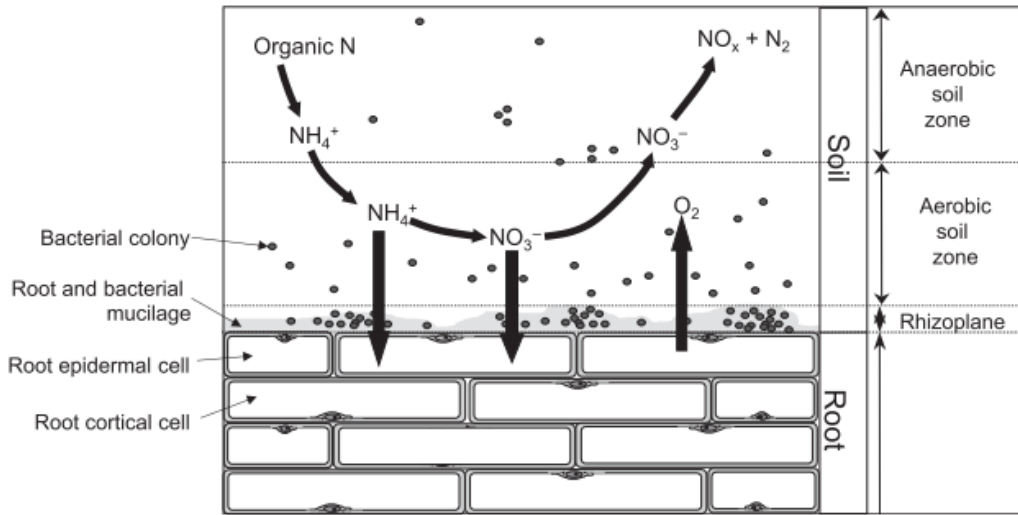
## 1. مقدمة:

يعد التخلص الآمن من النفايات الصلبة والسائلة مصدر قلق متزايد بسبب الوعي العلمي والعام المتزايد حول تأثير النفايات غير المعالجة على صحة الإنسان والبيئة، على الرغم من أن الطريقة الأكثر نجاحًا لمنع التلوث البيئي هي منع تكوين النفايات في المقام الأول (على سبيل المثال، من خلال تعزيز كفاءة استخدام المياه، وتقليل التعبئة والتغليف، وإعادة التدوير، وما إلى ذلك)، فمن المحتم أن تكون هناك حاجة مستمرة للمجتمع للتخلص من النفايات بطريقة صديقة للبيئة [1]، [2].

في العقدين الأخيرين، عرفت التكنولوجيا الخضراء [3] و تطورت على نطاق واسع. باستعمال أنظمة الطرق الطبيعية كالمعالجة الحيوية (تستخدم فيها الكائنات المجهرية في نزع وعزل الملوثات) والمعالجة النباتية (و يستخدم فيها النبات لإمتصاص، و نزع أو كسر روابط الملوثات) [4] و ذلك من أجل المعالجة المستدامة لمياه الصرف الصحي. تنتج التجمعات الحضرية أنواعًا عديدة من النفايات السائلة، والتي يمكن تصنيفها على نطاق واسع إلى ثلاث فئات: النفايات الزراعية والصناعية والمنزلية. يمكن أن يكون لتصريف المياه العادمة بدون معالجة علاجية في أنظمة المياه العذبة والبحرية عواقب وخيمة تؤدي إلى آثار قصيرة المدى ظاهرة Eutrophication [5]، موت الأسماك، ومسببات الأمراض البشرية في مياه الاستحمام، ومشاكل الرائحة، وما إلى ذلك) والآثار طويلة المدى (فقدان الحياة البرية، وتراكم المواد الكيميائية السامة)، علاوة على ذلك، يمكن أن يؤدي التخلص غير السليم من المياه العادمة على الأرض إلى خسارة لا رجعة فيها في كثير من الأحيان في إنتاجية النظام البيئي (على سبيل المثال التسبب في التملح [6]) وتلوث موارد المياه الجوفية [7]. النوع الأكثر انتشارًا من استراتيجيات إدارة مياه الصرف الصحي التي تستخدم النباتات هو أنظمة معالجة الأراضي الرطبة، فهي تمثل تقنية خضراء منخفضة التكلفة وقد تم استخدامها على نطاق واسع في المناطق الريفية والمناطق النامية في العقود الأخيرة بسبب قدرتها على الحد من التلوث وتشغيلها وإدارتها البسيطة [8].

## 2. تعريف المعالجة النباتية (Phytoremediation):

المعالجة النباتية و تسمى بالتكنولوجيا الخضراء، بدأ استخدامها في معالجة مياه الصرف الصحي منذ حوالي 300 عام [9]، وهي تقنية واعدة للغاية تستخدم فيها النباتات لإزالة التلوث من التربة، المياه و الهواء [3] أو إضعافه أو تثبيته أو تحويله كما في مخطط (6) أين يبين تحويل الأزوت. و لها ميزات عدة نذكر منها: كونها عملية مستدامة، منخفضة التكلفة وقائمة على الطاقة الشمسية، وممتعة من الناحية الجمالية [10]. و من مميزات إدارة الملوثات من العناصر المغذية (فوسفور و الأزوت)، و معروف عن هذه الملوثات إذا لم تتم مراقبتها و التحكم بها قد تسبب في النهاية ظاهرة التخثث (Eutrophication) في المسطحات المائية. و هي ظاهرة تجعل الأوساط المائية غنية بالمواد المغذية. حيث تدعم هذه العناصر تكاثر الطحالب بعضها سام بطبيعته، كما يؤدي هذا التكاثر إلى استنزاف الأكسجين من الماء و يؤدي إلى تدهور النباتات و الحيوانات المائية. فلا بد من اعتماد تقنية المعالجة النباتية لتحسين جودة المسطحات المائية كحل بديل عن الطرق الفيزيائية والكيميائية التي تعتبر مكلفة وشاقة [1]، [9]، [11]، [12].



المخطط (6): تمثيل تخطيطي لمسارات تحول الأزوت في منطقة الجذور (Rhizosphere) [8].

تندرج تحت عملية المعالجة النباتية عدة تقنيات يعتمدها النبات للحد من التلوث و هي:

## 1.2 الإستخلاص النباتي Phytoextraction:

تعتمد هذه التقنية على إمتصاص النبات للملوثات (المواد الغير العضوية) و تراكمها في الأجزاء القابلة للحصاد الصورة (3)، بعد أن يراكم النبات الملوثات يقوم بنقلها من التربة إلى سطح الأرض، يستخدم المصطلح في الغالب للإشارة إلى إزالة المعادن من التربة، و لتفادي عودته للمحيط يحصد الجزء الهوائي بشكل دوري، و في بعض الحالات يمكن حصاد الجذور أيضاً. كما يمكن إجراء استخلاص النبات مع أو بدون مركب مخلّب chelate complexant مضاف للمساعدة في إزالة المعادن، حيث تؤدي إضافة مركبات مخلبية إلى تعزيز تراكم المعادن بواسطة النباتات، خاصةً إذا كان للمخلّب تقارب قوي للمعدن المستهدف، ومع ذلك فإن الإعتبار عند استخدام هذه الطريقة هو أن المركب المخلّب يجب أن يكون قابل للتحلل الحيوي أو إزالته بسهولة من الموقع الملوث [3]، [4]، [13].

## 2.2 ترشيح الجذور Rhizofiltration:

تعتمد هذه التقنية على جذور النباتات لإمتصاص الملوثات، من المياه و تيارات النفايات المائية، وهو إزالة الملوثات من المياه الملوثة عن طريق الترسيب، الإمتصاص، الإمتزاز و التراكم في الكتلة الحيوية للنبات، حيث تتراكم الملوثات (بعض أنواع المعادن) في الجذور بسبب بعض الحواجز الفسيولوجية التي تحول دون نقلها إلى الأجزاء الهوائية كـمعادن الرصاص، في حين أن معادن أخرى مثل الكاديوم يسهل نقلها في النباتات. يصنف نباتي Brassica و Pelargonium napus على أنهما تفرطاً في تراكمات الرصاص، ويمكنهما استخراج كميات ضخمة من الرصاص من التربة الملوثة دون إظهار أعراض السمية المورفولوجية، لكن بالنسبة لمعظم الأنواع النباتية الأخرى، يتراكم معظم الرصاص الممتص (حوالي 95% أو أكثر) في الجذور، ويتم نقل جزء صغير فقط إلى أجزاء نباتية هوائية [13].

### 3.2 التثبيت النباتي phytostabilization:

يعتمد النبات على تقليل التوافر البيولوجي للملوثات في البيئة الصورة (3). كما يعمل على تثبيت الملوثات في التربة و الحد من حركة المعادن الثقيلة فيها، مما يجعلها غير ضارة ويقلل من خطر المزيد من التدهور البيئي، يتم تقليل تنقل الملوثات عن طريق تراكم الملوثات عن طريق جذور النباتات أو الامتصاص أو الترسيب داخل منطقة الجذر، و تقليل قابلية ذوبان الملوثات أو التوافر البيولوجي في السلسلة الغذائية، . إن إضافة المواد العضوية والفوسفات وعوامل القلوية والمواد الصلبة الحيوية تعتبر من معدلات التربة حيث تؤدي إلى تقليل قابلية ذوبان المعادن في التربة وتقليل الارتشاح إلى المياه الجوفية [14].

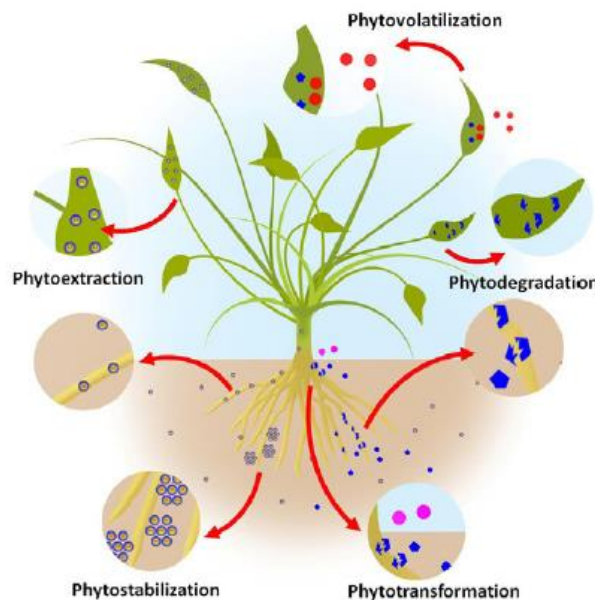
### 4.2 التحلل النباتي phytodegradation:

تعتمد هذه التقنية على النبات والكائنات الحية الدقيقة المرتبطة به (المعالجة البيولوجية بمساعدة النبات) لتقليل الملوثات العضوية الصورة (3). يتم استخدام جذور النباتات جنباً إلى جنب مع الكائنات الدقيقة في منطقة الجذور لمعالجة التربة الملوثة بالمواد العضوية، كما تعمل بعض النباتات على تنقية الهواء [1].

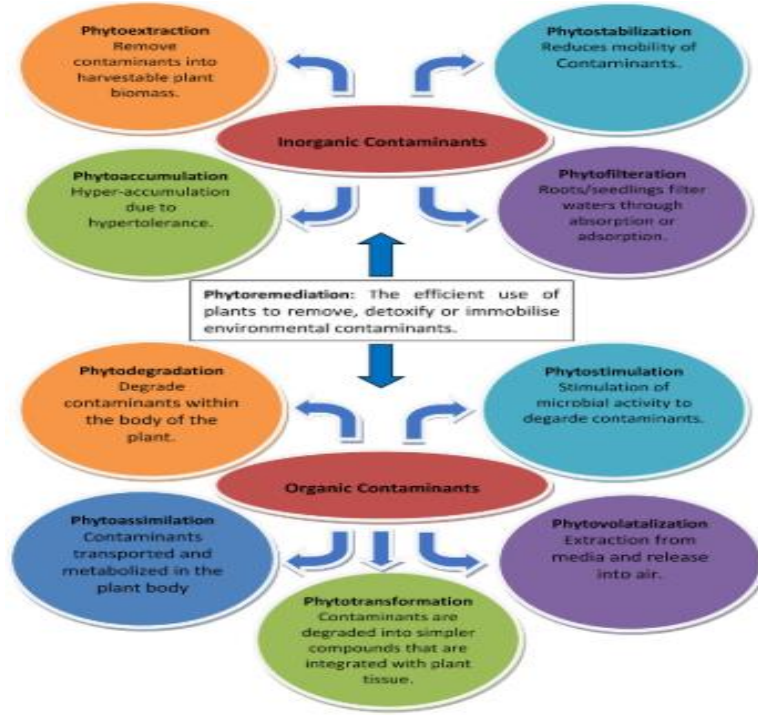
### 5.2 التطاير النباتي phytovolatilization:

تعتمد هذه التقنية على النباتات لتطاير الملوثات الصورة (3)، واستخدام النباتات لإزالة الملوثات من الهواء، فالنبات يستخلص الملوثات المتطايرة (مثل السيلينيوم والزرنيق) من التربة يطايرها عبر أوراق الشجر [3]، [17].

و هناك العديد من تقنيات المعالجة النباتية الأخرى: phytotransformation التناقل النباتي، phytoaccumulation التراكم النباتي، phytoassimilation الإستهيعاب النباتي،... المخطط (7)، pytometabolism الإستقلاب النباتي،...



الصورة (3): بعض تقنيات المعالجة النباتية <http://opensciencepublications.com/>



المخطط (7): تقنيات المعالجة النباتية للمواد العضوية و الغير العضوية [1].

3. النباتات المائية المستعملة ضمن محطات المعالجة بالنباتات:

تم التحقق من أنواع مختلفة من النباتات المائية والإعتراف بكفاءتها في تراكم الملوثات العضوية وغير العضوية من المياه من خلال تطبيقات الزراعة المائية أو التطبيقات الميدانية، حيث تنتمي العديد من أنواع النباتات المائية إلى عدة عائلات Hydrocharitaceae ، Haloragaceae ، Cyperaceae ، Lemnaceae ، Ranunculaceae ، Potamogetonaceae ، Typhaceae ، Najadaceae ، Pontederiaceae ، Juncaceae و Zosterophyllaceae ...

تعد تقنية المعالجة النباتية أداة فعالة لتقليل التلوث بطريقة آمنة في البيئات المائية، ومن أجل نجاحها لا بد من:

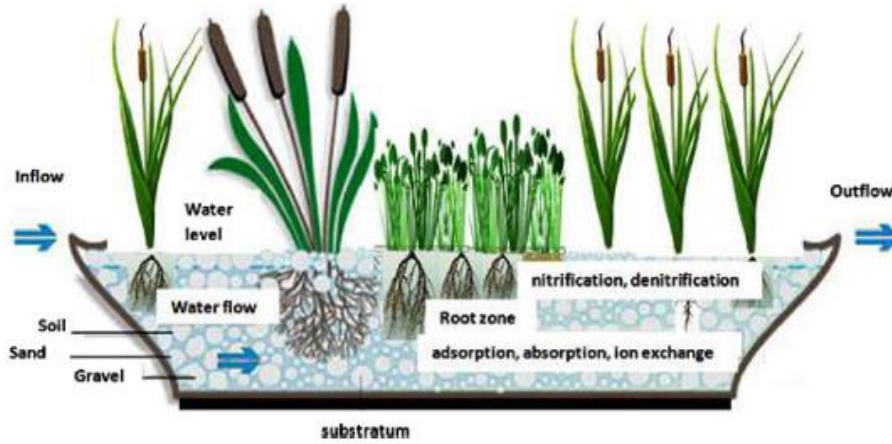
- تحديد وفحص النباتات التي أظهرت فعالية كبيرة في تراكم المغذيات المنحلة والمعادن وغيرها من الملوثات.
- اختيار النباتات سريعة النمو والإنتشار ومن السهل التعامل معها وحصادها، مع مراعاة العمليات البيولوجية الأخرى للنباتات مثل التطور والبناء الضوئي لأنها عوامل حيوية لاستدامة النظام المائي.
- كما يعتمد نجاح نظام المعالجة النباتية أيضاً على العوامل المرتبطة بشدة التلوث.
- التعايش و التأقلم مع الظروف المناخية .
- تحمل الملوثات و ظروف التشبع بالمياه الضحلة [16].

وحسب المرجع [17] فقد قام العالم البيئي آربر Arber بتقسيم مجموعات النباتات المائية (وعائيات البذور) و ذلك سنة 1920 حسب نوع النبات جذري أو غير جذري، وحسب نوع الأوراق الأزهار و وضعيتهما بالنسبة لسطح الماء مغمورة،

ظاهرة أو طافية. وبناء على هذا فقد ظهرت لاحقا تصنيفات سهلة وشائعة لأنواع النباتات المائية من خلال مجموعة من العلماء توالت عبر مراحل مختلفة، و التي أجمعت في الأخير على التصنيف الآتي:

### 1.3 مجموعة النباتات البارزة Emergent Plants:

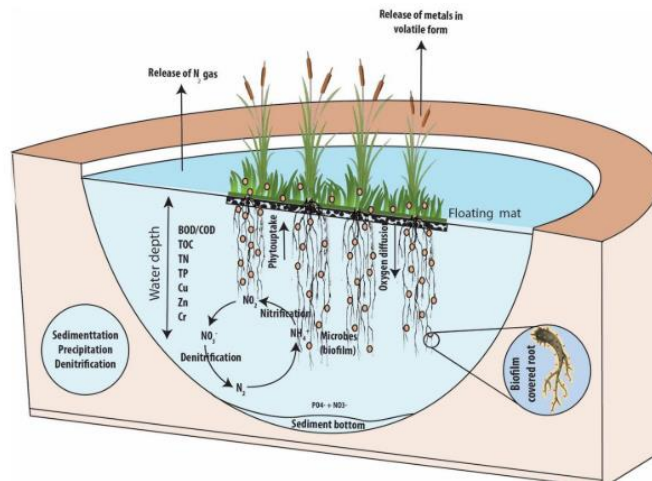
هي نباتات مائية كبيرة جذورها داخل مواد التعبئة (الحصى، الرمل، طين) أما الأجزاء الهوائية فتكون بارزة عادة من سطح المياه كما في الصورة (4).



الصورة (4): النباتات المائية البارزة [18].

### 2.3 النباتات الطافية Floating Plants:

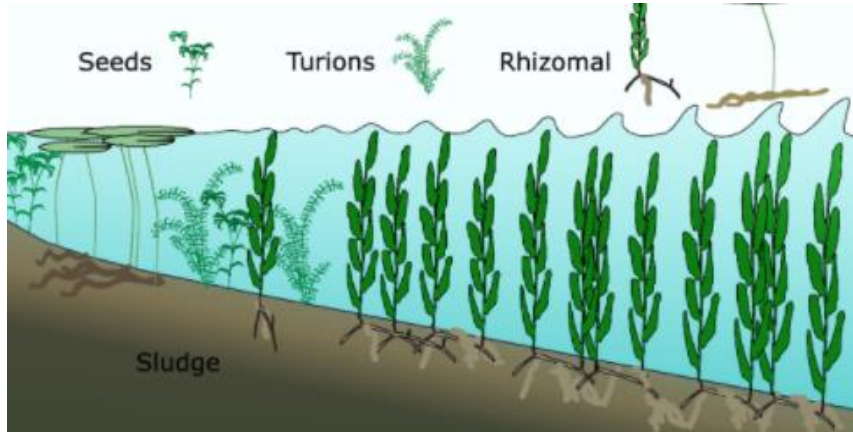
تكون النباتات و كأنها على حصيرة عائمة تنمو من خلالها الجذور وتندلى داخل الماء و تكون طافية حرة [21] - [24].



الصورة (5): مقطع توضيحي يمثل المعالجة باستخدام النباتات الطافية [21].

## 3.3 مجموعة النباتات المغمورة Submerged Macrophytes:

النباتات المغمورة هي نباتات متجذرة عادة في التربة السفلية ذات سيقان رخوة ومعظم كتلتها الخضريّة تحت سطح الماء الصورة (6)، تم تحديد العديد من الأنواع المختلفة من النباتات المائية الكبيرة المغمورة على مستوى العالم.



الصورة (6): نباتات مغمورة [23].

## 4. نموذج الأراضي الرطبة و أنواعها:

هناك العديد من الخيارات المتاحة لمعالجة المياه، لكن أنظمة الأراضي الرطبة CWS أكثر كفاءة وأقل تكلفة، و تتمثل إحدى أهم الخدمات التي تقدمها الأراضي الرطبة الطبيعية أو المستعادة أو المنشئة أنها تحمي المجاري المائية من تأثير تلوث المغذيات، و تحدث هذه الحماية بشكل طبيعي لأن الأراضي الرطبة المنشئة عبارة عن أنظمة معقدة تحتوي على عدد كبير من العمليات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية النشطة التي تؤثر بشكل متبادل على بعضها البعض، كما تستخدم لإزالة المغذيات بعض العمليات الفيزيائية الرئيسية مثل ترسيب الجسيمات المعروفة باسم الترسيب sedimentation أو التطاير volatilization، وتنطلق كغاز في الغلاف الجوي، والإمتصاص sorption (Absorption- Adsorption) الذي يتضمن إلتصاق المادة المغذية بمادة صلبة أو تنتشر في سائل أو صلب آخر، و تتضمن العمليات الكيميائية التحولات والترسيب precipitation، أما العمليات البيولوجية فتتم بواسطة النباتات والطحالب والبكتيريا وعمليات تحول أخرى تتم بواسطة الميكروبات، تحتوي مقصورات الأراضي الرطبة على كل هذه العمليات في وجود الماء، الكائنات الحية مثل النباتات، الطحالب، البكتيريا، والتربة، لذلك أصبحت معالجة مياه الصرف الصحي عن طريق إنشاء الأراضي الرطبة أحد الحلول الفعالة في جميع أنحاء العالم، لهذا يتم تطبيق هذه التقنية لمعالجة أنواع مختلفة من مياه الصرف الناتجة إما من الصناعات أو التجمعات المدنية و منها: النفايات السائلة للصناعات الغذائية (بما في ذلك الألبان والمجازر والفواكه والخضروات وصناعات اللحوم)، والنفايات السائلة لصناعة البتروكيماويات و التكرير، ومخلفات التقطير و مصانع النبيذ، والمنسوجات، وتربية الأحياء المائية، والدباغة، والصلب والنفايات الصناعية المختلطة، وصناعة الورق [7]، [12]، [26] - [29].

عرف نظام الأراضي الرطبة تطورا تدريجيا على مدار 40 عاما الماضية، في البداية كان الاهتمام الرئيسي بأنظمة التدفق الأفقي (HF) لأنها كانت بسيطة و وعدت بإنخفاض تكاليف البناء والتشغيل، وبعدها إتجهت الأبحاث بالاهتمام

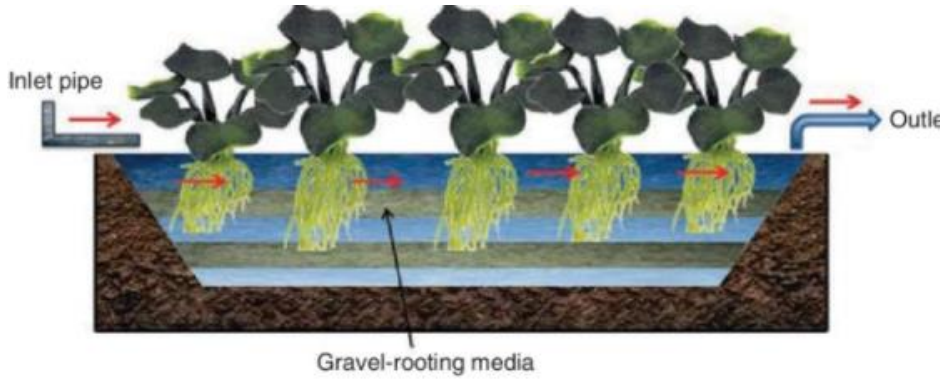
بأنظمة التدفق العمودي (VF) كونها لها كفاءة أكبر في النتجة لإستطاعتها توفير الأكسجين بكمية أكبر من (HF)، و في الأونة الأخيرة صار الاهتمام متزايد على الأنظمة الهجينة أو المدمجة (HF+VF) و الذي يجمع بين مزايا و عيوب أنظمة HF و VF لتكمل بعضها البعض، العديد من هذه الأنظمة مستمدة من الأنظمة الهجينة الأصلية لـ Seidel (1978) [28].

#### 1.4 نظام التدفق الأفقي HF:

##### 1.1.4 نظام التدفق السطحي HSF-CWs:

هي الأحواض التي تكون فيها النباتات ذات السيقان المغروسة في الطبقة العلوية الصورة (7) لمواد التعبئة حيث سمك المياه داخل الحوض يقارب 40 سم، تحتوي هذه الأحواض على نباتات مائية منها النباتات المغمورة كلياً بالماء أو النباتات الصغيرة على سطح الماء وذات الجذور المائية [17]، و يعتبر تركيب معالجة ثانوية لمياه الصرف المنزلية والصناعية الحضرية، ويمكن استخدامها أيضاً كنظام معالجة ثلاثي للتلميع (لماء أكثر صفاء)، حيث تتدفق مياه الصرف الصحي المعالجة مسبقاً أفقياً عبر طبقة ترشيح مزروعة، و تعمل النباتات على توفير بيئات مناسبة للارتباط

الميكروبيولوجي ونمو الأغشية الحيوية الهوائية ونقل الأكسجين إلى منطقة الجذر. في هذا النظام تتم إزالة المواد العضوية والمواد الصلبة العالقة بشكل أساسي عن طريق الترشيح والتحلل.

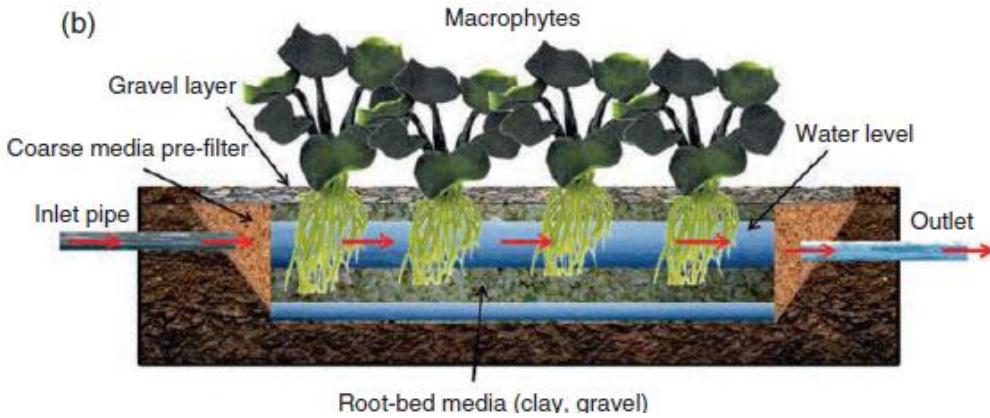


الصورة (7): نظام التدفق الأفقي [29].

##### 2.1.4 نظام التدفق تحت السطحي HSSF-CWs:

إن التدفق الأفقي تحت السطحي للأراضي الرطبة HSSF-CWs الصورة (8) عبارة عن حوض كبير مملوء بالحصى والرمل مزروع بنباتات الأراضي الرطبة، يتم استخدامه للمعالجة الثانوية أو الثلاثية لمياه الصرف الصحي (مثل المياه الرمادية أو المياه السوداء)، أين تتم إزالة المواد الصلبة في المعالجة الأولية قبل تغذية الحوض، و من هناك تتدفق مياه الصرف الصحي أفقياً عبر الحوض، أين تقوم مادة المرشح (مادة التعبئة) بتصفية الجسيمات وتؤدي الكائنات الحية الدقيقة إلى تحلل المواد العضوية، أما مخارج الأراضي الرطبة المشيدة (الماء المعالج) فيمكن استخدامها بشكل جيد للري وتربية الأحياء المائية أو تصريفها بأمان إلى المسطحات المائية المستقبلية. نظام التدفق الأفقي غير مكلف نسبياً للبناء حيث تكون الأرض ميسورة التكلفة ويسهل صيانتها نظراً لعدم الحاجة إلى قطع غيار عالية التقنية أو طاقة كهربائية أو مواد كيميائية [30]، و هذه التقنية تستعمل على نطاق واسع لمعالجة مياه الصرف الحامضية [31]، وفعالة في نزع

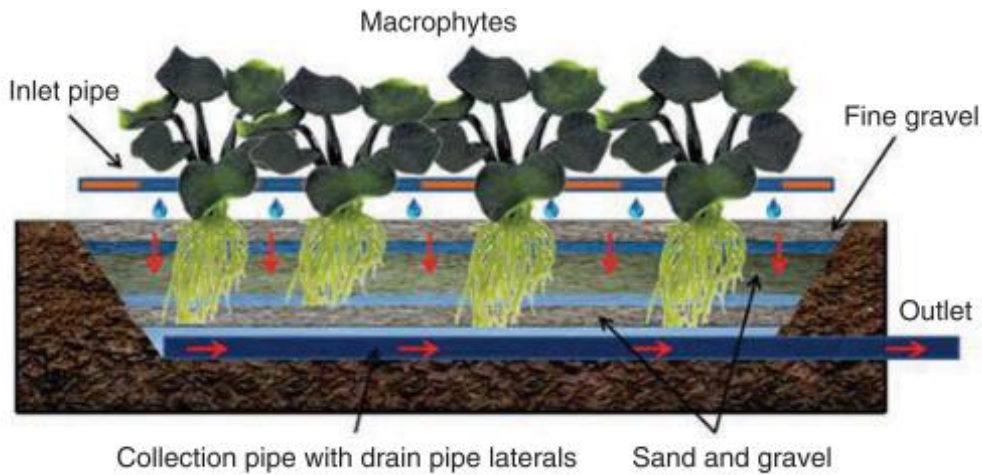
الملوثات العضوية كالمطلب الكيميائي للأكسجين COD و الطلب البيوكيميائي للأكسجين BOD و المواد العالقة SS ، لكن فعاليتها في نزع الأزوت تقدر 50-60 % وذلك بسبب محدودية الأكسجين المنتقل داخل الوسط [32].



الصورة (8): نظام التدفق الأفقي تحت السطحي [29].

#### 2.4 نظام التدفق العمودي تحت السطحي VF:

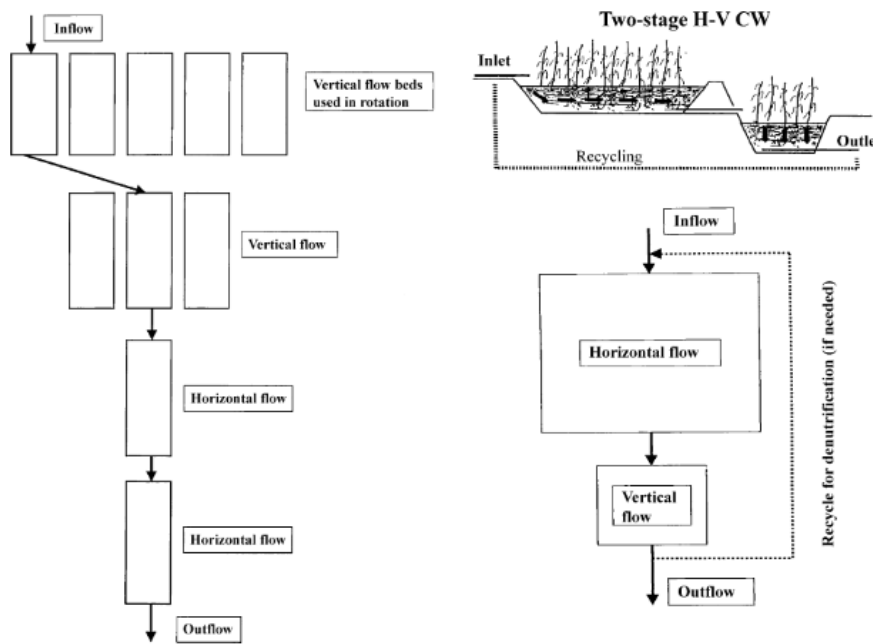
الأراضي الرطبة ذات التدفق العمودي تتميز بقبول مياه الصرف الصحي دون معالجة مسبقة، على طبقة ترشيح مزروعة يتم تصريفها إلى الأسفل الصورة (9)، أين يتم سكب المياه العادمة أو ضخها على السطح من الأعلى باستخدام نظام جرعات ميكانيكي، حيث يتدفق الماء عمودياً لأسفل عبر طبقات المرشح إلى قاع الحوض حيث يتم تجميعه في أنبوب تصريف. إن الاختلاف المهم بين الأراضي الرطبة العمودية والأفقية ليس مجرد اتجاه مسار التدفق، بل الظروف الهوائية.



الصورة (9): تمثل نظام التدفق العمودي تحت السطحي [29].

### 3.4 النظام الهجين:

هو نظام يجمع بين أنواع مختلفة من الأراضي الرطبة المبنية من أجل تحقيق كفاءة معالجة أعلى، خاصة بالنسبة للأزوت، الأنظمة الهجينة في أغلب الأحيان تجمع بين نظام التدفق العامودي (VF) ونظام التدفق الأفقي (HF) المرتبة بطريقة مرحلية مثل المخطط (8). توجد العديد من الأمثلة الجيدة لأنظمة (HF) للمعالجة الثانوية التي أعطت نتائج مرضية للغاية حين يتطلب المعيار إزالة فقط BOD5 و SS، ومع ذلك فقد كان هناك اهتمام متزايد بتحقيق نترجة كاملة لمخارج الأراضي الرطبة لأن أنظمة (HF) لا تستطيع القيام بذلك بسبب قدرتها المحدودة على نقل الأكسجين، من ناحية أخرى توفر أنظمة (VF) ظروفًا جيدة لعملية النترجة ولكن لا يحدث نزع النتروجين في هذه الأنظمة، لذلك كان هناك اهتمامًا متزايدًا بالأنظمة الهجينة كما تسمى أحيانًا بالأنظمة المدمجة، هذه الأخيرة تجمع بين مزايا أنظمة (HF) و (VF) لتكمل بعضها البعض، من الممكن الحصول على مخارج منخفضة في الطلب الأوكسجيني البيولوجي، والتي تتم النترجة فيها كاملة ومنزوعة الأزوت جزئيًا وبالتالي تحتوي على تركيزات إجمالية أقل بكثير من الأزوت [33].



المخطط (8): نموذجين من الأنظمة الهجينة [33].

### 5. دور العناصر المكونة للأراضي الرطبة في المعالجة:

يعتمد مبدأ عمل الأراضي الرطبة CWs على المركبات التالية: (مواد التعبئة - الكائنات الحية الدقيقة - النباتات) في سياق مناخي معين، فالملوثة تنزع بفضل مزيج من الظواهر الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية، كالترسيب والإمتزاز على جزيئات مواد التعبئة أو على الجذور، التحول البكتيري، الإستيعاب من قبل النبات، والتبخر والتحلل عن طريق أشعة UV الشمسية.

### 1.5 مواد التعبئة Substrate:

يتم اختيار مواد التعبئة على أساس النفاذية الهيدروليكية والقدرة على امتصاص الملوثات، لأن ضعف التوصيل الهيدروليكي قد يؤدي إلى انسداد الأنظمة، وتقليل كفاءة النظام، وتقليل الامتزاز، كما يؤثر أيضًا على أداء CWs للتطبيقات طويلة الأمد، كما توضح الدراسات السابقة لاختيار مواد التعبئة للأراضي الرطبة خاصة لإزالة الفوسفور من مياه الصرف بأن مواد التعبئة تشمل بشكل أساسي: المواد الطبيعية، الوسائط الاصطناعية والمنتجات الثانوية الصناعية، و ثبت من هذه الدراسات أن معظم مواد التعبئة الطبيعية أقل كفاءة في إزالة الفوسفور على المدى الطويل، و العكس فإن المنتجات الصناعية والإصطناعية ذات الناقلية الهيدروليكية العالية تتمتع بقدرة عالية على امتصاص الفوسفور، كما قدمت العديد من الدراسات الأخرى حول اختيار مواد تعبئة من أجل تعزيز كفاءة إزالة النيتروجين والمواد العضوية حيث وجدت الدراسة بأن حمأة الشبة، السماد، الجفت، قشر الأرز والرخام هي أفضل الخيارات [34].

### 2.5 الكائنات المجهرية Microorganisms:

تتواجد العديد من الكائنات المجهرية في الأوساط المائية التي غالبًا ما تكون فيها البكتيريا، طحالب، فطريات، أوليات، عوالق حيوانية، فيروسات، ديدان خيطية، و مع ذلك فإن الكائنات المجهرية التي حظيت بالأكثر دراسة هي البكتيريا، لأنها و بالأخص لها دور كبير في المعالجة، الدور الرئيسي للكائنات المجهرية هو كما في طرق المعالجة البيولوجية تحلل المادة العضوية، والتي تضمن مختلف طرق الأكسدة و الاختزال، و تولد الطاقة اللازمة للتركيب الحيوي بفضل تحلل المادة العضوية، و تمعدن المركبات الأزوتية و الفوسفورية وبالتالي تجعلها يمتص من طرف النبات، كما تضمن تفاعلات النترجة و إزالة النترجة [15].

### 3.5 النبات Vegetation:

يتم استخدام عدد من نباتات الأراضي الرطبة التي لها العديد من الخصائص المطلوبة لعملية المعالجة، و غالبًا ما يتم تصنيف النباتات الكبيرة المستخدمة في أنظمة الأراضي الرطبة المنشئة على نطاق واسع إلى نباتات حرة العائمة، ونباتات مغمورة، ونباتات عائمة الأوراق، ونباتات بارزة، تزرع عادةً في الماء أو وسط التربة، و على الرغم من الإبلاغ عن أكثر من 150 نوعًا من النباتات الكبيرة التي تستخدم في الأراضي الرطبة المنشئة على مستوى العالم، إلا أن القليل منها فقط يستخدم بشكل متكرر، حيث توفر هذه النباتات الكبيرة العالية الكثافة مزيدًا من الركائز للأغشية الحيوية للعمل الميكروبي لتحسين العلاج [34].

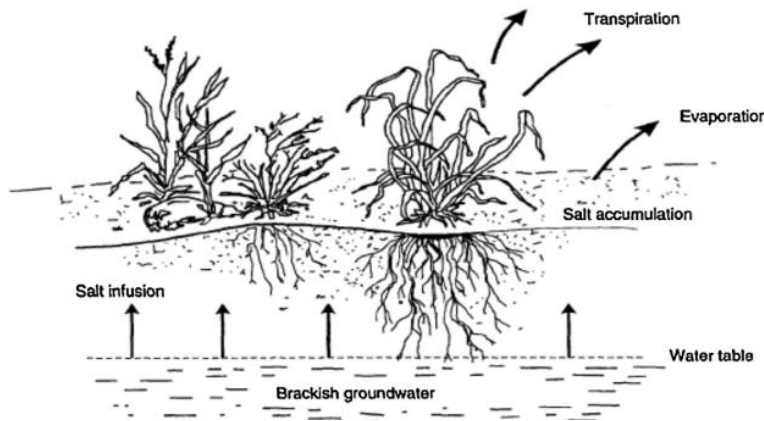
### 6. المعالجة النباتية في الأراضي المالحة:

تتوفر الأملاح بشكل طبيعي في التربة والمياه الجوفية، لكن توفرها بمستويات أعلى من الطبيعية يمكن أن يؤدي إلى الملوحة مع مشاكل خطيرة على صحة النبات وإنتاجيته، حيث تعاني أكثر من 75 دولة حول العالم من مشاكل الملوحة، و تشير التقديرات إلى أن 20% على الأقل من الأراضي المرورية في العالم تتأثر بمستويات متفاوتة من الملح، و هذا كلف حوالي 12 مليار دولار أمريكي سنة 1995، و كان أول من اقترح معالجة التربة المالحة بالنباتات الملحية

هو العالم Boyko سنة 1966، ومنذ ذلك الحين تم إجراء العديد من الدراسات للتحقيق من إمكانية استصلاح التربة المالحة باستخدام أنواع مختلفة من النباتات الملحية، كما تشير بعض هذه الدراسات أيضاً إلى مزايا أخرى للنباتات الملحية كاحتوائها على محاصيل بذور زيتية، وإنتاج الأعلاف. كما يتواجد ما يقرب من مليار هكتار من المناطق المتأثرة بالملوحة في العالم، وتقع هذه المناطق بشكل رئيسي في الشرق الأوسط وآسيا الوسطى وشمال إفريقيا وأستراليا، فإستغلال تكنولوجيا النباتات الملحية له أفق مهمة وواعدة في مثل هذه المناطق الشاسعة [4].

### 1.6 تكيف النباتات الملحية مع الإجهاد الملحي:

في المناطق القاحلة وشبه القاحلة ، قد لا تكون كمية الهطول كافية لترشيح الأملاح من الجذور، إذن سيكون استخدام النباتات الملحية التي يمكن أن تراكم الملح بديلاً جذاباً لمعالجة التربة الصورة (10)، قد لا تقتصر وظيفة النباتات الملحية على معالجة الملح بل يمكن استخدامها أيضاً في المعالجة النباتية للمعادن الثقيلة [35]، و عادة ما تكون النباتات الملحية نباتات أصلية يمكنها تحمل أو حتى طلب تركيزات كلوريد الصوديوم في مياه التربة المالحة [6]، حيث يتطلب بقاء النباتات الملحية تعديلاً اسموزياً باستخدام الأيونات الموجودة في البيئة على سبيل المثال لدى *Atriplex amnicola* (شجيرة الملح النهرية) استجابة ثابتة لمستويات الملح، يمكنها أن تتحمل الملوحة حتى 5 ديسي سيمنز/م من تركيز الملح بعد أن تفقد نصف الكتلة الحيوية للنبات ولا يمكنها البقاء على قيد الحياة بعد 75 ديسي سيمنز/م، و تسمح فسيولوجيا هذه النباتات بتراكم الأيونات من أجل الحفاظ على نمو النبات مع تجنب السمية الناتجة عن زيادة الأيونات أو نقص المياه.



الصورة (10): تعامل النبات مع الشد الملحي [4].

## 7. خاتمة:

تعتبر الأساليب الفيزيائية والكيميائية لمعالجة المياه من حيث الملوثات العضوية و الغير عضوية فعالة ولكنها قد تكون باهظة الثمن و تتطلب الكثير من المتابعة والصيانة ،و يُنظر عمومًا إلى مناهج المعالجة الخضراء مثل المعالجة البيولوجية والمعالجة النباتية على أنها أكثر استدامة من حيث الحفاظ على الموارد الطبيعية، لهذا أصبح استخدام المعالجة النباتية موضوع اهتمام الباحثين وأصحاب المصالح على نطاق واسع. المعالجة النباتية هي مجموعة من تقنيات المعالجة الحيوية النباتية التي تستخدم أنواعًا مختلفة من النباتات الحية لتنظيف تلوث التربة والمياه والهواء. باستخدام المعالجة النباتية، يمكن أن تتحلل الملوثات العضوية في منطقة الجذور أو يمكن أن تمتصها النبتة ، ثم تتحلل أو تنفصل أو تتطاير، أما الملوثات غير العضوية فلا يمكن أن تتحلل ولكن يمكن عزلها أو تثبيتها في الغطاء النباتي القابل للحصاد، خاصة لنزع المغذيات الكبيرة (macronutrient) كالفسفور.

## المراجع:

- [1] A. A. Ansari, M. Naeem, S. S. Gill, and F. M. AlZuaibr, "Phytoremediation of contaminated waters: An eco-friendly technology based on aquatic macrophytes application," *Egypt. J. Aquat. Res.*, no. April, 2020, doi: 10.1016/j.ejar.2020.03.002.
- [2] C. H. L. and O. F. with T. K. and H. Brix, *Sustainable Wastewater Management in Developing Countries* New. ASCE PRESS, 2010.
- [3] B. Kumar, K. Smita, and L. C. Flores, "Plant mediated detoxification of mercury and lead," *Arab. J. Chem.*, vol. 10, pp. S2335–S2342, 2017, doi: 10.1016/j.arabjc.2013.08.010.
- [4] H. Nouri et al., "Application of green remediation on soil salinity treatment : A review on halophytoremediation," *Process Saf. Environ. Prot.*, vol. 107, pp. 94–107, 2017, doi: 10.1016/j.psep.2017.01.021.
- [5] V. H. Smith and D. W. Schindler, "Eutrophication science : where do we go from here ?," no. February, 2009, doi: 10.1016/j.tree.2008.11.009.
- [6] F. H. Mirza. S, Sergey. M, *Halophytes and climate change: adaptive mechanisms and potential uses.* 2019.
- [7] P. K. Rai, *Phytoremediation of Emerging Contaminants in Wetlands*, no. July. 2018.
- [8] D. L. Jones, C. Freeman, and A. R. Sánchez-Rodríguez, "Waste Water Treatment," *Enycl. Appl. Plant Sci.*, vol. 3, no. December 2016, pp. 352–362, 2016, doi: 10.1016/B978-0-12-394807-6.00019-8.
- [9] C. F. Carolin, P. S. Kumar, A. Saravanan, G. J. Joshiba, and M. Naushad, "Efficient techniques for the removal of toxic heavy metals from aquatic environment: A review," *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 5, no. 3, pp. 2782–2799, 2017.
- [10] S. Ceschin, M. Crescenzi, and M. A. Iannelli, "Phytoremediation potential of the duckweeds *Lemna minuta* and *Lemna minor* to remove nutrients from treated waters," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 2020, doi: 10.1007/s11356-020-08045-3.
- [11] S. Kumar and S. Deswal, "Phytoremediation capabilities of *Salvinia molesta*, water hyacinth, water lettuce, and duckweed to reduce phosphorus in rice mill wastewater," *Int. J. Phytoremediation*, pp. 1–13, Feb. 2020, doi: 10.1080/15226514.2020.1731729.
- [12] V. Yazdani and H. A. Golestani, "Advanced treatment of dairy industrial wastewater using vertical flow constructed wetlands," *Desalin. Water Treat.*, vol. 162, no. September, pp. 149–155, 2019,

doi: 10.5004/dwt.2019.24335.

- [13] W. Jiang and D. Liu, "Pb-induced cellular defense system in the root meristematic cells of *Allium sativum* L.," *BMC Plant Biol.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–8, 2010.
- [14] P. Alvarenga et al., "Organic residues as immobilizing agents in aided phytostabilization:(I) Effects on soil chemical characteristics," *Chemosphere*, vol. 74, no. 10, pp. 1292–1300, 2009.
- [15] N. Marmiroli, M. Marmiroli, and E. Maestri, "Phytoremediation and Phytotechnologies: a Review for the Present and the Future," *Soil Water Pollut. Monit. Prot. Remediat.*, pp. 403–416, 2007, doi: 10.1007/978-1-4020-4728-2\_26.
- [16] C. C. Tanner, "Plants for constructed wetland treatment systems - A comparison of the growth and nutrient uptake of eight emergent species," vol. 7, pp. 59–83, 1996.
- [17] 2015، "معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منقية محلية،" قاصدي مرباح ورقلة، ا. العابد،
- [18] S. Kumar and V. Dutta, "Constructed wetland microcosms as sustainable technology for domestic wastewater treatment: an overview," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, no. April, 2019, doi: 10.1007/s11356-019-04816-9.
- [19] K. Rehman, A. Ijaz, M. Arslan, and M. Afzal, "Floating treatment wetlands as biological buoyant filters for wastewater reclamation," *Int. J. Phytoremediation*, vol. 21, no. 13, pp. 1273–1289, 2019, doi: 10.1080/15226514.2019.1633253.
- [20] S. I. and M. A. Munazzam Jawad Shahid, Razia Tahseen, Muhammad Siddique, Shafaqat Ali and ABSTRACT, "Remediation of polluted river water by floating treatment wetlands," no. October, 2018, doi: 10.2166/ws.2018.154.
- [21] M. J. Shahid, M. Arslan, S. Ali, and S. Muhammad, "Floating Wetlands: A Sustainable Tool for Wastewater Treatment," no. January 2019, 2018, doi: 10.1002/clen.201800120.
- [22] Y. Wang, B. Sun, X. Gao, and N. Li, "Development and evaluation of a process-based model to assess nutrient removal in floating treatment wetlands," *Sci. Total Environ.*, vol. 694, no. August, 2019, doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.133633.
- [23] R. J. M. Temmink et al., "Growth forms and life-history strategies predict the occurrence of aquatic macrophytes in relation to environmental factors in a shallow peat lake complex," *Hydrobiologia*, vol. 848, no. 17, pp. 3987–3999, 2021, doi: 10.1007/s10750-021-04618-6.
- [24] M. A. Sanjrani, B. Zhou, H. Zhao, Y. P. Zheng, Y. Wang, and S. B. Xia, "Treatment of wastewater with constructed wetlands systems and plants used in this technology – a review," *Appl. Ecol. Environ. Res.*, vol. 18, no. 1, pp. 107–127, 2020, doi: 10.15666/aeer/1801\_107127.
- [25] C. Pelissari, C. Ávila, C. Maria, and J. García, "Nitrogen transforming bacteria within a full-scale partially saturated vertical subsurface flow constructed wetland . Science of the Total Environment Nitrogen transforming bacteria within a full-scale partially saturated vertical subsurface flow constru," *Sci. Total Environ.*, vol. 574, no. January 2017, pp. 390–399, 2016, doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.08.207.
- [26] S. Wu, P. Kusch, H. Brix, J. Vymazal, and R. Dong, "ScienceDirect Development of constructed wetlands in performance intensifications for wastewater treatment : A nitrogen and organic matter targeted review," *Water Res.*, vol. 57, pp. 40–55, 2014, doi: 10.1016/j.watres.2014.03.020.
- [27] Q. L. Xu, X. J. Cai, L. Fu, and Y. Hu, "Space distribution of bacterial communities and substrate enzymes in vertical flow constructed wetlands," *Appl. Ecol. Environ. Res.*, vol. 18, no. 1, pp. 959–971, 2020, doi: 10.15666/aeer/1801\_959971.

- [28] P. Cooper, "A REVIEW OF THE DESIGN AND PERFORMANCE OF VERTICAL-FLOW AND HYBRID REED BED TREATMENT SYSTEMS," *Water Sci. Technol.*, vol. 40, no. 3, pp. 1–9, 1999, doi: 10.1016/S0273-1223(99)00414-X.
- [29] P. Kumarathilaka, H. Wijesekara, and N. Bolan, "Phytoremediation of Landfill Leachates Phytoremediation of Landfill Leachates," no. March, 2017.
- [30] N. Mburu, "Experimental and modeling studies of horizontal subsurface flow constructed wetlands treating domestic wastewater njenga mburu," the Academic Board of Wageningen, 2013.
- [31] N. S. Prihatini, B. J. Priatmadi, A. Masrevaniah, and S. Soemarno, "Performance of the Horizontal Subsurface-Flow Constructed Wetlands With Different Operational Procedures," *Int. J. Adv. Eng. Technol.*, vol. 7, no. February, pp. 1620–1629, 2015.
- [32] S. Kantawanichkul and S. Wannasri, "Wastewater treatment performances of horizontal and vertical subsurface flow constructed wetland systems in tropical climate," *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, vol. 35, no. 5, pp. 599–603, 2013.
- [33] J. Vymazal, "Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wetlands systems for wastewater treatment," *Ecol. Eng.*, vol. 25, no. 5, pp. 478–490, 2005, doi: 10.1016/j.ecoleng.2005.07.010.
- [34] S. Kumar and V. Dutta, "Environmental Biotechnology: For Sustainable Future," in *Environmental Biotechnology: For Sustainable Future*, no. January, 2019.
- [35] M. A. Eid and S. S. Eisa, "The use of some halophytic plants to reduce Zn, Cu and Ni in soil.," *Aust. J. Basic Appl. Sci.*, vol. 4, no. 7, pp. 1590–1596, 2010.

الجزء العملي

# الفصل الأول

اعتمدنا في هذه الدراسة لمعالجة مياه الصرف الصحي على النباتات الموجودة طبيعياً في المنطقة الموجودة بضواحي بلدية سيدي عون بولاية الوادي، و تحديداً بالمنطقة التي أصبحت مصباً لمياه الصرف المعروفة بشط حلوفة، حيث استعملنا معظم النباتات المتواجدة هناك والتي أبدت تلائماً مع التغيير الحاصل منذ أن تحولت الجهة لمصب للمياه (الصرف الصحي، والمياه الراكدة Drainage)، كما تتميز معظم هذه النباتات بكونها نباتات صحراوية ملحية تعيش وتتحمل المناخ الجاف وارتفاع درجة الحرارة، بالرغم من أن العديد منها نجدها في المناطق الجافة إلا أنها استطاعت التأقلم و التواجد في التربة والمحيط الرطب للشط ولكن بدرجات متفاوتة، حيث تما تصنيفها الى ثلاث مجموعات حسب قربها من المياه.

### 1. المنطقة الرطبة شط حلوفة:

شط الذبيلة أو بما يعرف بشط حلوفة الصورة (11) منطقة منخفضة تقع على بعد 45 كم شمال مدينة الوادي بإقليم بلدية سيدي عون، يقع على خط طول  $6^{\circ} 51'$  شرقاً، و بين خطي عرض  $33^{\circ} 42'$  و  $33^{\circ} 47'$  شمالاً، كانت المنطقة رعوية بإمتياز لطبيعتها الجغرافية المنبسطة و غناها بأصناف متعددة من النباتات الصحراوية قبل أن تصبح مصب للمياه، و بسبب خصائصها الجغرافية المنخفضة أين تتموقع على مستوى 22م تحت سطح البحر (مديرية البيئة 2012)، اختيرت كمصب تتجمع بها مياه الصرف بشكل طبيعي وتفادي مصاريف نقل المياه بتقنيات قد تكون مكلفة جداً، اذن تنتقل المياه بفعل الجاذبية إلى الشط (مياه الصرف الصحي المعالج بطريقة برك التهوية لأربعة محطات معالجة)، إضافة الى المياه (الجوفية الصاعدة). جغرافياً مصب حلوفة قريب من شط ملغير الكبير و شط مروانة، ويجدر بالذكر أن الموقع مصنف كمنطقة رطبة ضمن اتفاقية (RAMSAR)، كما أصبح شط حلوفة نظام بيئي حيوي منذ أن صارت المنطقة مصباً للمياه أين يتم فيها تنقية مياه الصرف وتخفيفها مع المياه الجوفية الصاعدة، حيث تخضع لعلاج ثلاثي عن طريق الترشيح على مستوى الجذور [1].

إستطاعت معظم النباتات الموجودة سابقاً بالتأقلم والتعايش مع نوعية المياه المستقبلية و منها من تراجع وجوده إلى أن اندثرت كنبات (الرتم) مع ملاحظة تواجدها بكثرة لا سيما بالثلث الأول من الشط. كما أصبحت هذه المنطقة مأوى لآلاف من الطيور وخاصة المهاجرة منها (معظمها ينتقل من الشطوط المجاورة)، كذلك حيوانات برية كالأرانب البرية، ثعالب، غراب الماء، دجاج الماء الصورة (12)، البط، صقور، إضافة الى الخزائير القادمة من الشطوط القريبة (حسب مصادر مديرية الغابات لبلدية الذبيلة - الوادي)، و يضيف المرجع [2] بتواجد الأسماك الصورة (13).



الصورة (11): موقع شط حلوفة.



الصورة (12): دجاج الماء (Juil-2019).



الصورة (13): أسماك [2].



الصورة (14): صور مأخوذة من موقع شط حلوفة خلال فترات مختلفة (a) Dec-2018، (b, c) Jul-2019، (d) (Oct-2019)

## 2. النباتات المعالجة المستعملة:

تتميز هذه النباتات بكونها نباتات رعوية ملحية، استطاعت العديد منها التأقلم مع التغيير الذي حدث على المنطقة لا سيما بعد تمعدن المواد العضوية الموجودة بمياه الصرف، وهو كما توضح الباحثة م. الدوسري عضو بالجمعية الكويتية لحماية البيئة عن طريق دراسة ميدانية على النباتات الملحية التي تنمو طبيعياً في بيئات ملحية، مدى قدرة هذه الأخيرة على التأقلم مع البيئة سواءاً قبلها للأملح و تحملها أو تجنبها من دون ظهور أي أعراض ضرر عليها، لا سيما انها تتميز بأليات فريدة للتعامل مع تراكيز الصوديوم العالية تكونت نتيجة التطور عبر مئات وآلاف السنين تحت شتى الظروف القاسية من عوامل النمو [3]، فالنباتات الملحية (Halophytes) تحافظ على تركيز الأملاح داخلها عن طريق التخلص من الأملاح الزائدة و ترسيبها في الأوراق مثل ما نلاحظه لدى نبات الزيتا (*Limoniastrum guyonianum*) الصورة (15)، أو بطرحها خارجاً عن طريق خلايا متخصصة تسمى بالغدد الملحية بضخ الملح باستمرار على سطح الورقة إلى أن تغسل بماء المطر.



الصورة (15): نبات الزيتا *Limoniastrum guyonianum* (Juil-2019).

كما أن لبعض النباتات المعمرة خاصية الحفاظ على أوراقها في فصل الصيف مثل نبات القصب ( *Phragmites* ) و بعض النباتات الأخرى تتخلص من أوراقها لتنمو لها أوراق جديدة مع بداية موسم الأمطار في الخريف التالي مثل نبات السويد ( *Suaeda mollis* )، أما النباتات الحولية التي تكمل دورة حياتها بأخر فصل الربيع تاركة بذلك بذورها لتنمو من جديد مع بداية فصل الخريف.

استعملنا في دراستنا معظم النباتات الموجودة في الشط وذلك بهدف معرفة الدور العلاجي الذي تقوم به من أجل الحفاظ على النظام الحيوي بالشط. حيث تم تصنيفها إلى ثلاث مجموعات:

1. مجموعة النباتات المائية (تنمو بتربة مشبعة إلى جد مشبعة بالماء).
2. مجموعة النباتات النصف مائية (تنمو بجوار الشط بتربة مبللة بالماء).
3. مجموعة النباتات الجافة (تنمو على أطراف الشط بتربة أقل تبللا بالماء إلى جافة).

## 2. النباتات المعالجة المستعملة:

### 1.2 مجموعة النباتات المائية:

#### 1.1.2 القصب: *Phragmites communis*

أ. التصنيف العلمي

المملكة: النباتات *Plantae*

الفئة: أحاديات الفلقة *Monocotylédon*

الشعبة: البذريات *phanerogams*

الشعبية: مستورات البذور *Angiosperme*

العائلة: النجيلية *Poaceae*

الجنس: القيصوب *Arundinoideae*

الإسم العلمي: *Phragmites communis*



الصورة (16): نبات القصب *P. communis* (Juil-2019)

**ب. الوصف النباتي:**

يعتبر القصب من النباتات الشائعة والمعروفة كثيرا فهي النباتات التي تقطن حواف البرك والمستنقعات وتشكل مستعمرات كثيفة، ويصل ارتفاع هذه النجيليات إلى حوالي 3 و4 متر إلا أنها في منطقة الوادي غالبا ما تكون أقل من ذلك نتيجة للظروف المناخية القاسية من حرارة وجفاف ، ويمتلك القصب جذامير معمرة وهي التي تمكن النبات من استعمار مناطق واسعة، و في موسم الإزهار تظهر السنابل في أعلى السيقان وهي سنابل كبيرة ومترعة محملة بزغبات كثيفة محورها يحمل شعيرات كثيفة تتلون باللون الأصفر نادرا ما يميل لونها إلى البنفسجي، نصل الأوراق يتعدى 20 سم وعرضه حوالي 1 سم، يستدق عند النهاية، قاسي ومتخشب قليلا عند الحواف، وتظهر عليه خطوط (عروق) طويلة على الجانبين [4]، [5] .

**ج. النمو والإزهار:**

ينمو بشكل مستمر خلال العام ويزهر في بين شهري أبريل وماي.

**د. أماكن التواجد و الانتشار الجغرافي:**

يحتاج نبات القصب إلى الرطوبة العالية، لذلك فهو ينمو في أماكن تجمع المياه، كما أنه يتحمل الملوحة الزائدة، وعموما فإنه غالبا ما يشكل مستعمرات كثيفة، و ينتشر في جميع أنحاء العالم فهو نبات ذو إنتشار عالمي.

**ذ. الاستعمالات:**

تقتصر أهمية هذا النبات في منطقة وادي سوف في كونه غذاء للحيوانات، أو أنه يستعمل في بعض الصناعات التقليدية كصناعة الأسقف القصبية، كما يستعمل للتضليل من أشعة الشمس، لصناعة الزرابي التقليدية و يستعمل في نحت الأقلام للكتابة في الكتاب. و مع هذا يعتبره العديد من السكان أحد النباتات الضارة لكونه قد يطغى على المزارع كما أنه مصدر للحشرات المزعجة مثل الباعوض، إلا أن هذا النبات يمتلك من الخصائص والمميزات ما يجعله يكتسي أهمية بالغة، فنبات القصب من النباتات البيئية التي تقلل من الملوثات، فهو يعمل على إمتصاص المعادن الثقيلة و العديد من المركبات السامة التي قد تتواجد في التربة أو المستنقعات، كما أنه يزرع في العديد من الدول على حواف التجمعات المائية و ذلك للعمل على تثبيت التربة، هذا بالإضافة الى إستعماله كنبات زينة خاصة في الحدائق المائية [4]، [5] .

2.1.2 الطرفة : *Tamarix aphylla*

أ. التصنيف العلمي [4]، [6]، [7]

*Plantea* المملكة: النبات

*Dicotylédon* الفئة: ثنائية الفلقة

*phanerogams* الشعبة: البذريات

*Angiospermes* الشعبية: مستورات البذور

*Tamaricaceae* العائلة: طرفاوية

*Tamarix* الجنس: الأثل

*Tamarix aphylla* الإسم العلمي :

الإسم المحلي: ملاحه



الصورة(17): نبات الطرفة (T. aphylla (Juil-2019)

ب. الوصف النباتي:

كلمة الطرفة أطلقها العرب منذ القدم على هذه الشجيرات، فهي معروفة عندهم ومنتشرة في أرضهم جاء في لسان العرب أن الطرفة شجيرة وهي الطرف والطفاء وبها سمي طرفة بن العبد لا يزال السكان في سوف يتداولون هذا الإسم الذي ورثوه عن أجدادهم، و الطرفة شجيرة معمرة يتعدى ارتفاعها المتر، تنمو متفرعة وليس لها جذع رئيسي، الأغصان القديمة ذات قشرة حمراء بنية، الأوراق ضامرة حرشفية تغطي الأفرع الحديثة، أزهار الطرفة صغيرة وردية، تتجمع في نويرات كثيفة، ويعتبر هذا النبات مقاوم للملوحة، وهو يمتلك غددا تعمل على

طرح الكميات الزائدة من الملح، و تتكون غدد الملح في الطرفة من خليتي جميع قاعديتين و 6 خلايا إفرازية خارجية، كما تتميز جذور هذا النبات بطرحه للملح[6]، كذلك حسب (س، اللوزي)، تعتبر الطرفة من الشجيرات الرعوية المتوفرة في الأقليم الصحراوي في منطقة المغرب العربي ذات الإستساغة المتوسطة لحيوانات الماعز والأبل[8]، ويعتبر المرجع [9] أن هذا النبات في بعض الأحيان مستساغ. يحتوي جنس الطرفة على العديد من الأنواع التي تنتشر في شمال المنطقة خاصة على حواف الشطوط وقرب الترب المالحة، أهم هذه الأنواع: *Tamarix (aphylla, Africana, Gallica)*.

ج. النمو والإزهار:

نبات معمر يزهر في الربيع. ثمارها تسمى حَبّ الأثل والعدب، وهي لا تؤكل .

د. أماكن التواجد و الانتشار الجغرافي:

تنمو شجيرات الطرفة في الأراضي الرطبة المالحة، لذلك نجدها على حواف الشطوط وفي الأهواد المالحة نتيجة صعود المياه[4]،[5] ، و تتواجد في المناطق الجافة من موريطانيا و السنغال إلى الصومال، كذلك تتواجد في افريقيا الشمالية إلى غاية الشرق الأوسط متجهة الى الشرق حيث الهند كنبات أصلي، و تعرف كذلك في المناطق التالية: افريقيا الجنوبية، مدغشقر، المكسيك، إلى الولايات المتحدة، كندا و أستراليا [10].

يقال ان منبر الرسول صلى الله عليه وسلم بني من أغصان أحد أنواع الطرفاء، و في منطقة سوف تستعمل أغصان الطرفة في الطب الشعبي، حيث يشوى لحم الغنم على حطب الطرفة ويقدم للمصابين بمرض الصفير [4]. في بعض المناطق يصنع من سيقانها السفن خاصة لأنها متواجدة بالقرب من البحار والوديان، كما يستعمل خشبها في النجارة لصنع الأثاث، وأغصانها في صنع السلال، وفي أثيوبيا يستعمل في البناء، للتدفئة وإنتاج فحم الخشب، والأدوات الزراعية وأعمدة السياج، و تستخدم هذه المنطقة الفسائل كأعلاف. كما تزرع الطرفة بمحاذاة الطرق للتظليل و تعد من الشجيرات التي لها دور كبير في استقرار التربة و مقاومة تحرك الرمال، يستخدم اللحاء أو مزيج ثمارها مع الزيت في دباغة جلود الماعز والأغنام، و ذكرت بعض الدراسات بأن الطرفة من معيقات الحرائق الطبيعية بسبب ارتفاع قيمة الملح بها [11].

• الإستعمال الطبي:

في الهند يستخدم اللحاء كدواء قابض ولعلاج الإلتهابات الجلدية مثل الأكزيما، في أثيوبيا تستخدم الفسائل لعلاج الجرب لدى الإبل.

3.1.2 القرينة أو الخريط: *Salsola baryosma*

أ. التصنيف العلمي [6]، [7]



المملكة: النبات *Plantea*

الفئة: ثنائية الفلقة *Dicotylédon*

الشعبية: مستورات البذور *Angiospermes*

العائلة: الرمرامية *Chenopodiaceae*

الجنس: الروثا *Salsola*

الإسم العلمي: *Salsola baryosma*

الإسم المحلي: القرينة

صورة (18): نبات القرينة *S. baryosma*

ب. الوصف النباتي:

أصل تسمية *Salsola* لاتيني من كلمة *Salsus* و التي تعني (salty) لأن بعض أصنافها تنمو في أراضي ملحية أو تحتوي على أملاح قلوية، تتحمل هذه الأصناف المياه، الحرارة، والشد الملحي حيث تنتوزع على 45% من الأراضي الصحراوية، و يتواجد جنس الروثا في المناطق الجافة و الشبه جافة و المعتدلة حول العالم، إن عدد الأصناف الذي يندرج تحت هذا الجنس *Salsola* غير محدد بعد بوضوح حسب [12] ، فحسب بعض المراجع تم حوصلت أكثر من 140 صنف من جنس *Salsola* تتضمن كلا من الشجيرات و شبه الشجيرات، الحولية و المعمرة، و تتواجد العديد من أصناف *Salsola* في مناطق خارج موطنها الأصلي أفريقيا، الشرق الأوسط، آسيا، أوروبا. أحد أصنافها *Salsola*

tragus مصنفة كأعشاب ضارة في كل من الأرجنتين، الشيلي، كندا، جنوب أفريقيا، أندونيسا، نيوزيلاند، الولايات المتحدة الأمريكية [13]، أدرجت وزارة الفلاحة الأمريكية هذه النباتات كأعلاف للأبقار خلال فترات الجفاف بسبب قيمتها كنباتات رعوية و طبية، فهي تعتبر من أهم النباتات الصحراوية. توجد العديد من الميزات التي ساهمت بشكل كبير في نجاح مختلف أصناف Salsola كنباتات متحملة في البيئات شبه القاحلة إلى البيئات القاحلة، وتشمل هذه الميزات ارتفاع قيمتها كأعلاف (قد تتعدى 55% من البروتينات القابلة للهضم)، وفرة إنتاجها للبذور، تحمل الملوحة والظروف المناخية القاسية مثل ارتفاع درجة الحرارة وظروف الجفاف الطويلة.

### ج. النمو والإزهار

القرينة نبات معمر وأكثر ما يزدهر في فصلي الربيع والصيف، موسم الإزهار يمتد حتى نهاية الخريف [4].

### د. أماكن التواجد والانتشار الجغرافي:

حسب المرجع [4] يمكن أن نجد القرينة في معظم المناطق فهو ينمو في بيئات العرق والصحن وقرب الشطوط المالحة، يتوزع هذا الجنس على مناطق وسط آسيا وجنوب غرب آسيا، وشمال أفريقيا والبحر الأبيض المتوسط [7]، [13] ونجد بالأخص Salsola Baryosma – Salsola Imbricata في كل من قارات أفريقيا آسيا وأوروبا كنبات أصلي [12].

### خ. إستعمالاتها:

#### • إستعمال طبي:

يعتبر جنس Salsola من النباتات التي تحتوي على مركبات مضادة للأكسدة في أوراقها ذات تكوين منخفض السعرات الحرارية، عادة ما تكون المستخلصات القلوية مفيدة على مستوى التحكم في السمنة، مرض السكري ومرض الزهايمر [15]، تمتلك بعض نباتات هذا الجنس أيضاً خصائص الشفاء، حيث يتم استخدام العديد من النباتات بشكل تقليدي كمضادات للبكتيريا ، وعوامل مضادة للسرطان، وخافضة لضغط الدم وعلاج الإصابات بالديدان الشريطية. أما بالنسبة لـ S. Baryosma ففي الشرق الأوسط تستخدم ضد الإلتهابات وعامل مدر للبول [15]، كذلك تعتبر علاجية للقلب وأمراض المعدة حسب المرجع [13].

#### • نباتات رعوية:

تعتبر المراجع [4]، [17]، [18] أن القرينة من النباتات ذات القيمة الرعوية الممتازة وذلك على مدار السنة، كذلك يعتبرها المرجع [13] من الشجيرات المعمرة ذات الإستساغة العالية والمتوسطة حسب (س، اللوزي) فهي متاحة لرعي الغنم، الماعز والأبل، متواجدة بالأقليم الجغرافي السهبي والصحراوي [8]. ساهمت العديد من العوامل مثل القيم الغذائية العالية، وغزارة إنتاج البذور، وتحمل درجات الحرارة المرتفعة، وظروف الجفاف بشكل كبير في نجاحها كأنواع علف محتملة في البيئات الجافة، و يمكن تحليل أهميتها كعلف من خلال قيم المادة الجافة للبروتين الخام، واللجنين المنظف الحمضي، والنترات والأكسالات القابلة للذوبان في الماء، فمن خلال مراعاة جميع خصائص الأعلاف المذكورة أعلاه، يمكننا القول أن هذا النوع قادر على حل قضايا نقص الأعلاف [13].

## • كوقود:

تفتقر بعض المناطق الصحراوية النائية في العالم للغاز في المنازل، نظرًا لأن نباتات جنس *Salsola* خشبية في طبيعتها لذلك يتم استخدامها لأغراض الوقود في المنازل، فيتم حرق العصي ويتم الطهي عليه، وهو مصدر وقود في المناطق الجافة، حيث تجفف النباتات وتحرق، حيث يتغل سكان المناطق الجافة بتركيا نبات *Salsola tragus* كمصدر لوقود الكتلة الحيوية.

## • الحماية من تعرية الأراضي:

المناطق الصحراوية عرضة لتدهور أو لتعرية الأراضي، بسبب هبوب الرياح العاتية والأعاصير عبر الصحاري مما يؤدي إلى تآكل الأرض (تعريتها) فقدان التربة الخصبة، حيث تتآكل حوالي 60% من الأراضي في المناطق الجافة بسبب الرياح، لأنه يعمل الغطاء النباتي الطبيعي في الصحراء كغطاء للتربة حيث تثبت جذور التربة في مكانها مما يؤدي إلى تقليل الخسائر الناتجة عن التعرية، فهي تستعمل كدروع عن الرياح، فلأصناف المعمرة أصول وراثية قيمة تهدف لتطبيقات عديدة منها تثبيت الرمال المتحركة وتحسين المراعي المتدهورة والأراضي الهامشية (المجاورة للشطوط، المستنقعات، البحار...) المتأثرة بالملوحة، ومعالجة التربة المتأثرة بالملوحة وهي بمثابة عنصر ممتاز لإنشاء أراضي محمية متعددة الاستخدامات [19]. حسب المرجع [4] تعتبر مأوى للعديد من الحيوانات والحشرات البرية، حيث تشكل أغصانها المتشابكة فيما بينها بيئة محلية تعمل على حفظ الرطوبة و التقليل من شدة الرياح و أشعة الشمس الحارقة.

## • التهديدات البيئية لهذا الجنس:

تتغير الظروف المناخية في جميع أنحاء العالم، وتؤثر هذه الظروف المتغيرة على النباتات أيضًا، فمؤخرًا لوحظ انخفاض تدريجي و خطير في حجم وعدد التجمعات الطبيعية للعديد من أصناف *Salsola*، مما قلل في النهاية من معدلات بقائها في ظل الظروف الحالية لتغير المناخ وذلك حسب المرجع [19]، فقد تنقرض تجمعات أصناف *Salsola* البرية في آسيا الوسطى بسبب التغيرات المناخية المستمرة وزيادة الضغط البشري (مثل التلوث، وإطلاق المواد السامة، والملوحة، والتعدين والاستغلال العمراني)، حيث تتعرض مجموعات النباتات لخطر تدمير العمراني بسبب الظروف البيئية المتغيرة التي قد تؤدي إلى انقراض الأصناف، ففي ظل الظروف الحالية لتغير المناخ السريع، من المحتمل أن تحدث خسارة فادحة للتنوع الجيني [13].

2.2 مجموعة النباتات النصف مائية

1.2.2 الزيتا *Limoniastrum Guyonianum*



أ. التصنيف العلمي: [7]، [20]

المملكة: النبات *Plantea*

الفئة: ثنائية الفلقة *Dicotylédon*

الشعبية: مستورات البذور *Angiospermes*

العائلة: الرصاصية *Plumbaginaceae*

الجنس: *Limoniastrum*

الإسم العلمي: *Limoniastrum G*

الإسم المحلي: الزيتا

الصورة(19): نبات الزيتا (*L. Guyonianum*) (Juil-2019)

ب. الوصف النباتي:

الزيتا شجيرة كثيفة معمرة كثيرة التفرع يتعدى ارتفاعها واحد متر في أغلب الأحيان، السيقان الحديثة خضراء أسطوانية، تحمل أوراق متبادلة، هذه الأخيرة طويلة شبه أسطوانية قد يصل طولها إلى 12 سم و هي خضراء لحمية تظهر وكأنها محببة و خشنة الملمس [4] وبها غدد تفرز الملح للخارج [6]، الأزهار أرجوانية زهرية، في القاعدة محاطة بغلاف غير شائك، أخضر لامع ينكسر مثل الأوراق، حيث تمثل الأزهار أعداد كبيرة لدرجة أنها تغطي النبات بالكامل، و تحمل عددًا كبيرًا من الكريات العصارية [20]، وفي بعض المناطق تسمى "زايّتا" وفي مناطق أخرى "زيتا" يُطلق عليها هذا الإسم لأنها قادرة على طرح مادة زيتية طفيفة على سطح أوراقها، ويطلق عليها في مناطق أخرى "حنة الابل"، و في جنوب شرق المغرب، يُعرف باسم "تيرمت" أو حتى "زيّاتة" [22]، في ليبيا، يطلق عليه "الزاية" [23].

ج. النمو و الإزهار:

شجيرات معمرة تبقى خضراء طوال العام، عملية الإزهار تتم في الربيع [4]، [5].

د. أماكن التواجد و الانتشار الجغرافي:

ينمو فقط في العروق الشمالية للمنطقة (ولاية الوادي)، ونادرا ما يصادف في العروق الجنوبية، كما أنه يتواجد بوفرة كبيرة في التربة المالحة من السبخات والشطوط [21]، الزيتا هي نوع مستوطن من شمال الصحراء (الجزائر، تونس)، نادرة في الصحراء الغربية والوسطى [5]، تصل إلى تدمايث وفزان في الجنوب، نقص في جنوب المغرب [21].

ذ. استعمالاتها:

الزيتا أهم مصدر للحطب في المنطقة، ففي القديم و عندما كانت الأغصان و الجذور المتخشبة للزيتا تجمع و تباع في الأسواق، ولحد اليوم مازالت هذه التجارة قائمة على الرغم من تراجعها الحاد في الأونة الأخيرة لتوفر مصادر بديلة للطاقة.

## • الإستعمال البيئي:

من الناحية البيئية، تلعب الزيتا دورًا في استقرار الكتبان و تثبيت الرمال الزاحفة [4]، وهو نبات مرعى في وسط الكتبان، فهو عالي الإستساعة لدى الجمال [24]، ويمثل مصدرا هاما للغذاء في الفصول القاسية [4]، [5]، بالإضافة إلى ذلك، تشكل الكريات العصارية مكانًا بيئيًا لعدد كبير من الحشرات مثل حرشفيات الأجنحة (Lepidoptera) وغشائيات الأجنحة (Hymenoptera) [21].

## • الإستعمال الطبي:

إن إستخدام الطب النباتي التقليدي من طرف السكان الأصليين لطالما قدم معلومات أساسية لاكتشاف الجزيئات النشطة بيولوجيًا، لم يتم تمثيل الزيتا بشكل كاف في دستور الأدوية التقليدي، لكن يزال بإمكاننا الاستشهاد ببعض الأمثلة على التطبيقات ذات الميزات المعترف بها.

كما أن مشروب منقوع الأوراق والكريات العصارية تستخدم في الطب التقليدي [25]، في جنوب تونس تستخدم كمضادات للالتهابات البكتيرية (التهاب الشعب الهوائية) [26] أو الأمراض المعدية الطفيلية التي تسبب الإسهال المؤلم والدموي، كذلك تستخدمها سكان تافيلالت (جنوب شرق المغرب) لعلاج الإسهال عن طريق غلي الأوراق والكريات العصارية [22]، و في الأونة الأخيرة كما جاء في المرجع [21] أنه في المنطقة الجنوبية من الأوراس يستخدم مغلي الأجزاء الاهوائية من النبات ضد التهاب الشعب الهوائية والتهاب الحلق، وبالمثل في مراكش وفي العديد من المناطق المجاورة لها ، تستخدم الزيتا لعلاج بعض التهابات الفم [27]، و في منطقة ورقلة يستخدم هذا النبات إما بمفرده أو بالاشتراك مع نباتات أخرى كمشروب مغلي أو كمسحوق لعلاج مختلف الأمراض مثل الجلد والأمراض الاستقلابية (الأيضية) والجهاز التنفسي، على سبيل المثال تستخدم (الزيتا) *L. guyonianum* مع *Punica granatum* لعلاج الأمراض الجلدية [28]. تمتلك الكريات العصارية تانينات لها خصائص منشّطة عند إرفاقها بالحناء، كما تُستخدم أيضًا في دباغة الجلود [21]، و حسب المرجع [20] فهي تستعمل كدواء للكبد، الكلى، قابض، ملين ومعالج للأنيميا وأمراض السمنة والسكري و مفيدة للسعات العقرب ولدغات الثعابين، أيضا لإرتفاع ضغط الدم و صداع الراس، كما يحتوي هذا النبات يحتوي على مادتي *epigallocatechin gallate*، *Gallocatechin* المصنفة كمضادات الأكسدة [6].

2.2.2 بوقريية *Zygophyllum album* L

أ. التصنيف النباتي: [7]، [20]، [29]

المملكة: النبات *Plantae*

الشعبة: بذريات Phanerogams

الشعبية: مستورات البذور Angiospermes

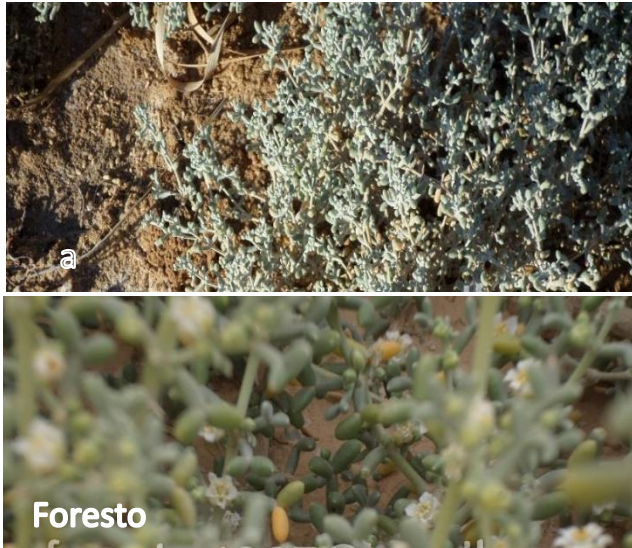
الفئة: ثنائيات الفلقة Dicotylédones

العائلة: الرطراطية Zygophyllaceae

الجنس: *Zygophyllum*

الإسم العلمي: *Zygophyllum album* L

الإسم المحلي: بوقريية



الصورة (20): نبات البوقريية (*Z. album* a (Juil-2019)

ب. الوصف النباتي:

يسمى بوقريية أو بوقرباية [4] وفي بعض المناطق يسمى العقة [5]، [20]، هو عشب صحراوي مالح و يعتبر من النباتات الشائعة في وادي سوف، وهو عبارة عن شجيرات صغيرة كثيرة التفرع يفوق ارتفاعها 1m و 50 cm عرضاً، الأوراق منتفخة عصيرية، خضراء مبيضة نتيجة الشعيرات التي تغطيها والتي تظهر مثل الغبار، وعند بلوغ الأوراق يتحول لونها إلى الأصفر أو البرتقالي ولا تلبث أن تسقط. الأزهار بيضاء، صغيرة وحجمها قريب من حجم الأوراق وتعطي عند البلوغ ثمار خماسية الفصوص [4]، [18].

ج. النمو والإزهار:

بوقريية نبات دائم وينمو في جميع الفصول، وهو يزهر في أواخر الربيع وبداية الصيف [4]، [5].

د. أماكن التواجد و الانتشار الجغرافي:

يتوزع نبات البوقريية في جميع أنحاء الصحراء الشمالية الأفريقية إلى شبه الجزيرة العربية وشرق أفريقيا الاستوائية [30]، حيث يتواجد في الجزائر، تونس، ليبيا، مصر، فلسطين، سوريا ولبنان، ويكوّن مستعمرات على نطاق واسع في المناطق المالحة و الشطوط [31]، كما يتواجد في وحدات معزولة في المناطق الترابية و الأقل ملوحة [5]، و يتواجد بوفرة في بعض الأودية الصحراوية الداخلية داخل المياه المالحة و المناطق حول ينابيع المياه معتدلة الملوحة، أما كمية الأمطار لها تأثير ضئيل على توزيع البوقريية فهو ينمو تحت ظروف مختلفة من هطول الأمطار تتراوح من 3 مم/ سنة إلى 158 مم/ سنة وهو من النباتات التي تساعد على استقرار الرمال المتحركة [30].

خ. استعمالاتها:

• الإستعمال الطبي:

تصنف البوقريية كشجيرة طبية [6]، و حسب المرجعين [5]، [20] فإن أجزائها الهوائية من الأوراق، السيقان، و الثمار تستعمل بطرق مختلفة (مغلي، مسحوق، مرهم) في علاج مرض السكري، مسهل وملين، مضاد للفيروسات

والفطريات، عسر الهضم وامراض الجلد، مسكن و المطهر [32]، كما يستخدم هذا النبات في الطب الشعبي التونسي كدواء فعال ضد الروماتيزم والنقرس والربو [33]، ويستخدم كمدر للبول ومخدر موضعي ومضاد للهيستامين ومضاد لمرض السكر وطارد لغازات حسب [30].

• الإستعمال الرعوي:

يعتبر البوقريية مرعى للجمال [5]، بينما يعتبره المرجع [30] ليس مستساغاً لرعي الحيوانات، أما المرجع [9] فيجده في بعض الأحيان مستساغ حسب الموسم.

• الإستعمال الصناعي:

حسب دراسة أجريت على البوقريية أن الزيت الأساسي المستخلص من الأجزاء الهوائية من هذا النبات يتميز برائحة قوية تشبه رائحة المسك، لذلك يمكن أن يستخدم في مجال صناعة العطور [29].



الصورة (21): نبات القرينة (S. imbricata) (Oct-2019)

3.2 مجموعة النباتات الجافة

1.3.2 القرينة *Salsola imbricata*

أ. التصنيف العلمي [7]

المملكة: النبات	<i>Plantae</i>
الشعبية: مستورات البذور	Angiospermes
الفئة: ثنائيات الفلقة	Dicotylédones
العائلة: الرمرامية	Chenopodiaceae
الجنس: الروثا	<i>Salsola</i>
الإسم العلمي:	<i>Salsola imbricata</i>
الإسم المحلي:	القرينة

ب. الوصف النباتي:

نبات معمر شجيري يتميز بتأقلمه مع الجفاف بفضل أوراقه المتداخلة وفروعه غير المفصالية، يصل طوله في ظروف الحماية حتى 90 سم ولكنها عادة تتراوح بين 10-35 سم أو أقل من ذلك بكثير في بعض المناطق، يعتبر من النباتات ذات القيمة الرعوية الممتازة وذلك على مدار السنة، يواجه هذا النبات الفناء أو الإنقراض في حال استمرار الضغط الرعوي عليه بالشكل الحالي، حيث أنه في بعض المناطق لا يستطيع تشكيل ثماره، كما أنه يحتطب بالإضافة إلى الرعي، و هو من النباتات المرشحة لعمليات البذر الصناعي نظرا لسهولة وسرعة نموه [17]، وبالرغم من فوائده العديدة فإن البعض يصنفه كأعشاب ضارة في أجزاء مختلفة من العالم إلى جانب أصناف أخرى مثل: *S. kali*، *S. S. tragus*، *vermiculata*.

ج. النمو والإزهار:

يبدأ نمو الأوراق في شهر مارس وتتشكل الأزهار في شهر جوان ويكتمل إثماره في شهر أكتوبر.

تتواجد بشمال افريقيا جنوب الباكستان و شبه الجزيرة العربية و جنوب غرب آسيا.

خ. الإستعمالات:

• الإستعمال الطبي:

يعتبر *S. imbricate* نبات طبي بامتياز حيث تستخدم فيه جميع أجزاءه من الجذور، السيقان، الأوراق والبذور، خلاصة هذه النبتة تستخدم كمضاد للبكتيريا، الفيروسات، الحساسية، و كمهدئ، حسب [13] تستعمل رماد الأجزاء الهوائية لـ *S. imbricate* ممزوجة مع السكر في علاج انتفاخ البطن والإمساك وعسر الهضم. و حسب [34] فإن مركبات الفينوليك لـ *S. imbricata* تعمل كعامل مضاد للإلتهابات، و يتميز بمحاربة الإلتهاب بسرعة، أيضا Polyphenols و Flavonoids الموجودان بالنبتة لها دور في حماية أمراض الكبد، وتنظيف الجسم من الجذور الحرة و زيادة حجم مضادات الأكسدة في الكبد، إن تأثير النبتة يعود للمحتوى العالي من Quersitrines و Rosmarinic acid يستعمل كمنضف و مطهر لإلتهاب الكلى ومدرات البول، محاربة السموم في الجسم، يساعد في شفاء مرضى السكري الصنف الأول و الثاني، يهدئ الجهاز العصبي الرئيسي و يمنع الإكتئاب طبيعيا، و في الإمارات تستعمل *Salsola* مع أصناف مختلفة من *suaeda* حيث تجفف و تسحق ناعمة و تستعمل في تنظيف الجيوب الأنفية.

• الاستعمال الصناعي:

إنتاج القلويات والتي تستخدم على نطاق واسع في مجال الصناعة.

• الإستعمال البيئي:

تعمل على إستقرار الكثبان الرملية، كما أثبتت أن لها القدرة على استعادة الأراضي الملوثة بالنفط المتدهورة في الخليج الفارسي والصحراء الكويتية [13].

2.3.2 الظمران *Traganum nadatum* Del

أ. التصنيف العلمي: [7]، [20]



المملكة: النبات *Plantea*

الشعبة: البذريات *Phanerogams*

الشعبية: مستورات البذور *Angiospermes*

الفئة: ثنائيات الفلقة *Dicotylédones*

العائلة: الرمرامية *Chenopodiaceae*

الجنس: الضمران *Traganum*

الاسم العلمي: *Traganum nadatum*

الاسم المحلي: الضمران

الصورة (22): نبات الظمران (*T. nadatum*) (Oct-2019)

حسب المرجع [4] بأن الظمران شجيرة معمرة قوية، يبلغ ارتفاعه 15-40 سم ولكن يمكن أن تصل إلى 1 متر، السيقان معظمها متخشبة مبيضة، أوراق بيضاء بيضاوية متناوبة، صغيرة عصارية، شبه أسطوانية، جالسة وليس لها عنق وتنتهي بنتوء حاد صغير جدا، أبعادها (1.5-3 × 4-8) [24]. يحتوي النبات على أشواك صفراء منحنية لأسفل وينتهي بشعر قطني يغطي الزهور والزهور الجديدة بعد اختفاء الأوراق [4].

### ج. النمو والإزهار:

يزهر المنتج خلال فصل الربيع، أزهار صغيرة تتجمع معًا في زهرين إلى ثلاث أزهار، لوحظ أن النبات يحافظ على شكله خلال فصل الصيف مع اصفرار الأوراق [24].

### ح. أماكن التواجد:

هو نبات صحراوي مستوطن ينمو في المناطق الرملية العرق [4] و الحمادة [5] ويغطي مساحة كبيرة من ولايات ورقلة، الوادي، غرداية وتبسة في شمال وسط الصحراء [35] و حسب المرجع [4] فهو يكثر في شمال المنطقة وتراجع أعداد هذا النبات كلما اتجهنا جنوبا، أيضا يتواجد بغرب الصحراء الجزائرية [9]، جنوب ليبيا [36]، و يضيف المرجع [37] بأن هذا النبات يمتد على المدى الجغرافي من شمال إفريقيا إلى آسيا غربا.

### خ. أستعمالاتها:

يعتبر نبات الظمران عالي الإستساغة لدى الإبل فهو يستهلك إما اخضر أو جاف [5]، وتفيد مراجع أخرى [37] بأن الأجزاء المستهلكة هي أوراق الشجر والأغصان الرقيقة، كما يستعمل خشبها للتدفئة [9]، و يعتبر البعض بأن ثمارها صالحة للأكل [20].

### • الإستعمال الطبي:

يعالج هذا النبات العديد من الأمراض [20] حيث يستعمل في الطب التقليدي في جنوب الجزائر لعلاج داء السكري، البواسير، علاج مختلف أشكال الروماتيزم، آلام الظهر وكذلك الإسهال والإرهاق، بالإضافة إلى ذلك يساعد في علاج التهاب الأذن [37] و يشكل خليط هذا النبات بالحناء مادة صابونية تستخدم لعلاج الجروح وتورم الجلد، فهو يستعمل كمغلي، كمسحوق، أو كدهان [5].

3.3.2 السويد *Suaeda mollis*

أ. التصنيف العلمي

المملكة: النبات *Plantae*

الشعبية: مستورات البذور Angiospermes

الفئة: ثنائيات الفلقة Dicotylédones

العائلة : الرمرامية Chenopodiaceae

الجنس: السويد *Suaeda*

الإسم العلمي: *Suaeda mollis*

الإسم المحلي: السويد



الصورة (23): نبات السويد (Oct-2019) *S. mollis*

ب. الوصف النباتي:

من المعروف أن نبات السويد يمثل أحد النباتات المميزة للمناطق المالحة، فلنبات السويد أليات تجعله يقاوم درجات الملوحة العالية ويمثل شجيرات صغيرة يصل طولها 80 سم [4] وقد يتعدى 1 م [5]، شديدة التفرع وتغطي مساحة واسعة من الأرض، السيقان الحديثة لهذا النبات خضراء مبيضة، أما الأوراق فهي صغيرة متطاولة رقيقة، وهي لحمية عصيرية و سطحها أملس أخضر اللون الأزهار صغيرة جدا، خضراء اللون وليس لها بتلات واضحة، تخرج الأزهار تحت الأوراق في قمم السيقان الحديثة [4]، يسود هذا النبات عند جفافه، ومن هنا سمي بالسويد [5].

ج. النمو والإزهار:

يزدهر السويد خلال فصل الربيع أين ينمو كثيرا ويتفرع، في أواخر هذا الفصل تظهر الأزهار الصغيرة [3].

ح. أماكن التواجد و الانتشار الجغرافي:

يسكن التربة المالحة والرطبة، يتواجد كنباتات منعزلة أو في مجموعات على حواف الشطوط أو في الواحات، منتشر في المرتفعات، نادر في شمال الصحراء [5]، يتواجد بغرب أفريقيا الشمالية دول المغرب العربي الى السنغال، شبه الجزيرة العربية، جنوب الهند، شمال غرب الولايات المتحدة.

خ. أستعمالاتها:

• الإستعمال الرعوي:

نبات السويد رعوي تستهلكه الابل وهو متوسط الاستساغة، الأجزاء المستهلكة هي الأوراق و السيقان طرية [9]، بينما يعتبره المرجع [5] عالي الاستساغة، وحسب نفس المرجع يستخدم نبات السويد لإعطاء الصوف صبغة سوداء.

• الإستعمال الطبي:

يحتوي السويد على الفينولات كمضادات للأكسدة الذي يستعمل في المجال الطبي [6].

بعض مناطق في الصين استطاعت أن تستثمر وفرة هذه النباتات و حتى السعي للحصول على محاصيل أكبر لإنتاج أجود أنواع الزيوت الموجهة للإستهلاك البشري والتي أثبتت دراسات إحتوائها على 93% من الأحماض الدهنية غير المشبعة منها حمض لينوليك بنسبة أكبر من 68% و حمض الأوليك بنسبة أكبر من 20% كونهما الأكثر وفرة، محتواها العالي من زيت البذور ونسبة كبيرة من الأحماض الدهنية المتعددة غير المشبعة تجعل من هذا النبات الملحي مصدرًا واعدًا لزيت الطعام عالي الجودة، وذلك في ضل الشح الذي يشهده العالم من المياه العذبة والأراضي الصالحة للزراعة الذي أدى إلى توجه جديد وهو إستغلال وتطوير محاصيل الأراضي الملحية لإستهلاك [38].

## خاتمة:

وجدنا خلال هذه الدراسة أن معظم النباتات تتموقع في الثلث الأول للشط، أما في الثلثين الباقيين فوجدنا سوى نباتي القصب و الطرفة، و يرجع ذلك لعدة إحتتمالات منها:

- قد تكون بداية الشط هو المنطقة الأصلية لهذه النباتات.
- أن هذه النباتات تعتبر ذوات البذور الثقيلة على عكس نبات القصب الذي يصنف كنبات ذو البذور الخفيفة والتي تنتقل بكل سهولة من مكان لأخر بفعل الرياح.
- أن المياه مع انتقالها تفقد الكثير من العناصر الغذائية للنبات (أهمها الأزوت N و الفوسفور P).

كذلك معظم هذه النباتات كما رأينا تستعمل كنباتات طبية، في هذه الحالة مع نباتات شط حلوفة علينا الحذر عند أستعمالها لأنها قد تكون محملة بالمعادن الثقيلة، في حالة المعادن الثقيلة فإن النبات يقوم بحصرها بداخله بعد أمتصاصها من الوسط المحيط به، لكن عند موت النبات فإن هذه المعادن تعود للمحيط الذي امتصت منه، ولتجنب هذا لابد من عملية حصاد دورية لتفادي عودتها للمحيط.

- [1] Rapport de mission, Impact des eaux de rejet du chott Halloufa sur l' environnement et la dynamique des groupes des dromadaires, Janvier 2012, ONA
- [2] Z. Ammar, “ÉPURATION DES EAUX USÉES URBAINES PAR LAGUNAGE AÉRÉ EN ZONE ARIDE – CAS DE LA RÉGION D’EL-OUED. PARAMÈTRS INFLUENTS ET CHOIX DES CONDITIONS OPTIMALES,” Kasdi Merbah-Ouargla, 2018.
- [3] “م. ج. الخفاجي, “آلية تحمل النبات لشد الملح and م. م. الساهوكي” vol. 4.
- [4] “ي. حليس, “الموسوعة النباتية لمنطقة سوف.” الوادي
- [5] A. Chehma, “Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien,” *Dar El Houda*, p. 140, 2006.
- [6] A. Kapler, “Habitats of halophytes.,” *Halophytes Clim. Chang. Adapt. Mech. potential uses*, pp. 19–37, 2019, doi: 10.1079/9781786394330.0019.
- [7] L. Boulos and M. Al-Dosari, “Checklist of the flora of Kuwait,” *J. Univ. Kuwait*, vol. 21, no. July, pp. 203–218, 1994.
- [8] “س. اللوزي, “دراسة حول النباتات الرعوية الواعدة في الوطن العربي
- [9] M. Bouallala, “Variation de la composition chimique de principales plantes broutées par le dromadaire du Sud-Ouest Algérien Chemical composition variability of main grazed plants by the dromedary in the Southwestern of Algeria Summary,” no. May, 2011.
- [10] L. R. Milbrath and C. J. DeLoach, “Acceptability and suitability of athel, *Tamarix aphylla*, to the leaf beetle *Diorhabda elongata* (Coleoptera: Chrysomelidae), a biological control agent of saltcedar (*Tamarix* spp.),” *Environ. Entomol.*, vol. 35, no. 5, pp. 1379–1389, 2006, doi: 10.1603/0046-225X(2006)35[1379:AASOAT]2.0.CO;2.
- [11] A. Tesemma Bekele, “USEFUL TREES AND SHRUBS FOR ETHIOPIA Identification, Propagation and Management for Agricultural and Pastoral Communities,” 1993.
- [12] K. Toderich, “Genus *Salsola* of the Central Asian Flora; Its structure and adaptive evolutionary trends,” 2020.
- [13] Z. Hanif, H. Ali, G. Rasool, A. Tanveer, and B. S. Chauhan, “Genus *Salsola*: Its benefits, uses, environmental perspectives and future aspects - A review,” *Journal of Rangeland Science*. 2018
- [14] “من العائلة الرمرامية في صلاح الدين - Beta vulgaris var . saccharifera م. العبيد, “دراسة تصنيفية لضرب Chenopodiaceae,” vol. 1, pp. 80–89, 2015.
- [15] E. Yildiztugay, C. Ozfidan-Konakci, and M. Kucukoduk, “The role of antioxidant responses on the

- tolerance range of extreme halophyte *Salsola crassa* grown under toxic salt concentrations,” *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 2014, doi: 10.1016/j.ecoenv.2014.08.013.
- [16] F. S. Al-Saleh, H. H. Ali, and M. Mirza, “Chemical constituents of some medicinal plants growing in Bahrain,” *Fitoterapia*, 1993.
- [17] C. Linnæus, “Species Plantarum,” *Genera Relatas*, vol. 1, p. 572, 1753, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [18] G. Carvalho and H. Gillet, “Catalogue raisonné et commenté des plantes de l’Ennedi (Ire partie),” *J. Agric. Trop. Bot. Appl.*, vol. 7, no. 1, pp. 49–96, 1960, doi: 10.3406/jatba.1960.2594.
- [19] K. N. Toderich, E. V. Shuyskaya, F. Taha, S. Ismail, L. G. Gismatullina, and E. V. Li, “Adaptive fruit structural mechanisms of Asiatic *Salsola* species and its germplasm conservation and utilization,” *J. of. Arid L. Stud.*, vol. 22, no. 1, pp. 73–76, 2012.
- [20] W. Lakhdari, A. Dehliz, F. Acheuk, R. Mlik, and H. Hammi, “Ethnobotanical study of some plants used in traditional medicine in the region of Oued Righ ( Algerian Sahara ),” vol. 4, no. 2, pp. 204–211, 2016.
- [21] A. BENKHALED, “Activités anti-inflammatoire, anti-oxydante et antimicrobienne de l’extrait aqueux de *Limoniastrum guyonianum*.” 2019.
- [22] L. El Rhaffari and A. Zaid, “Pratique de la phytothérapie dans le sud-est du Maroc (Tafilalet). Un savoir empirique pour une pharmacopée rénovée,” *Des sources du savoir aux médicaments du Futur*, pp. 293–318, 2016, doi: 10.4000/books.irdeditions.7244.
- [23] H. A. Mohammed, S. K. Alshalmani, and A. G. Abdellatif, “Antioxidant and Quantitative Estimation of Phenolic and Flavonoids of Three Halophytic Plants Growing in Libya,” ~ 89 ~ *J. Pharmacogn. Phytochem.*, vol. 2, no. 3, pp. 89–94, 2013.
- [24] A. KALLA, “Etude et valorisation des principes actifs de quelques plantes du sud algérien : *Pituranthos scoparius*, *Rantherium adpressum* et *Traganum nudatum*,” 2012.
- [25] M. Chaieb and M. Boukhris, *Flore succinte et illustrée des zones arides et sahariennes de Tunisie*. l’Or du Temps, 1998.
- [26] Chafi Mohammed El Habib, Selkh Chouaib, and Bensoltane Ahmed, “An Ecological Survey of *Limoniastrum guyonianum*: A Halophyte Native Tree in Arid Zones of Algeria,” *J. Life Sci.*, vol. 11, no. 7, 2017, doi: 10.17265/1934-7391/2017.07.004.
- [27] A. Ouarghidi, G. J. Martin, B. Powell, G. Esser, and A. Abbad, “Botanical identification of medicinal roots collected and traded in Morocco and comparison to the existing literature,” *J.*

*Ethnobiol. Ethnomed.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–13, 2013.

- [28] S. Hadjadj *et al.*, “Ethnobotanical study and phytochemical screening of six medicinal plants used in traditional medicine in the Northeastern Sahara of Algeria (area of Ouargla),” *J. Med. plants Res.*, vol. 9, no. 41, pp. 1049–1059, 2015.
- [29] N. Tigrine-Kordjani, B. Y. Meklati, and F. Chemat, “Analysis by gas chromatography–mass spectrometry of the essential oil of *Zygophyllum album* L., an aromatic and medicinal plant growing in Algeria,” *Int. J. Aromather.*, vol. 16, no. 3–4, pp. 187–191, 2006.
- [30] M. A. Shahba, “On the Ecophysiology and Seed Germination of *Zygophyllum album* Native to the Western Mediterranean Coastal Habitats in Egypt,” vol. 4, no. 8, pp. 3643–3657, 2010.
- [31] Ibrahim A. Mashaly, “Ecological studies on *Zygophyllum aegyptium* in the Deltaic Mediterranean coast of Egypt.” .
- [32] M. Ould El Hadj, M. Didi Hadj-Mahammed, and H. Zabeirou, “Place of the spontaneous plants samples in the traditional pharmacopoeia of the area of Ouargla (Septentrional east Sahara),” *Courr. du Savoir*, vol. 3, pp. 47–51, 2003.
- [33] K. Mnafigui *et al.*, “Inhibitory activities of *Zygophyllum album*: A natural weight-lowering plant on key enzymes in high-fat diet-fed rats,” *Evidence-Based Complement. Altern. Med.*, vol. 2012, 2012.
- [34] D. M. Rasheed, S. M. El Zalabani, M. A. Koheil, H. M. El-Hefnawy, and M. A. Farag, “Metabolite profiling driven analysis of *Salsola* species and their anti-acetylcholinesterase potential,” *Nat. Prod. Res.*, vol. 27, no. 24, pp. 2320–2327, 2013.
- [35] L. Boumlik, “Le fonctionnement du système prépositionnel du français du Maroc,” in *Alternances codiques et français parlé en Afrique (Aix en Provence, septembre 1995)*, 1998, pp. 75–80.
- [36] M. Ackacha, E. E. Saad, H. A. Maauof, and S. Reda, “Adsorptive Removal of Hg ( II ) Cations from Aqueous Solution by *Traganum Nudatum* Roots,” vol. 5, no. 1, pp. 95–97, 2013, doi: 10.7763/IJET.2013.V5.519.
- [37] M. E. Kherraze, M. Belhamra, and M. Grigore, “iologica zegediensis Aspects of ecological anatomy of *Traganum nudatum* Del . ( Amaranthaceae ) from the Northeast of the Algerian Sahara,” no. August, pp. 24–36, 2018, doi: 10.14232/abs.2018.1.25-36.
- [38] J. Song and B. Wang, “Using euhalophytes to understand salt tolerance and to develop saline agriculture: *Suaeda salsa* As a promising model,” *Ann. Bot.*, vol. 115, no. 3, pp. 541–553, 2015, doi: 10.1093/aob/mcu194.

## الفصل الثاني

1. مقدمة:

في هذا الفصل نقوم بتعريف الطرق و الأدوات التي استخدمناها خلال فترة المعالجة، من إعطاء لمحة عن موقع الدراسة إلى البروتوكول التجريبي المستخدم، ثم الخصائص الفيزيوكيميائية لمواد التربة المستعملة للأحواض، إضافة الى التحاليل الفيزيوكيميائية و البكتريولوجية المنجزة على العينات، تمت الدراسة على مدار 9 أشهر، بداية من شهر جويلية 2019 إلى شهر مارس 2020 ب:

- مخبر الديوان الوطني للتطهير الوادي (ONA) كوينين STEP1.
- مخبر الجزائرية للمياه (L'ADE) وحدة الوادي.
- مخبر فاتيلاب (FATILABE)
- مخبر الأشغال العمومية الوادي.
- المساعدة المقدمة من طرف أعوان مديرية الغابات (فرع الدبيلة - الوادي) في جمع العينات النباتية و تصنيفها.

2. تقديم موقع الدراسة:

تقع ولاية الوادي في شمال شرق الصحراء الجزائرية، تبعد عن عاصمة البلاد ب 630 كم وتبلغ مساحة ولاية الوادي حوالي 44.585 كم<sup>2</sup>، يحدها من الشمال ولايات تبسة وخنشلة وبسكرة ومن الجنوب ولاية ورقلة و من الغرب ولايات ورقلة و بسكرة أما من الشرق فتحدها الجمهورية التونسية الصورة (24)، يتميز سكان المنطقة بتحملهم لقسوة المناخ والتأقلم مع مقومات العيش و أستغلال الأماكن والثروات المناسبة وتحدي الصعاب وخلق من لا شيء أشياء جعلت المنطقة في الصدارة في العديد من المجالات من أهمها الزراعة فنرى تلك الطرق الفريدة في إنشاء الواحات أو مايسمى محليا الغوط المصنف عالميا في قائمة التراث الزراعي، وذلك لإنتاج التمور وخاصة من نوع دقلة نور والرطب، كما يعتبر الزيتون والبطاطا إضافة إلى الفول السوداني و الثوم والعديد من المنتجات الزراعية الأخرى تجربة ناجحة في تنويع المحاصيل الفلاحية العالية الجودة بالمنطقة.



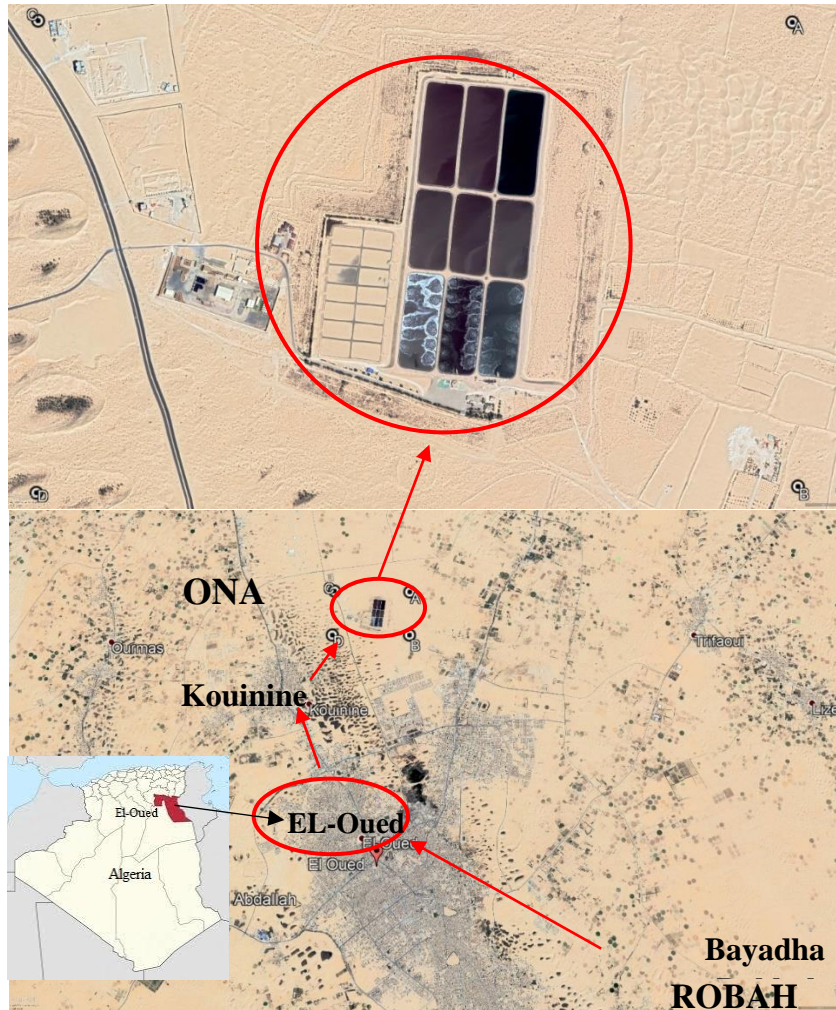
الصورة (24): الموقع الجغرافي لولاية الوادي.

## 1.2 محطة التصفية بالوادي ONA (الديوان الوطني للتطهير STEP1):

في هذه الدراسة اخترنا مخرج محطة المعالجة STEP1 شمال مدينة الوادي ببلدية كوينين، حيث انطلقت المحطة فعليا جوان 2009، تمثل مصادر المياه المستعملة الواردة للمحطة هي كل من بلدية كوينين الوادي، الرياح والبياضة الصورة (25)، وهي بلديات تابعة كلها لولاية الوادي تبلغ مساحة هذه المحطة 100 هكتار، واختيرت هذه البلدية لإحتضان هذا المشروع لأنها أكثر انخفاض من باقي البلديات الأخرى ولا يتطلب وصول الماء إليها إلى استهلاك كمية كبيرة من الطاقة، الشكل الهندسي للموقع يشبه المستطيل وموجهاً نحو الشمال والجنوب ، وأبعاده هي: العرض: 500 الى 800 م الطول: من 500 إلى 1400 م.-

وخط عرض 33.35288 شمالا

تقع على خط طول 6.869395 شرقا



الصورة (25): الموقع الجغرافي لمحطة معالجة مياه الصرف (Google Earth).

1.3 العتاد التجريبي المستعمل:

يتكون العتاد التجريبي من تسعة أحواض اسطوانية الشكل ذات سعة 18 لتر، قمنا بتقسيم الأحواض إلى ثلاث مجموعات و ذلك حسب طبيعة النباتات المغروسة التي قسمت بدورها إلى ثلاث مجموعات.

- أحواض المجموعة (2+1): مملوءة من الأسفل إلى الأعلى على سمك 7 سم من الحصى الخشن (25/15) مم، وسمك 7 سم حصى رفيع (12.5/4) مم و سمك 15 سم من ( 90% ) من الرمل الناعم + (10% من الطين).
- أحواض المجموعة 3: نفس المواد و سمك التعبئة لكن الإختلاف في الطبقة العلوية حيث تتكون من ( من 100% الرمل الناعم) بسمك 15 سم مخطط (9).

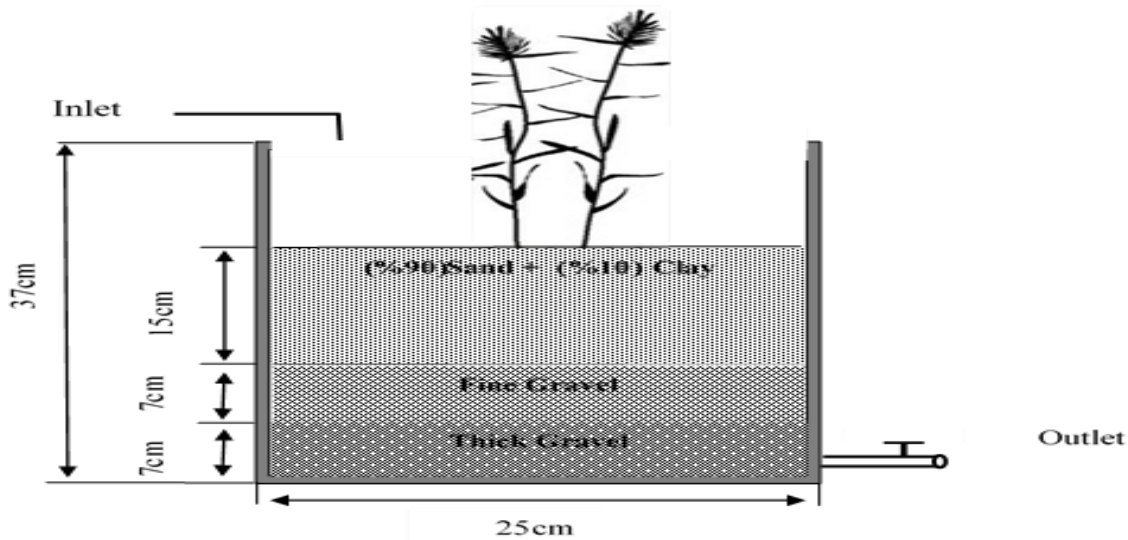
ثمانية أحواض مزروعة بسيقان حديثة العمر لثلاث مجموعات من النبات :

- مجموعة الأولى: *Salsola Baryosma, Phragmites comminus, Tamarix Boveana*

- مجموعة الثانية: *Zygophyllum Album, Limoniastrum Guyonianum*

- مجموعة الثالثة: *Suaeda Mollis, Salsola Imbricata, Traganum nadatum*

بكتافة تقدر بـ (35 ساق/ م<sup>2</sup>) أي بمعدل (2 ساق/ 0.06 م<sup>2</sup>) وذلك بأخذ كل صنف نبات بحجم جذمور تعادل تقريبا 8 دم<sup>3</sup> مع كمية من التربة التي تحيط بها ونقلها في أكياس بلاستيكية عليها اسم ومكان كل نبتة مباشرة إلى مقر محطة المعالجة (ONA STEP1 -) اين نشأنا أحواض المعالجة النباتية الصورة (26)، إضافة لحوض غير مزروع كشاهد [1]- [4].



مخطط (9): مكونات التركيب التجريبي لعملية المعالجة بالنظام التدفق العمودي تحت السطحي.



الصورة (26): العتاد التجريبي المستعمل لمعالجة المياه.

طريقة تغذية الأحواض بمياه الصرف بعد المعالجة الأولية.

- 4 لتر للمجموعة الأولى
- 3-2 لتر للمجموعة الثانية
- 1 لتر للمجموعة الثالثة

عن طريق نظام التدفق العمودي تحت السطحي بصفة دورية مرة كل أسبوع، والماء المحصل عليه بعد مكوثه مدة خمسة أيام يتم جمعه عبر إناء عن طريق الصنبور أسفل الحوض.

### 2.3 الخصائص الفيزيوكيميائية لمواد التعبئة المستعملة للأحواض:

تتميز بالأس الهيدروجيني  $pH = 7.04$  وسط متعادل و الناقلية الكهربائية (EC) = 586.25 ميلي سيمنس/سم

- الخصائص الفيزيائية للحصى الرفيع

الترج الحبيبي ضيق (محصور)  $(Cu) = 1.61$  والحبيبات موزعة جيدا  $(Cc) = 1.01$  ، والمسامية 45% ، الكثافة 1.44

- الخصائص الفيزيائية للحصى الخشن

الترج الحبيبي ضيق (محصور)  $(Cu) = 1.63$  والحبيبات موزعة جيدا  $(Cc) = 1.15$  ، والمسامية 38% ، الكثافة 1.63

• الخصائص الفيزيائية للرمل

الترج الحبيبي موسع (Cu) = 2.5 والحبيبات موزعة جيدا (Cc) = 1.15 تتراوح الكثافة 1.42، و مسامية مواد التعبئة بـ 46%.

3.3 أخذ العينات (النبات و المياه):

قمنا بجلب عينات النباتات من المنطقة الرطبة (شط حلوفة) بالإستعانة بمساعدين من محافظة الغابات (فرع الدبيلة). وبهدف إجراء التحاليل تم أخذ العينات يدويا في عبوات من polyethylene النظيفة للتحاليل الفيزيوكيميائية، وعبوات زجاجية معقمة للتحاليل البكتريولوجية وذلك لمدخل ومخرج كل حوض، معنونة بالأسم والتاريخ، بعدها يتم نقلها إلى المخبر في مبرد عند درجة حرارة تتراوح بين 4 درجات مئوية و 6 درجات مئوية في غضون 24 ساعة لضمان تخزين و نتائج مرضية، وفقاً للدليل العام لتخزين ومناولة عينات (AFNOR NF EN 25667/ISO 5667/3).

تم القيام بتحاليل العينات لمدخل و مخرج الأحواض بـ:

- مخبر الديوان الوطني للتطهير الوادي (ONA) (كوينين STEP1): تحاليل الفيزيوكيميائية (pH، T°، EC، Salinity، DO، Turbidity، SS، BOD5، COD).
- مخبر فاتيلاب (FATILAB): (COD)
- مخبر الجزائرية للمياه (L'ADE) وحدة الوادي: تحاليل الفيزيوكيميائية والبكتريولوجية (pH، NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N، NO<sub>2</sub><sup>-</sup>، fecal streptococcus، Total coliforms، Fecal coliforms، PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P، NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N، -N).
- مخبر الأشغال العمومية الوادي: لتحديد الخصائص الفيزيوكيميائية لمواد التعبئة المستعملة.

التحاليل الأسبوعية:

1. الأس الهيدروجيني pH
2. الأكسجين المنحل DO
3. درجة الحرارة T°
4. الناقلية الكهربائية EC
5. الملوحة Salinity
6. العكارة Turbidity
7. الأمونيوم NH<sub>4</sub><sup>+</sup>
8. النتريت NO<sub>2</sub><sup>-</sup>
9. النترات NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
10. الأرتوفوسفات PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>

11. المادة العالقة SS

التحاليل الشهرية:

1. الطلب الكيميائي للأكسجين COD
2. الطلب البيوكيميائي للأكسجين BOD<sub>5</sub>

التحاليل الموسمية:

3. بكتيريا القولون Total coliforms
4. بكتيريا القولون البرازية Fecal coliforms
5. بكتيريا السباحية البرازية fecal streptococcus

تحليل النتائج:

- النتائج المقدمة لكل وسيط تمثل القيم المتوسطة المقاسة و التي تم الحصول عليها من حوضين مستقلين (مزرع وشاهد).
- الفرق بين أداء الحوض المزرع والشاهد اختبر على مستوى الدلالة (0.05) ببرنامج Origin9.
  - تحليل التباين هو اختبار المقارنة للقيم المتوسطة و الذي يسمح بتحديد الفرق بين الحوضين المزرع و الشاهد بواسطة one-way ANOVA حسب إختبار Tukey .

حساب مردودية المعالجة :

تم تحديد نسبة معالجة الأحواض بالمعادلة التالية:

$$R\% = ((x_i - x_f)/x_i) \times 100$$

R% : مردود المعالجة

$x_i$  : تركيز الوسيط المتواجد في الماء المستعمل الداخل للحوض (مغ/ل)

$x_f$  : تركيز الوسيط المتواجد في الماء المستعمل الخارج من الحوض (مغ/ل).

4. قياس الوسائط الفيزيوكيميائية و البكتريولوجية:

1.4. الوسائط الفيزيوكيميائية:

1.1.4. الأس الهيدروجيني pH:

تم قياس الأس الهيدروجيني باستخدام جهاز (pH 510 EUTEH)، مزود بقطب كهربائي معايير مسبقا بمحلول موقى أول ذو pH = 7 ثم محلول موقى ثاني pH = 4، الطريقة تتضمن بغمر القطب في بيشرحتوي على العينة المراد قياسها، ننتظر حتى يستقر الجهاز ثم نقرأ النتيجة مباشرة على الجهاز.

2.1.4. الأكسجين المنحل  $O_{diss}$  :

تم قياس الأكسجين المنحل بواسطة جهاز (HQ30d)، بعد فتح الجهاز وغسل القطب بالماء المقطر نقوم بغمره في بيشر به العينة المراد قياسها وننتظر إلى أن يستقر الجهاز لناخذ بعدها القيمة مباشرة.

3.1.4. درجة الحرارة ( $T^{\circ}$ ):

لقياس درجة الحرارة استعملنا جهاز (HQ30d) كما يمكن استعمال جهاز متعدد القياسات أو جهاز قياس الناقلية و الملوحة في قياس درجة الحرارة في الوسط المائي.

4.1.4. الناقلية الكهربائية EC (ميلي سيمنس/ سم):

تم قياس الناقلية الكهربائية بواسطة جهاز قياس الناقلية من نوع (Terminal 740) وذلك بضبط الجهاز على قياس الناقلية و تعديله على الناقلية بوحدة ميلي سيمنس/ سم (ms/cm) ثم نقوم بغمر القطب في العينة بعد غسله بالماء المقطر لناخذ القيمة مباشرة بعد إستقرارها.

5.1.4. الملوحة Salinity (مغ/ل):

تم قياس الملوحة بنفس الجهاز السابق (Terminal 740)، هذه المرة نضبطه على قياس الملوحة و نأخذ القيمة عند استقرارها مباشرة.

6.1.4. العكارة Turbidity (NTU):

تم قياس العكارة بواسطة جهاز قياس العكارة من نوع (Turb 550)، نقوم بتشغيل الجهاز ثم غسل الأنبوبة الزجاجية الخاصة بالجهاز بالماء المقطرومن ثما نسكب بها العينة المراد قياسها، بعد غلق الزجاجية وتجفيفها من الخارج بمنديل ورقي نضعها داخل الجهاز لنقرأ القيمة مباشرة بعد استقرارها.

7.1.4. الأمونيوم ( $NH_4+N$ ): حسب ( Norme ISO 5667 - ISO 7150/1 )

**المبدأ:** القياس (الطيفي) للمركب الأزرق المكون من تفاعل الأمونيوم مع أيونات السيليكات و الهيبوكلوريت في وجود Sodium nitroprusside. يتم إنشاء أيونات الهيبوكلوريت في الموقع عن طريق التحلل المائي القلوي لملح الصوديوم من Sodium dichloroisocyanurate.

**المتفاعلات:**

- المتفاعل الأول: الكاشف الملون
- 130 غ سيليكات الصوديوم
  - 130 غ Trisodium citrate
  - 0,97 غ Sodium nitroprusside

- إكمال لغاية 1000 مل ماء مقطر.

المتفاعل الثاني:

محلول Sodium dichloroisocyanurate :

- 32 غ هيروكسيد الصوديوم
- 2 غ Dichloroisocyanurate
- إكمال لغاية 1000 مل ماء مقطر.

الأجهزة المستعملة:

- Spectrophotometer UV/VIS (ODYSSEY)

جدول منحنى التعديل:

محلول بنت 1مغ/ل	0	1	2	3	4	5	25	50
ماء مقطر (مل)	50	49	48	47	46	45	25	0
متفاعل 1 (مل)	4	4	4	4	4	4	4	4
متفاعل 2 (مل)	4	4	4	4	4	4	4	4
د 60								
(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) مغ/ل	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1	0.5	1

طريقة العمل:

نأخذ 40 مل من العينة للتحليل نضيف لها:

4 مل من المتفاعل الأول (كاشف ملون)

4 مل من المتفاعل الثاني (Dichloroisocyanurate Sodium)

نتركه لمدة 60 د على الأقل في انتظار ظهور اللون.

نضع محتوى الناتج في جهاز Spectrophotometer UV على طول موجة 655 نانومتر كما فعلنا في نطاق التعديل.

قراءة النتيجة:

النتيجة تظهر مباشرة على شاشة الجهاز بوحدة مغ/ل من الأمونيوم.

8.1.4. النترت (NO<sub>2</sub>-N): حسب ( Norme ISO 5667 -ISO 6777 NA 1657).

المبدأ: تفاعل أيونات النترت الموجودة في عينة اختبار مع كاشف أمينو- 4 بنزن سولفوناميد في وجود مساعدة الأورتوفوسفوريك لتشكيل ملح الديازو diazoïque و الذي يشكل مركب من اللون الوردي مع ديكلور هيدرات من N- (ناقتيل-1) ثنائي أمينو-2،1 إيثنان (يضاف مع كاشف أمينو-4 بنزن سولفوناميد) قياس الامتصاص عند 540 نانومتر.

المتفاعلات:

متفاعل المختلط:

- 40 غ أمينو-4 بنزن سولفوناميد
- 100 مل حمض الأورتوفوسفوريك
- 2 غ ديكلور-هيدرات N-(ناقتيل-1) ثنائي أمينو-2،1 إيثنان
- اكمال الى 1000 مل ماء مقطر.

الأجهزة المستعملة:

- Spectrophotometer UV (ODYSSEY).

جدول منحنى التعديل:

محلول بنت 1مغ/ل	0	1	2	5	20	40
ماء مقطر مل	50	49	48	45	30	10
متفاعل المختلط	1	1	1	1	1	1
20 د						
(NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) مغ/ل	0	0.02	0.04	0.1	0.4	0.8

طريقة العمل:

- نأخذ 50 مل من العينة نضيف لها:
- 1 مل من متفاعل المختلط
- نتركه 20 د ليظهر اللون الوردي
- نضع محتوى الناتج في جهاز Spectrophotometer UV على طول موجة 540 نانومتر كما فعلنا في نطاق التعديل.

النتيجة تظهر مباشرة على شاشة الجهاز بوحدة مغ/ل من النتريت.

#### 9.1.4. النترات ( $\text{NO}_3^-$ -N):

الطريقة الأولى: حسب (Norme Afnor T90-012- J.Rodier) [5].

المبدأ: في وجود سيليكات الصوديوم، تعطي النترات برانترو- سيليكات الصوديوم، ملونة باللون الأصفر وقادرة على تحديد اللونية (colorimetric dosage).

#### المتفاعلات:

المتفاعل الأول: محلول سيليسيلات الصوديوم 0.5%

• 0.5 غ سيليسيلات الصوديوم

• 100 مل ماء مقطر

المتفاعل الثاني: محلول هيدروكسيد الصوديوم 30%

• 30 غ هيدروكسيد الصوديوم

• 100 مل ماء مقطر

المتفاعل الثالث: محلول تترات ثنائي الصوديوم و البوتاسيوم

• 400 غ هيدروكسيد الصوديوم

• 60 غ تترات ثنائي الصوديوم و البوتاسيوم

• اكمال لغاية 1000 مل ماء مقطر.

المتفاعل الرابع: محلول مركز من حمض السولفيريك.

#### الأجهزة المستعملة:

• جهاز تبخير.

• Spectrophotometer UV (ODYSSEY).

جدول منحني التعديل:

محلول بنت من نترات 10مغ/ل (مل)	0	1	2	4	6	8	10
ماء مقطر (مل)	10	9	8	6	4	2	0
متفاعل الأول (مل)	1	1	1	1	1	1	1
متفاعل الثاني 30 %	3قطرات	3قطرات	3قطرات	3قطرات	3قطرات	3قطرات	3قطرات
80 م° لمدة 2-3 سا							
المتفاعل الرابع (مل)	2	2	2	2	2	2	2
10 د							
المتفاعل الثالث (مل)	15	15	15	15	15	15	15

طريقة العمل:

- نأخذ 10 مل من العينة للتحليل نضيف لها:
- ثلاث قطرات من محلول هيدروكسيد الصوديوم 30% .
- 1 مل من محلول سيليسيلات الصوديوم.
- تبخير على الجاف على درجة حرارة من 77-88 م°.
- نأخذ الراسب و نضيف له 2 مل من مركز حمض السولفيريك.
- نضيف له 15 مل من الماء المقطر.
- كذلك 15 مل من محلول تترترات ثنائي الصوديوم و البوتاسيوم.
- نتركه مدة 10 د.
- ندخل العينة للجهاز لناخذ النتيجة مباشرة على طول موجة 415 نانومتر.

الطريقة الثانية: بواسطة Spectrophotometer من نوع (DR 3900 HACH).

الأجهزة المستعملة:

- جهاز Spectrophotometer من نوع (DR 3900 HACH)
- أنبوب ذو سعة 10 مل.

- كاشف تجاري أكياس (Nitri-Ver 3).
- ماء مقطر.

طريقة العمل:

- نأخذ أنبوب زجاجي خاص بالجهاز ونقوم بغسله بالماء المقطر.
- نضيف لـ 10 مل من الماء المقطر محتوى كيس من الكاشف ونرجه جيدا بعد غلقه وذلك لضبط الجهاز على الصفر.
- نضيف 10 مل من العينة في الأنبوب و نرجه بعد إضافة الكاشف إلى أن يزوب تماما.
- نأخذ مباشرة القراءة التي يسجلها الجهاز بوحدة (مغ/ل).

10.1.4. الأرتوفوسفات ( $PO_4^{3-}-P$ ): حسب (NA 2364/1994 - ISO 6878/1- Norme ISO 5667).

المبدأ: تفاعل شوارد الأرتوفوسفات مع محلول حمض يحتوي على شوارد موليبيدات و الأنتيمون Antimony لتشكيل مركب الأنتيمون-فوسفوموليبيدات Antimonyl-phosphomolybdate.

المتفاعلات:

محلول حمض الأسكوريك  $\rho = 1 \text{ غ/ل}$

نذيب 0.5 غ  $\pm$  10 غ من حمض الأسكوريك في 100 مل من الماء المقطر.

محلول حمض الموليبيدات:

- نذيب 13 غ من هيبتاموليبيدات الأمونيوم تيترا تهيديرات tetrahydrate في 100 مل  $\pm$  5 مل من الماء المقطر.
- نذيب 0.35 غ من تترات البوتاسيوم و هيديرات الأنتيمون antimoine hémihydrate في 100 مل  $\pm$  5 مل من الماء المقطر.
- نضيف حمض السولفيريك 9 مول/ل لمحلول الموليبيدات إلى غاية 300 مل.

الأجهزة المستعملة:

- Spectrophotometer UV/VIS (ODYSSEY).

جدول منحني التعديل:

محلول بنت 2 مغ/ل P مل	0	0.8	1.6	2	4	6	8
تكملة لـ 40 مل من الماء المقطر	40	39.2	38.4	38	36	34	32
تركيز بـ مغ/ل لـ P	0	0.04	0.08	0.1	0.2	0.3	0.4
تركيز بـ مغ/ل لـ PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0.1224	0.2448	0.306	0.612	0.918	1.224
العلاقة : $P \times 3.06 = PO_4^{3-}$							
Acide ascorbique (مل)	1	1	1	1	1	1	1
Réactif (Molybdate) (مل)	2	2	2	2	2	2	2
تكملة لـ 40 مل من الماء المقطر	7	7	7	7	7	7	7

طريقة العمل:

- نأخذ 40 مل من العينة نضيف لها:
- 1 مل من محلول حمض الأسكوربيك.
- 2 مل محلول حمض الموليبيدات.
- نكمل الحجم لـ 50 مل من الماء المقطر.
- نتركه لمدة 10 د.
- نأخذ القراءة بعد ادخال العينة للجهاز على طول موجة 880 نانومتر.

11.1.4. المادة العالقة MES:

حسب طريقة (Rodier) [5]

المبدأ: يتم ترشيح الماء ويتم تحديد وزن المواد المحتفظ بها بواسطة المرشح من خلال الفرق في الوزن.

الأجهزة المستعملة:

- جهاز ترشيح تحت الضغط.
- حاضنة 105°م.
- جهاز نزع الرطوبة Desiccator .
- ميزان إلكتروني.

الأدوات المستعملة:

- حوجلة عياريه.
- أوراق ترشيح (GF/C).

طريقة العمل:

- غسل ورقة الترشيح بالماء المقطر وتجفيفها (105°م) حتى نحصل على كتلة ثابتة، ثم توضع في جهاز نازع الرطوبة.
- نزن ورقة الترشيح ونأخذ قيمة  $M_0$ .
- نأخذ 100 مل من العينة و نسكبها في جهاز الترشيح على ورق الترشيح.
- بعد نهاية الترشيح نأخذ ورقة الترشيح و نضعها داخل الحاضنة على درجة حرارة 105°م على أن تجف.
- نتركها تبرد داخل جهاز نازع الرطوبة.
- نقوم بوزن الورقة للمرة الثانية  $M_1$ .
- حساب كمية المواد العالقة وفق العلاقة التالية:

$$C(MES) = \frac{M_1 - M_0}{V}$$

C(MES) : تركيز المواد العالقة (مل).

$M_0$  : وزن ورقة الترشيح قبل الاستعمال (مغ).

$M_1$  : وزن الورقة بعد الاستعمال (مغ).

V : حجم الماء المستعمل (مل).

12.1.4. الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO5:

تم تحديد كمية DBO5 باستعمال جهاز (OxiTop) DBO بطريقة manometric حسب AFNOR NF T90-103. المبدأ: يؤدي انخفاض الأكسجين المستهلك أثناء التحلل البيولوجي للعينة إلى انخفاض الضغط الذي تم قياسه باستخدام مقياس OxiTop.

الأجهزة و الأدوات المستعملة:

- معيار مدرج.
- قارورات الحضن عازلة لضوء ذات سعة 500 مل مزودة بغطاء داخلي و غطاء خارجي.
- حاضنة.
- جهاز رج مغناطيسي.

- هيدروكسيد البوتاسيوم.
- ملقط.

طريقة العمل:

- بواسطة مخبر مدرج نسقيس الحجم اللازم من العينة ونسكبه في القارورة نضيفه للتليل.
- بواسطة ملقط نضع قرصين من NaOH داخل الغطاء الداخلي للقارورة وذلك ليحجز ثاني أكسيد الكربون المنبعث أثناء التحلل البيولوجي.
- نضع قضيب مغناطيسي في كل قارورة.
- نضع القارورات في الحاضنة على جهاز الرج على درجة حرارة 20 م°.
- بعد مرور فترة التوازن نغلق القارورات باحكام مدة 5 أيام بسرعة رج ثابتة.

حساب النتيجة:

تحسب النتيجة وفق العلاقة التالية:

$$DBO_5 \left( \frac{\text{مغ } O_2}{\text{ل}} \right) = \text{المعامل} \times \text{القراءة قيمة}$$

قيمة القراءة: تأخذ مباشرة من الجهاز.

المعامل: يأخذ من الجدول ادناه حسب حجم العينة يوافقها معامل خاص بها.

المعامل	حجم العينة (مل)	مجال القياس
1	432	40-0
2	365	80-0
5	250	200-0
10	164	400-0
20	97	800-0
50	43.5	2000-0

2. التحاليل البكتريولوجية:

1.2. الكشف عن (Total and fecal coliforms, Fecal streptococcus)

حسب (NF EN ISO 7218, ISO 5667)

الأدوات المستعملة:

- موقد بنزن
- ماصة باستور
- قارورات معقمة

• حاضنة

المواد المستعملة:

- ماء جافيل
- بيئة BCPL (D/C -S/C) مع ناقوس درهام (Cloche)
- بيئة VBL مع ناقوس (Cloche)
- كاشف Kovacks للكشف عن بكتيريا القولون البرازية
- بيئة Shubert للكشف عن بكتيريا القولون البرازية
- بيئة Roth ( D/C – S/C) تستعمل في الكشف الاحتمالي للبكتيريا السباحية
- بيئة Eva litsKy تستعمل في الكشف التأكيدي للبكتيريا السباحية البرازية

معالجة العينات:

- تنظيف وتعقيم سطح العمل قبل وبعد سلسلة التحاليل
- تشغيل موقد بنزن على سطح العمل، يبقى الموقد قيد التشغيل خلال فترة .
- الرج جيدا القارورة قبل أخذ العينة.

تخفيف العينات:

نظرا لطبيعة العينات التي سنجري عليها التحاليل البكتريولوجية قمنا بتخفيف العينات، حيث وصلنا في بحثنا هذا إلى عدد تخفيف  $10^{-5}$  إعتبارا لعدد الأحياء الدقيقة الموجودة.

**1.1.2. اختبار الكشف وعد بكتيريا القولون الكلية ( Detection and enumeration of total fecal coliforms )**

( تنتمي هذه البكتيريا الفصليية إلى عائلة Entera bactericeae عسوية صغيرة سالبة لصبغة غرام (-) GRAM (-) غير متجرثمة، أكسيدار سالب (-) Oxydase هوائية اختيارية وجودها يدل على تلوث من أصل برازي، تتميز بسرعة تخمرها لسكر اللاكتوز و المانتول مع إنتاج غاز وحمض و تنتج كذلك الالدهيدات، و من أجل هذا نستعمل أوساط غذائية حاوية على سكر اللاكتوز لنميز هذه البكتيريا.

طريقة العمل:

يتم البحث وعد البكتيريا القولون الكلية و البرازية Total and fecal coliforms في الماء، بوسط سائل من خلال تقنية MPN ، تجرى عن طريق خطوتين تنفيذيتين: البحث عن وجود البكتيريا، وتأكيد وجود البكتيريا.

• **Total coliforms**

حيث نأخذ الأنابيب الموجبة من مرحلة الإختبار الوجودي من بيئة BCPL (الأنابيب ذات التركيز المضاعف أو البسيط) و نقوم بالزرع في أنابيب بيئة VBL كإختبار تأكيدي ومن ثما تدخل الحاضنة على درجة حرارة 37°م لمدة 24 سا.

• **Fecal coliforms**

تعد البكتريا القولون البرازية بأخذ الأنابيب الموجبة من الإختبار الوجودي ذوات التركيز المضاعف و البسيط و زرعتها في أنابيب بيئة Schubert كإختبار تأكيدي مع مراعاة إفراغ الهواء من الناقوس المرفق ومن ثما ندخلها الحاضنة على درجة حرارة 44°م لمدة 24 سا.

2.1.2 . إختبار الكشف وعد بكتريا السباحية البرازية

(Detection and enumeration of fecal streptococcus )

بكتيريا السباحية البرازية هي بكتيريا معوية *Gram* موجبة توجد بأعداد كبيرة في الأمعاء البشرية، لا تملك بكتيريا السباحية عموماً قوى ممرضة كبيرة، تموت بكتيريا السباحية البرازية بسرعة إلى حد ما في البرية ووجودها في التصريف أو في مياه الأمطار هو مؤشر على تلوث برازي حديث.

**طريقة العمل:**

يتم البحث وعد البكتريا السباحية البرازية fecal streptococcus في الماء، بوسط سائل من خلال تقنية MPN، تجرى عن طريق خطوتين تنفيذيتين: البحث عن وجود البكتيريا، وتأكيد وجود البكتيريا، نأخذ الأنابيب الموجبة ذوات التركيز المضاعف و البسيط من مرحلة الإختبار الوجودي مستخدمين بيئة Roth و لتأكيدنا نستخدم بيئة (Ethyl-Violet- (Eva Azide) Litsky و تحضن في درجة حرارة 37°م لمدة 24-48 سا، في الأخير نقوم بعد الأنابيب الموجبة وتشكيل عدد من 3 أرقام لثلاثة تراكيث ونطابقها على جدول *Mac-Grady* لمعرفة عدد البكتيريا.

## المراجع:

- [1] C. S. C. Calheiros, V. S. Bessa, R. B. R. Mesquita, H. Brix, A. O. S. S. Rangel, and P. M. L. Castro, “Constructed wetland with a polyculture of ornamental plants for wastewater treatment at a rural tourism facility,” *Ecol. Eng.*, vol. 79, pp. 1–7, 2015, doi: 10.1016/j.ecoleng.2015.03.001.
- [2] S. Tiglyene and L. M. A. E. Jaouad, “Revue des sciences de l’ eau Enlèvement du chrome par infiltration verticale sur lits de Phragmites australis ( Cav .) Steudel Removal of chromium from tannery wastewater by vertical infiltration reed beds Enlèvement du Chrome par infiltration verticale ,” 2019.
- [3] S. O. Ojoawo, G. Udayakumar, and P. Naik, “Phytoremediation of Phosphorus and Nitrogen with *Canna x generalis* Reeds in Domestic Wastewater through NMAMIT Constructed Wetland,” *Aquat. Procedia*, vol. 4, no. Icwrcoc, pp. 349–356, 2015, doi: 10.1016/j.aqpro.2015.02.047.
- [4] V. Bertrin, I. Bordeaux, and C. Coquery, MarinaBoutin, “Protocole détaillé du prélèvement de biomasse végétale en zone de rejet végétalisée Rôle du compartiment végétal au sein de,” 2015.
- [5] N. M. et Jean RODIER Bernard LEGUBE, *analyse\_de\_leau*, 9e édition. Paris, 2009.

## الفصل الثالث

في هذا الفصل قمنا بمتابعة الوسائط الفيزيوكيميائية و البكتريولوجية للمياه الصرف الصحي قبل و بعد المعالجة لكل حوض، وذلك لنتمكن من تقييم فعالية هذا النوع من المعالجة في الوسط الصحراوي و تأثير الظروف المناخية و الطبيعية، من أجل مقارنتها مع المعايير الجزائرية و الدولية في إطار تحقيق الهدف المنشود، و هو معالجة مياه الصرف بالنباتات الصحراوية.

**1. الخصائص الفيزيوكيميائية و البكتريولوجية للمياه المستعملة في تغذية الأحواض:**

الجدول (2) يمثل نتائج التحاليل المتحصل عليها للمياه الصرف الصحي الصادرة من محطة الوادي و المستعملة في تغذية الأحواض خلال مدة الدراسة 9 أشهر.

**الجدول (2): القيم المتوسطة للوسائط المقاسة لمياه الصرف الصحي قبل المعالجة.**

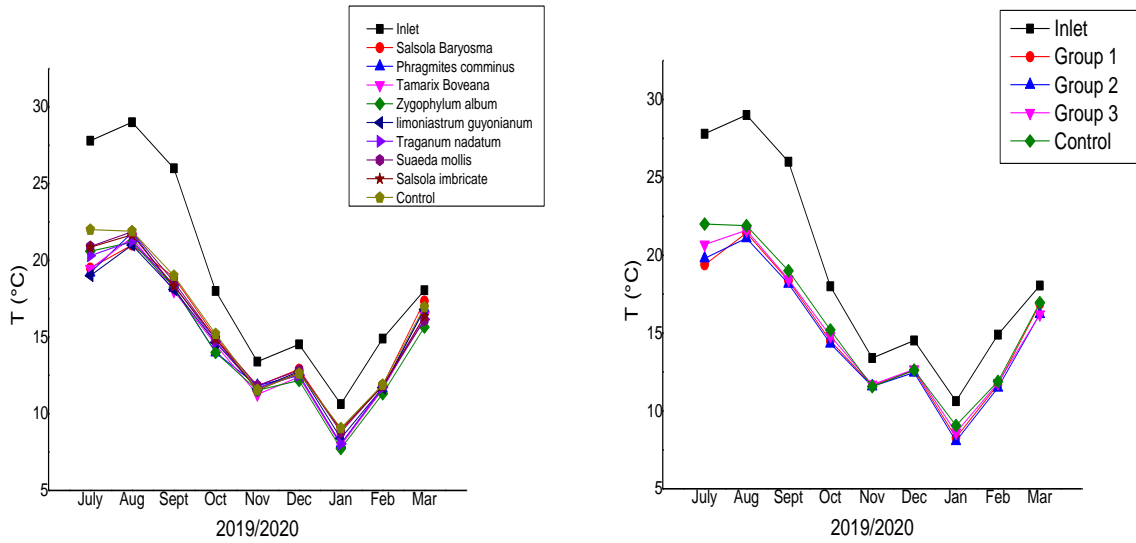
الوسائط	القيمة المتوسطة	القيمة القصوى	القيمة الدنيا
T (°C)	19.14	29	10.63
pH	8.15	8.34	7.98
EC (ms/cm)	5.50	5.90	5.26
Turbidity (NTU)	106.34	150.70	75.5
Salinity (mg/l)	2.94	3.10	2.80
SS (mg/l)	42.84	59.50	25.5
DO (mg/l)	4.94	5.51	3.73
COD (mg/l)	133.09	170	117
BOD <sub>5</sub> (mg/l)	79.46	97	62
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	60.68	67	55
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	1.09	1.55	0.51
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	2.22	2.99	1.06
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	2.82	5.75	0.71
Total coliforms (CFU/100ml)	14.5×10 <sup>4</sup>	15×10 <sup>4</sup>	14×10 <sup>4</sup>
Fecal coliforms (CFU/100ml)	17×10 <sup>4</sup>	20×10 <sup>4</sup>	14×10 <sup>4</sup>
fecal streptococcus (CFU/100ml)	11×10 <sup>4</sup>	11×10 <sup>4</sup>	11×10 <sup>4</sup>

## 2.1 مناقشة النتائج:

### 1.2.1 تطور درجة الحرارة (°C):T

الشكل (1) يظهر القيم المتوسطة لدرجة الحرارة لمياه المدخل و المخرج لكل حوض من الأحواض المزروعة و الشاهد، حيث نلاحظ وجود إنخفاض في درجة حرارة المياه المعالجة مقارنة بالمياه المستعملة، من خلال النتائج المسجلة نلاحظ أدنى قيمة سجلت 7.93 °م بشهر جانفي، وأعلى قيمة 27.8 °م بشهر جويلية، يبين الشكل كذلك ان درجات الحرارة للمياه المعالجة في الشاهد والأحواض المزروعة متقاربة لحد كبير على طول مدة المعالجة.

تعتبر درجة الحرارة من أهم العوامل الفيزيائية التي تؤثر على كفاءة إزالة المغذيات لأنها تؤثر بشكل مباشر على معدل ميتابوليزم الكائنات الحية الدقيقة [1]، حيث يفسر إنخفاض درجة الحرارة عند مخارج الأحواض بتناقص الكائنات الدقيقة المسؤولة على العمليات الكيميائية والبيولوجية [2].

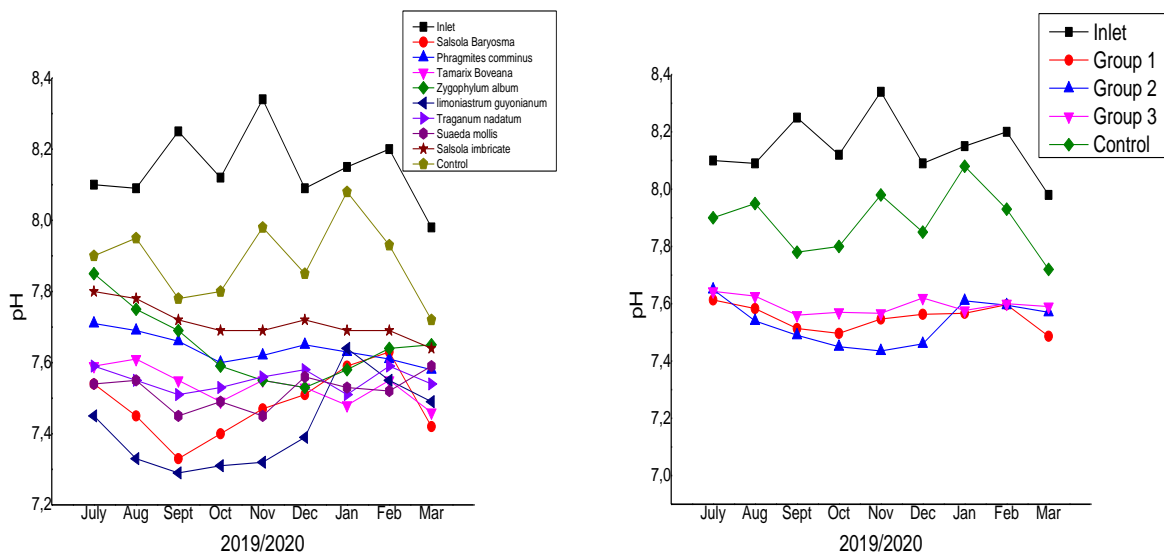


الشكل (1): التغير الشهري للقيم المتوسطة لدرجة الحرارة.

### 2.2.1 تطور الأس الهيدروجيني pH:

الشكل (2) يظهر القيم المتوسطة لـ pH لمياه المدخل و المخرج لكل حوض من الأحواض المزروعة و الشاهد، حيث نلاحظ إنخفاض معدل الـ pH من 8.15 في المياه الملوثة إلى 7.55، 7.53، 7.59 في كل من المجموعة 3.2.1 على التوالي، أما الحوض الشاهد فكان معدل pH 7.89.

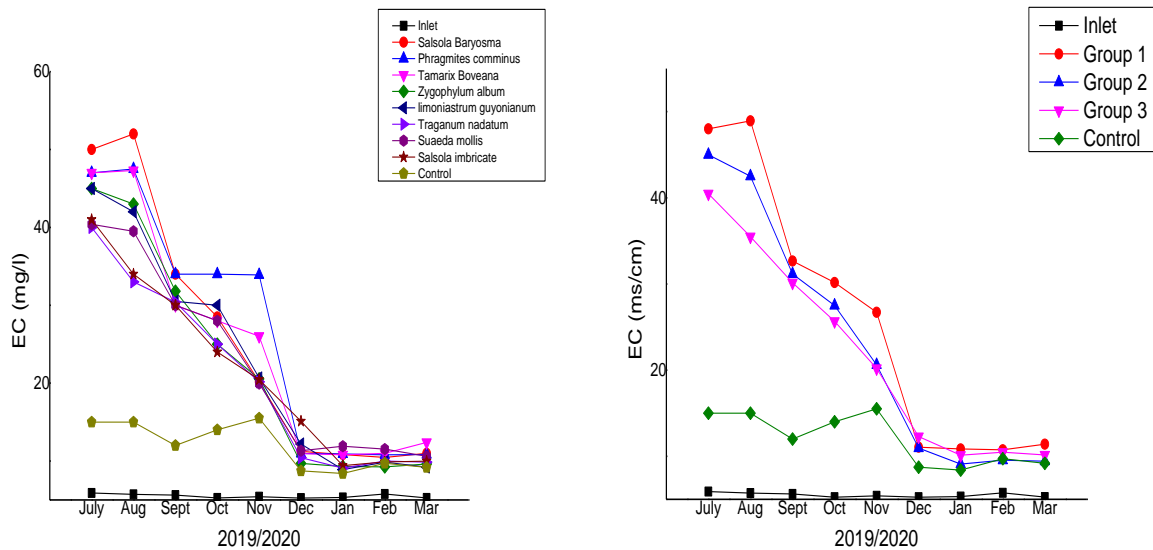
يظهر التحليل الإحصائي بوجود فرق معتبر بين كل مجموعة و الحوض الشاهد ( $P < 0.05$ ) ، بينما الفرق بين المجموعات الثلاث غير معتبر ( $P > 0.05$ ). سجل نبات *Salsola baryosma* أكبر إنخفاض في قيمة pH في المجموعة (1) بمعدل 7.48، و نبات *Limoniastrum guyonianum* في المجموعة (2) بمعدل 7.42 أما المجموعة (3) فسجل نبات *Suaeda mollis* قيمة 7.52، من خلال النتائج نلاحظ أن إنخفاض قيم pH لدى الأحواض المزروعة أكبر مقارنة بالحوض الشاهد و هذه الملاحظة تشبه ما جاء بها المرجع [3]، وهذا بسبب انطلاق بروتون  $H^+$  الناتج عن النشاط البكتيري في عملية النترجة التي تؤدي إلى تحمض الوسط، إضافة لتواجد  $CO_2$  المنطلق أثناء أكسدة المواد العضوية [4]، كذلك احتمالية وجود إفرازات جذرية (حمض التانيك و الغاليك) التي تطلقها النباتات والتي تؤدي إلى تحمض الوسط [5]. تتلائم قيم pH وفق المعايير الجزائرية لمياه الصرف المعالجة المستخدمة للسقي (6.5-8.5) (JORA, 2012) و المعايير الدولية (FAO, 2003).



الشكل (2): التغير الشهري للقيم المتوسطة للأس الهيدروجيني.

2.3.1 تطور الناقلية الكهربائية لـ EC:

الشكل (3) يظهر القيم المتوسطة لـ EC لمياه المدخل و المخرج لكل حوض من الأحواض المزروعة و الشاهد، حيث نلاحظ ارتفاع معدل ناقلية مياه المدخل من 5.50 ميلي سيمنس/سم (ms/cm) الى 21.67، 22.86، 25.61 ميلي سيمنس/سم في المجموعات (1)، (2)، (3) على التوالي وسجل الحوض الشاهد قيمة 11.95 ميلي سيمنس/سم. ويظهر التحليل الإحصائي بوجود فرق غير معتبر بين كل مجموعة والحوض الشاهد ( $P>0.05$ ) حيث عزز ذلك الأربعة الأشهر الأخيرة، أيضا الفرق غير معتبر بين المجموعات الثلاثة فيما بينها ( $P>0.05$ )، ولكن نستطيع ملاحظة أن المجموعة الأولى قد سجلت أعلى قيمة ويمكن تفسير ذلك بقربها من المياه مقارنة بالباقي. و يفسر ارتفاع الناقلية بوفرة و كثرة الأيونات غير العضوية بسبب تمعدن المواد العضوية عن طريق النشاط البكتيري [6]، إضافة للتبخر و النتح عن طريق النبات، وترشيح المعادن في التربة [4]، [7] ، و تبين النتائج أن فصلا الصيف والخريف تسجل الناقلية أكبر ارتفاع لها، كما يسجل نبات *Phragmites communis* أعلى ارتفاع، و يعود ذلك حسب المرجع [8] للإمتداد الطويل للجذور على نطاق مستوى التربة. نتائج EC تفوق المعايير الجزائرية لمياه الصرف الموجهة للسقي (3 mS/cm) (JORA, 2012)، وكذا المعايير الدولية (FAO. 2003).



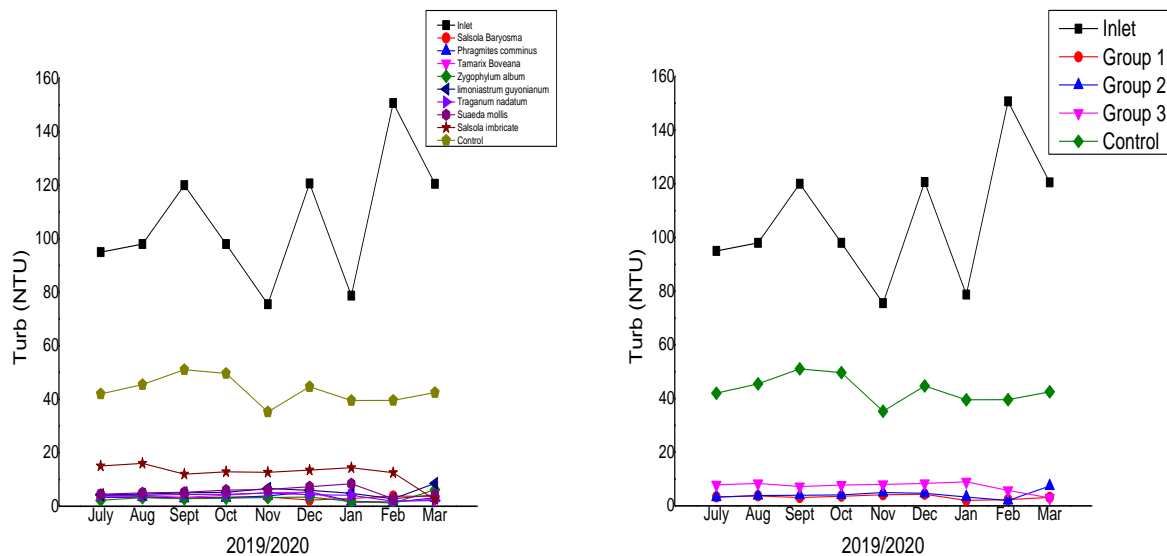
الشكل (3): التغير الشهري للقيم المتوسطة للناقلية الكهربائية.

4.2.1 تطور العكارة Turbidity:

الشكل (4) يظهر القيم المتوسطة لـ Tur لمياه المدخل و المخرج لكل حوض من الأحواض المزروعة و الشاهد، حيث نلاحظ إنخفاض كبير لمعدل الـ Tur لمياه المدخل من 106.34 NTU إلى 3.30، 4.16، 7.24 NTU بنسب 96.90 %، 96.06 %، 93.19 % في المجموعات (1)، (2)، (3) على التوالي وسجل الحوض الشاهد قيمة NTU 43.30 بنسبة إزالة 59.28 %. حيث سجل نبات *Zygothylum album* من المجموعة الثانية أعلى نسبة إزالة 97.15 %.

يظهر التحليل الإحصائي بوجود فرق معتبر بين الحوض الشاهد وكل مجموعة من المجموعات الثلاثة ( $P < 0.05$ )، و الفرق غير معتبر بين كل مجموعتين من المجموعات الثلاثة ( $P > 0.05$ ).

يفسر الانخفاض في الأحواض المزروعة مقارنة بالشاهد، وجود النظام الجذري الممتد للنبات الذي يلعب دورا رئيسيا في تقليل تعكر مياه المدخل [9]، حيث تعمل البكتيريا الموجودة بالنظام الجذري على أكسدة المواد العضوية [10] التي لها دور كبير في تعكر المياه أين يصبح أكثر صفاء، و حسب المرجع [11] فإن هذا النظام يحتوي على جذور شعيرية طويلة تعمل على جذب الجزيئات والشوائب العالقة ذات اللون البني الداكن إلى الجذور.

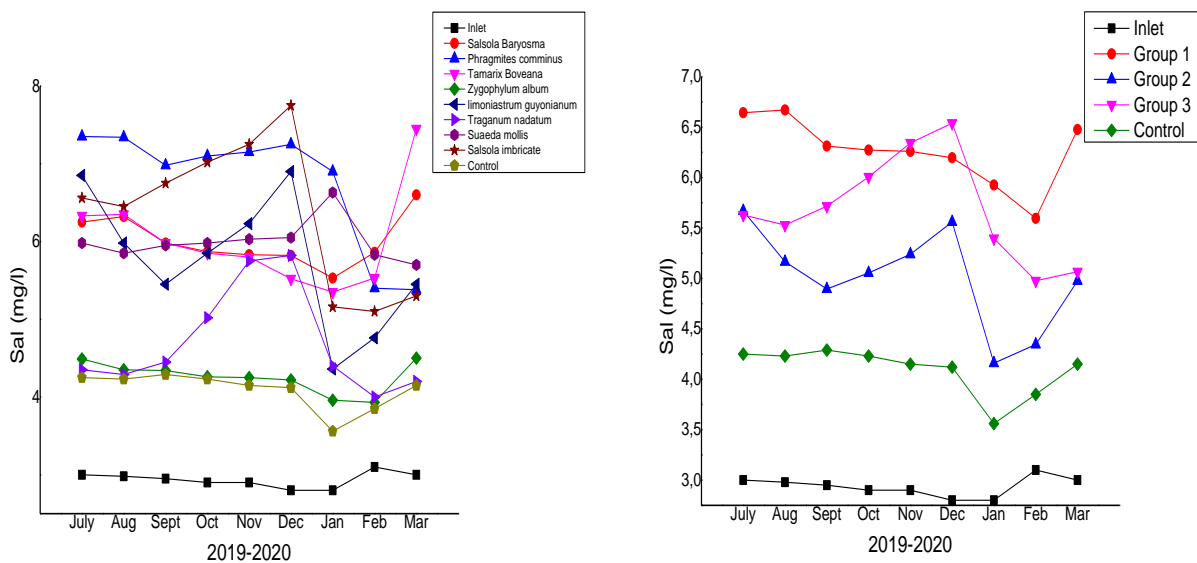


الشكل (4): التغير الشهري للقيم المتوسطة للعكارة.

5.2.1 تطور الملوحة Salinity:

الشكل (5) يظهر القيم المتوسطة للملوحة لمياه المدخل و المخرج لكل حوض من الأحواض المزروعة و الشاهد، حيث نلاحظ إرتفاع في معدل الملوحة لمياه المدخل من 2.94 mg/l الى 6.26، 5.01، 5.69 mg/l في المجموعات (1)، (2)، (3) على التوالي وسجل الحوض الشاهد قيمة 4.09 .

يظهر التحليل الإحصائي بوجود فرق معتبر بين كل مجموعة من المجموعات الثلاثة و الحوض الشاهد و بين المجموعات فيما بينها ( $P < 0.05$ )، حيث نميز تفوق المجموعة الأولى عن الباقي بأعلى معدل ملوحة و يتصدر ذلك نبات *Phragmites comminus* بمعدل 6.76 mg/l بينما أقل معدل سجله نبات *Traganum nadatum* بقيمة 4.70 mg/l، وهذا يعود لتمعدن المواد العضوية [6] و التبخر بسبب ارتفاع الحرارة ما يفسر ترسب الأملاح على السطح الصورة (24) (الملحق).

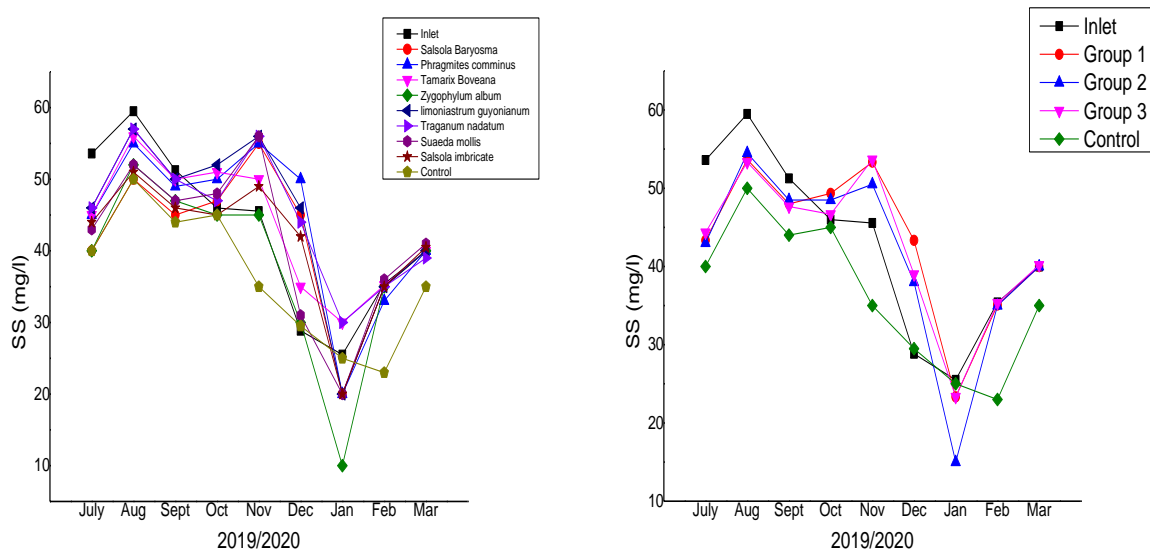


الشكل (5): التغير الشهري للقيم المتوسطة للملوحة.

### 6.2.1 تطور المواد العالقة Suspended solids:

الشكل (6) يظهر القيم المتوسطة للمواد العالقة لمياه المدخل و المخرج لكل حوض من الأحواض المزروعة و الشاهد، حيث نلاحظ تذبذب في معدل المواد العالقة لمياه المدخل من 42.84 mg/l الى 43.27 ، 41.44 ، 42.61 mg/l في المجموعات (1)، (2)، (3) على التوالي وسجل الحوض الشاهد قيمة 36.28 mg/l، حيث النبات الذي سجل أكبر انخفاض هو *Zygophyllum album* بمعدل 38.22 mg/l بالمجموعة الثانية و أكبر ارتفاع سجله نبات المجموعة الأولى *Tamarix Aphylla* بمعدل 43.58 mg/l.

يظهر التحليل الإحصائي بوجود فرق غير معتبر سواء بين المجموعات الثلاثة فيما بينها أو مع الحوض الشاهد ( $P>0.05$ )، وتفسر تلك الزيادة في تركيز المواد العالقة SS بطبيعة النظام التدفق العمودي الذي يتميز بنقص فعاليته في إنقاص تركيز SS مقارنة بنظام التدفق الأفقي [12]، كما تشكل الأحواض المزروعة على مستوى النظام الجذري قنوات دقيقة داخل مواد التعبئة مما يسمح بعبور جزيئات الرمل من خلالها (الذي لاحظناه) و ذلك ما فسره المرجع [8]. وانخفاض معدل مخرج الحوض الشاهد ناتج عن عدم وجود الكتلة الحيوية و بالتحديد منطقة الجذور المسؤولة عن إحداث القنوات، كما سجلت جميع النباتات في أول ثلاثة أشهر (فترة الصيف) قيم أقل من قيمة المياه المستعملة ويرجع هذا لإرتفاع درجة الحرارة وجفاف الأحواض. تفوق النتائج المعايير الجزائرية لمياه الصرف الموجهة للسقي التي عينت كحد أقصى 30 mg/l (JORA, 2012).

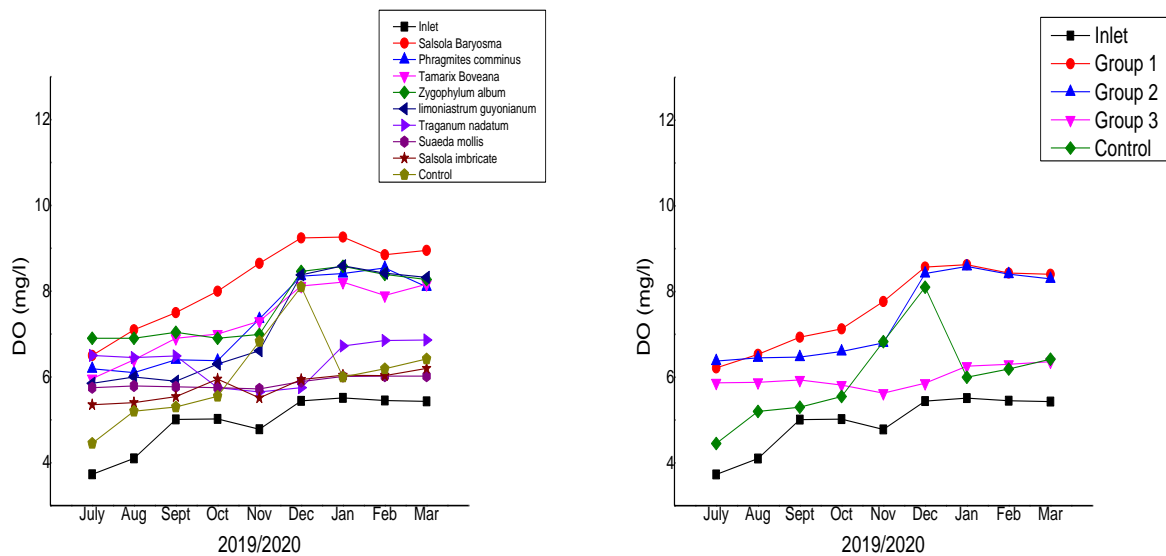


الشكل (6): التغير الشهري للقيم المتوسطة للمواد العالقة.

7.2.1 تطور الأوكسجين المنحل DO:

الشكل (7) يظهر القيم المتوسطة للأوكسجين المنحل لمياه المدخل و المخرج لكل حوض من الأحواض المزروعة و الشاهد، حيث نلاحظ ارتفاع في معدل الأوكسجين المنحل لمياه المدخل من 4.94 mg/l الى 7.62، 7.38، 5.99 mg/l في المجموعات (1)، (2)، (3) على التوالي وسجل الحوض الشاهد قيمة 6 mg/l، حيث نلاحظ تفوق المجموعة الأولى في الحصول على أعلى ارتفاع في DO حيث نميز بها نبات *Salsola baryosma* الذي سجل أعلى معدل بين كل النباتات بقيمة 8.23 mg/l.

يظهر التحليل الإحصائي بوجود فرق معتبر بين كل من المجموعتين (الأولى، الثانية) و الحوض الشاهد ( $P < 0.05$ ) بينما الفرق بين نفس المجموعتين فيما بينهما (الأولى و الثانية)، و المجموعة (الثالثة) مع الحوض الشاهد ليس معتبر ( $P > 0.05$ ). يفسر ارتفاع تركيز الأوكسجين المنحل بوظيفة النبات في نقل الأوكسجين من الهواء إلى الأحواض المزروعة، ومن الأوراق إلى السيقان، ثم من الجذور إلى منطقة الجذور Rhizosphere [13]، [14]، وتبين النتائج ارتفاع تركيز الأوكسجين في الأربيع الأشهر الأخيرة مقارنة بالأولى والسبب فسره [15] وهو درجة الحرارة أين يكون الأوكسجين المنحل أقل انحلال في المياه الدافئة مقارنة بالباردة، ويضيف أيضا بأن انحلال الأوكسجين يتأثر بتغير درجة الحرارة عند تشبع تركيز الوسط. و ارتفاع تركيز الأوكسجين المنحل بشهري نوفمبر وديسمبر قد يرجع إلى تكون الطحالب صورة (25) (الملحق) التي تشكلت في الأحواض عند تعرض مياه الصرف الصحي لأشعة الشمس أثناء التجربة، فبسبب ضوء الشمس المباشر الكافي، تنتج هذه الطحالب الأوكسجين من خلال عملية التمثيل الضوئي لينحل الأوكسجين داخل الحوض [11].

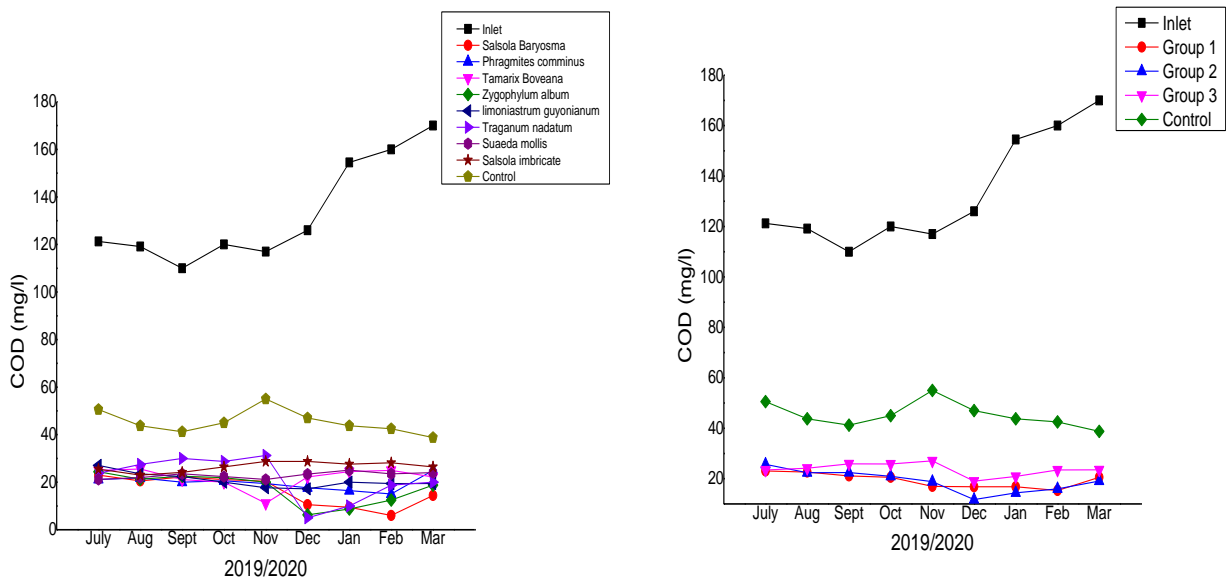


الشكل (7): التغير الشهري للقيم المتوسطة للأوكسجين المنحل.

8.2.5 تطور الطلب الكيميائي للأكسجين COD:

الشكل (8) يظهر القيم المتوسطة للطلب الكيميائي للأكسجين لمياه المدخل و المخرج لكل حوض من الأحواض المزروعة و الشاهد، حيث نلاحظ إنخفاض في معدل الطلب الكيميائي للأكسجين لمياه المدخل من 133.1 mg/l الى 19.31، 19.04، 23.70 mg/l في المجموعات (1)، (2)، (3) على التوالي بنسب 85.49%، 85.69%، 82.19% وسجل الحوض الشاهد قيمة إنخفاض 45.28 mg/l بنسبة 65.97%، أعلى مردود تنقية من بين كل النباتات هو نبات *Salsola baryosma* بقيمة 87.66% المتواجد بالمجموعة الأولى و أقل مردود سجله نبات *Salsola imbricata* بكفاءة 80.07% بالمجموعة الثالثة.

يظهر التحليل الإحصائي بوجود فرق معتبر بين كل مجموعة و الحوض الشاهد ( $P < 0.05$ )، بينما الفرق غير معتبر بين المجموعات الثلاثة في ما بينها ( $P > 0.05$ ). تبين النتائج بأن تراكيز COD في الأحواض المزروعة أقل من الحوض الشاهد ويعود السبب المؤدي لتحسين نزع هذا التلوث العضوي وفرة الأكسجين المنحل في الوسط عن طريق النبات الذي يحفز عملية الأكسدة [15] وبالتحديد على مستوى النظام الجذري Rhizosphere الذي يعمل كوسيط مناسب للنمو البكتيري الذي يوفر الأكسجين في الجذور من أجل التحلل البكتيري للملوثات العضوية. النتائج ملائمة مع المعايير الجزائرية لمياه الصرف المستخدمة للسقي المحددة بـ 90 mg/l (JORA, 2012).

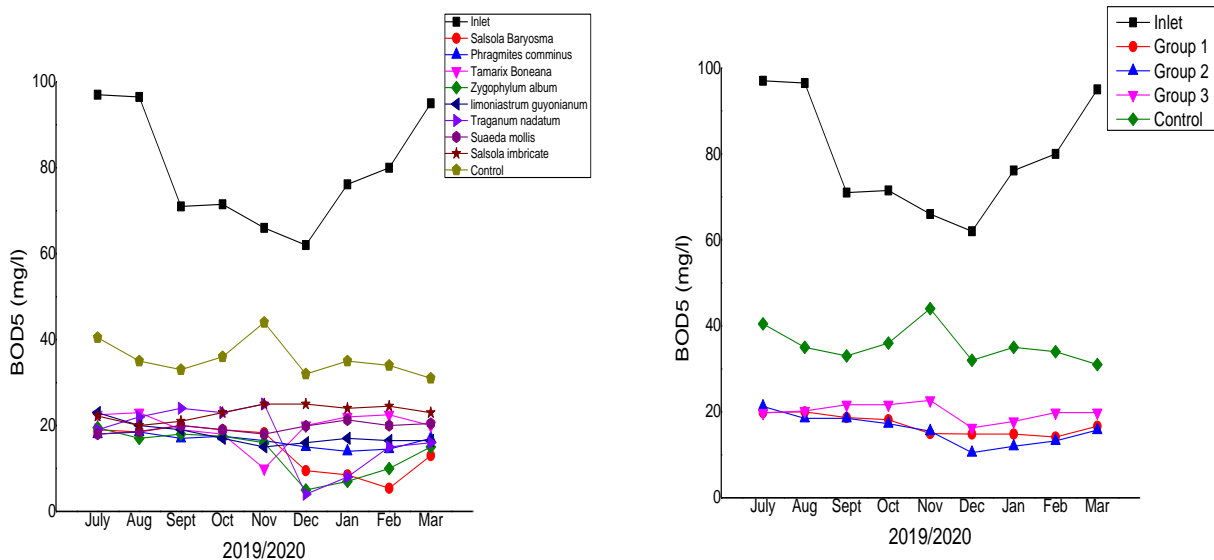


الشكل (8): التغير الشهري للقيم المتوسطة للطلب الكيميائي للأكسجين.

### 9.2.1 تطور الطلب البيوكيميائي للأكسجين BOD5:

الشكل (9) يظهر القيم المتوسطة للطلب البيوكيميائي للأكسجين لمياه المدخل و المخرج لكل حوض من الأحواض المزروعة و الشاهد، حيث نلاحظ إنخفاض في معدل الطلب البيوكيميائي للأكسجين لمياه المدخل من 79.46 mg/l إلى 16.89، 15.83، 19.96 mg/l في المجموعات (1)، (2)، (3) على التوالي بنسب 78.73%، 80.07%، 74.88% وسجل الحوض الشاهد قيمة إنخفاض 35.60 mg/l بنسبة 55.19% حيث سجل نبات *Zygophyllum album* بالمجموعة الثانية أعلى مردود تنقية بكفاءة تصل 82.52%، بينما أقل مردود تنقية سجله نبات *Salsola imbricate* في المجموعة الثالثة بكفاءة 70.95%.

يظهر التحليل الإحصائي بوجود فرق معتبر بين كل مجموعة و الحوض الشاهد ( $P < 0.05$ )، بينما الفرق غير معتبر بين المجموعات الثلاثة في ما بينها ( $P > 0.05$ )، و يفسر هذا الإنخفاض بوفرة الأكسجين المنحل المعروف أن له تأثير كبير على كمية الطلب البيوكيميائي للأكسجين في الماء [16]، كما تبين النتائج أن تركيز BOD5 في الأحواض المزروعة أقل من الحوض الشاهد بفضل تواجد النباتات التي توفر كمية الأكسجين المنحل [17] و نقلها للكائنات الدقيقة الموجودة على مستوى الجذور المتغلغلة في الأحواض لتوفر ظروفًا هوائية تشجع نشاط البكتيريا الهوائية في تحلل المواد العضوية في مياه الصرف [14]، [18]، و دعم ذلك نظام التدفق العمودي المعتمد الذي يتميز بإزالة جيدة لتركيز BOD5 مقارنة بنظام التدفق الأفقي [12]. كما توضح النتائج توافق مع المعايير الجزائرية لمياه الصرف المعالجة المستخدمة للسقي والتي عيّنت كحد أقصى 30 mg/l (JORA, 2012).

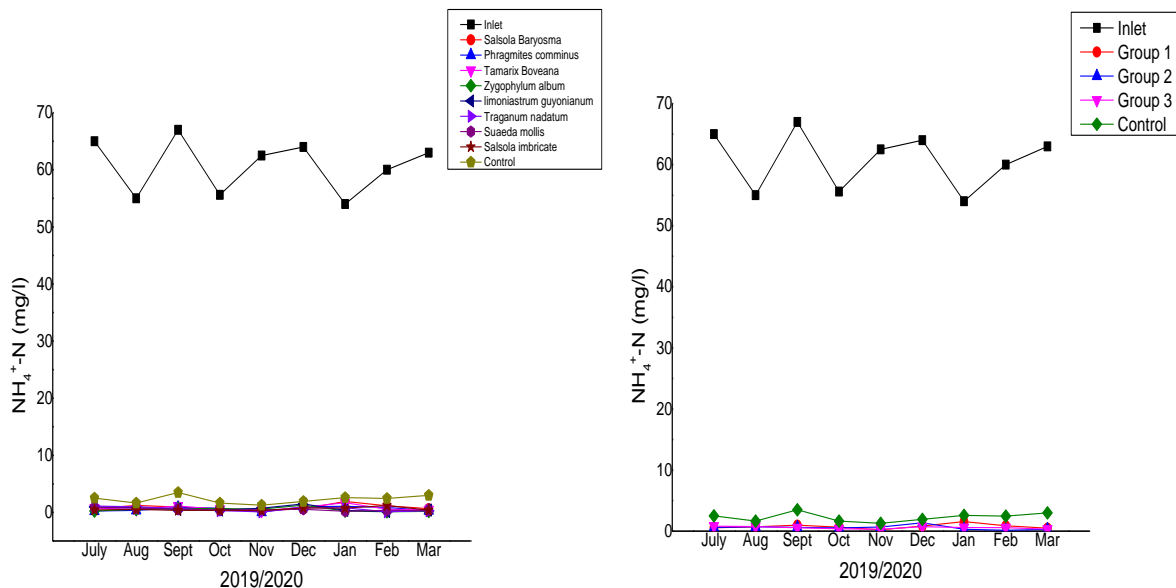


الشكل (9): التغير الشهري للقيم المتوسطة للطلب البيوكيميائي للأكسجين.

10.2.1 تطور شوارد الأمونيوم  $NH_4^+$ :

الشكل (10) يظهر القيم المتوسطة للأمونيوم لمياه المدخل و المخرج لكل حوض من الأحواض المزروعة و الشاهد، حيث نلاحظ إنخفاض معتبر جدا في معدل أمونيوم مياه المدخل من 60.68 mg/l الى 0.55، 0.58، 0.76 mg/l في المجموعات (1)، (2)، (3) على التوالي بنسب 98.74%، 99.05%، 99.09% وسجل الحوض الشاهد قيمة إنخفاض 2.28 mg/l بنسبة 96.24%. نلاحظ أن نبات *Zygophyllum album* في المجموعة الثانية قد سجل أكبر معدل إنخفاض 0.51 mg/l بنسبة 99.16%، وأقل معدل إنخفاض سجله نبات *Salsola baryosma* بالمجموعة الأولى 0.91 بنسبة 98.50%.

يظهر التحليل الإحصائي بوجود فرق غير معتبر سواء بين كل مجموعة و الحوض الشاهد أو بين المجموعات الثلاثة في ما بينها ( $P>0.05$ )، بالرغم من أن الفرق بين الأحواض المزروعة و الحوض الشاهد غير معتبر إلا أنه يشير إلى دور النبات الجلي في خفض تركيز الأمونيوم أين تتم عمليتي nitrification (أين يتحول الامونيوم إلى نترات والتي تكون في شروط هوائية) و denitrification (تحول النترات إلى غاز الأزوت و التي تكون في شروط لاهوائية) [19]، أو طريقة أخرى ممكنة وهي تطاير على شكل  $NH_3$  أمونيا حرة [14] التي يمكن ان تحدث عند زيادة قيمة pH حسب المرجع [20]. أيضا في حالة شروط النمو الطبيعي للنبات فإن الامونيوم هو في الغالب مصدر الأزوت الرئيسي عند العديد من النباتات حسب عدة دراسات [21] [22]، حيث يمتص عن طريق جذور النبات [11] نحوى خلايا النبات للنمو [23] ونمو الكائنات الدقيقة [24]، ومن جهة أخرى فإن الامونيوم يمتص بسهولة من طرف الطين والمواد العضوية المكونة للتربة [25].

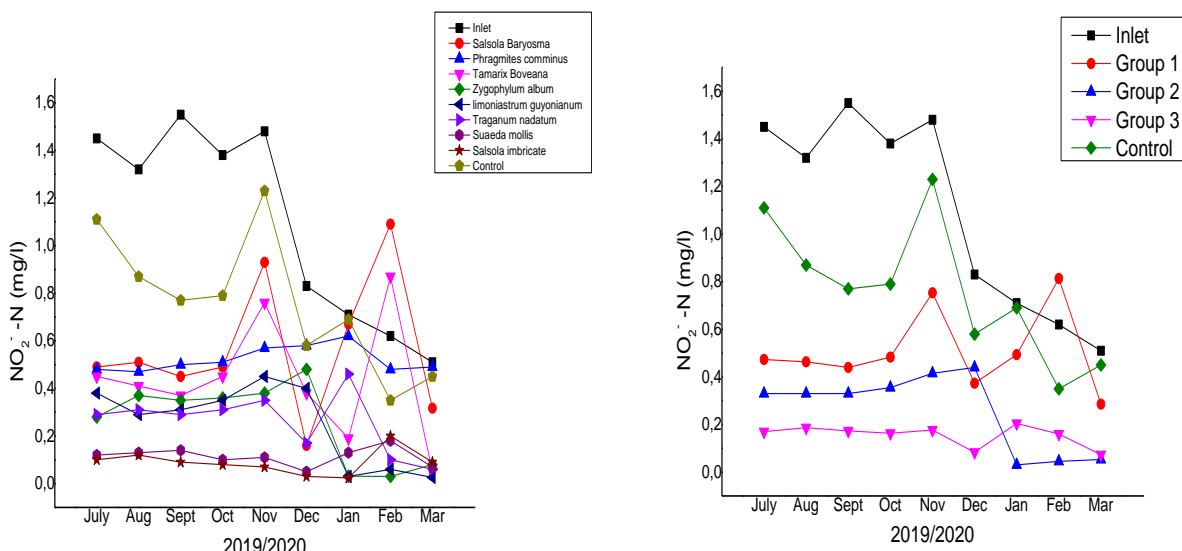


الشكل (10): التغير الشهري للقيم المتوسطة للأمونيوم.

11.2.1 تطور شوارد النتريت  $NO_2^-$ :

الشكل (11) يظهر القيم المتوسطة لنتريت مياه المدخل و المخرج لكل حوض من الأحواض المزروعة و الشاهد، حيث نلاحظ إنخفاض في معدل نتريت مياه المدخل من 1.09 mg/l إلى 0.51، 0.26، 0.15 mg/l في المجموعات (1)، (2)، (3) على التوالي بنسب 43.99%، 76.36%، 85.87% وسجل الحوض الشاهد قيمة إنخفاض 0.76 mg/l بنسبة 11.76%. نلاحظ أن نبات *Salsola imbricate* في المجموعة الثالثة قد سجل أكبر معدل إنخفاض 0.09 mg/l بنسبة 82.35%، وأقل معدل إنخفاض سجله نبات *Salsola Baryosma* بالمجموعة الأولى 0.57 mg/l بنسبة 48.15%.

يظهر التحليل الإحصائي بوجود فرق معتبر بين المجموعتين (الثانية و الثالثة) مع الحوض الشاهد، و بين المجموعة الأولى و الثالثة ( $P < 0.05$ )، بينما الفرق غير معتبر بين المجموعة الأولى والحوض الشاهد، و المجموعة الأولى و الثانية، و الثانية والثالثة ( $P > 0.05$ ). عموماً تراكيز النتريت في مخارج الأحواض المزروعة أقل من تركيزها في المياه المستعملة (غير معالجة) و أقل من تركيز الحوض الشاهد وهذا يرجع إلى تواجد النبات ودوره في تخفيض تركيز النتريت حيث تتم عملية النترجة nitrification أين ينتج النتريت من تحول الأمونيوم بواسطة كائنات دقيقة-ammonia oxidizing bacteria (AOB) و ammonia-oxidizing Archaea و انخفاض النتريت ناتج عن تحول الأخير إلى نترات بواسطة كائنات دقيقة تدعى nitrite-oxidizing bacteria (NOB) [26] على مستوى جذور النبات، أو عن طريق عملية إزالة النترجة Denitrification السريعة في الهواء عند الجزء الهوائي للمواد التعبئة، أو إستيعابها عن طريق النبات، أو ترسبها، أو عن طريق الإمتزاز [27].



الشكل (11): التغير الشهري للقيم المتوسطة للنتريت.

أما عن تراكم تركيز النترت في المجموعة الأولى تحديدا نباتي *Tamarix boveana* و *Salsola baryosma* فيمكن تفسيره حسب المرجعين [29], [28] بتأثير الملوحة عند المجال [10-15 mS/cm] التي تؤثر سلبا على ثراء الكائنات الحية الدقيقة، على الرغم من أن البكتيريا المؤكسدة للأمونيا (AOB) أقل تأثراً بالملوحة، وهذا يعني أنه يحدث فقط التفاعل الأول من النترجة تحت ضغط الملح ، مما يؤدي إلى تراكم في تركيز النترت.

### 12.2.1 تطور شوارد النترات $NO_3^-$ :

الشكل (12) يظهر القيم المتوسطة لنترات مياه المدخل و المخرج لكل حوض من الأحواض المزروعة و الشاهد، حيث نلاحظ ارتفاع في معدل نترات مياه المدخل من 2.22 mg/l الى 17.28، 15.04، 12.31 mg/l في المجموعات (1)، (2)، (3) على التوالي وسجل الحوض الشاهد قيمة 20.38 mg/l، نلاحظ أن نبات *Salsola Baryosma* في المجموعة الأولى قد سجل أكبر معدل إرتفاع 19.45 mg/l. يظهر التحليل الإحصائي بوجود فرق غيرمعتبر سواء بين كل مجموعة و الحوض الشاهد أو بين المجموعات الثلاثة في ما بينها ( $P>0.05$ ). ارتفاع تركيز النترات في مخرج الأحواض يدل على نشاط و تحفيز عملية النترجة (nitrification) و ذلك لأسباب عدة منها:

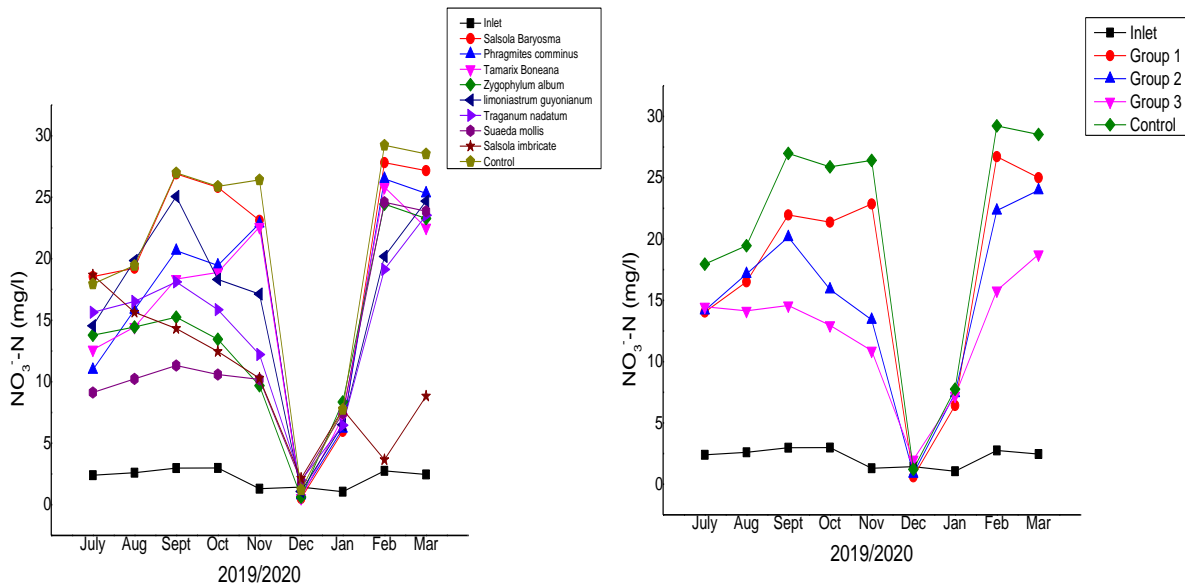
- بعض النباتات المائية لها نظام هوائي داخلي متطور على طول الأنسجة المكونة للنبات الذي يضمن إنتقال الأكسجين إلى منطقة الجذور (Rhizosphere) عبر مسامات السيقان و الجذور، هذا الأخير يقوم بتحفيز نشاط البكتيريا المسؤولة عن النترجة (Autotrophic bacteria) [20].
- تشكل غطاء من الطحالب على الأحواض جراء التعرض المباشر لأشعة الشمس سواء المياه المستعملة في تغذية الأحواض أو أحواض التركيب التجريبي، حيث تقوم هذه الطحالب بإنتاج الأكسجين عن طريق التركيب الضوئي الذي ينحل في الوسط و يحفز عملية النترجة [28].
- ساعد نظام التدفق العمودي المعتمد في الدراسة على وفرة الأكسجين داخل الوسط أدى إلى تحفيز النترجة، فهو نظام جيد لتحقيق نترجة كاملة لكن لا تحدث فيه عملية إزالة الأزوت [12].

وفرة الأكسجين في الوسط حسب المرجع [26] تثبط نشاط الأنزيمات المسؤولة عن عملية إزالة النترجة (denitrification)، لكن هناك بعض الكائنات المجهرية التي تعمل في الشروط الهوائية (heterotrophic aerobic denitrifying bacteria) المسؤولة عن إزالة النترجة ولكن لا بد من توفر الكربون العضوي لها كمصدر للطاقة ذو مصادر معينة (أي أن بعض الكائنات تفضل أنواع معينة من المصادر) [26]، لهذا السبب تعتبر عملية إزالة النترجة من أهم الطرق لنزع الأزوت حيث تحول النترات إلى غاز الأزوت، لأن حسب مرجع [30] الذي استخلص تقسيم عمليات إزالة النترات على نماذج أراضي رطبة مصغرة أين قدرت عملية إزالة النترجة ب 61% من مجمل النترات، 25% يمتص عن طرق التربة و 14% فقط تمتص من طرف النبات، و فسر آخرون هذه الزيادة في تركيز النترات بإستقبال تراكيز كبيرة من الأمونيوم [31].

بالرغم من الزيادة التي سجلتها الأحواض إلا أنها ملائمة للمعايير الجزائرية لمياه الصرف المعالجة المستخدمة للسقي و التي حددت كحد أقصى بـ 30 mg/l (JORA, 2012) ، كما إنها موافقة للمعايير الدولية (FAO, 2003).

أما عن الحوض الشاهد فيفسر المرجع [26] بأن نظام التعبئة (التربة والحصى) يحتوي على تراكيز معتبرة من النترات الناتجة عن نترجة و تمعدن المواد العضوية بالتربة. أما عن انخفاض تركيز النترات بشهر ديسمبر قد يعود لطبيعة أيام الشهر أين التعرض لأشعة الشمس أقل و بالتالي إنتاج الطحالب للأوكسجين أقل مما أدى لإستيعاب النبات لتركيز النترات.

كذلك نلاحظ تناسب طردي بين معدل تركيز النترات وترتيب المجموعات حيث سجلت المجموعة الأولى أكبر معدل فالتانية فالتالثة وقد يعود هذا في الغالب إلى كمية المياه المستعملة أثناء تغذية الأحواض، فالمجموعة الأولى أستقبلت أكبر كمية مياه (حسب طبيعتها المورفولوجية واحتياجها للماء)، لهذا السبب قيمة النترات بها أعلى، تليها المجموعة (الثانية) و أخيرا الثالثة التي تستقبل أقل كمية مياه مستعملة لهذا السبب سجلت أقل معدل إرتفاع.



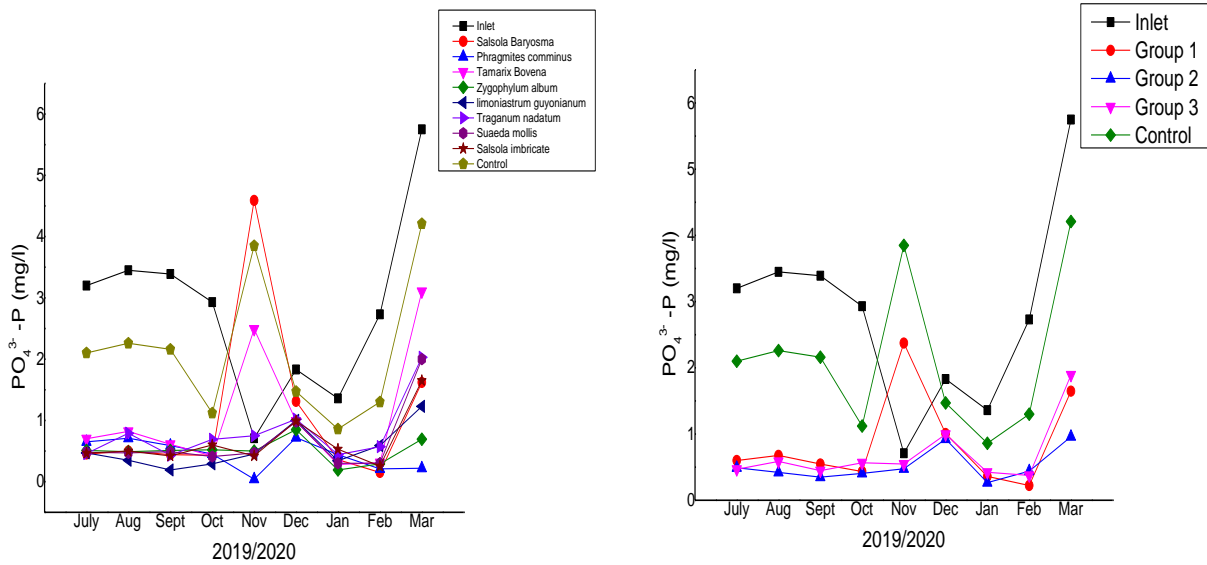
الشكل (12): التغير الشهري للقيم المتوسطة للنترات.

### 13.2.1 تطور سوارد الارثوفوسفات $PO_4^{3-}$ :

الشكل (13) يظهر القيم المتوسطة لأرثوفوسفات مياه المدخل و المخرج لكل حوض من الأحواض المزروعة و الشاهد، حيث نلاحظ إنخفاض في معدل أرثوفوسفات مياه المدخل من 2.82 mg/l إلى 0.70، 0.53، 0.87 mg/l في المجموعات (1)، (2)، (3) على التوالي بنسب 68.96%، 81.33%، 75.14% وسجل الحوض الشاهد قيمة إنخفاض 2.15 mg/l بنسبة 23.74%، نلاحظ أن نبات Phragmites comminus في المجموعة الأولى قد سجل أكبر معدل إنخفاض 0.45 mg/l بنسبة 84.10%، وأقل معدل إنخفاض سجله نبات Salsola baryosma بالمجموعة الأولى 1.09 mg/l بنسبة 61.14%.

يظهر التحليل الإحصائي بوجود فرق معتبر بين كل مجموعة و الحوض الشاهد ( $P < 0.05$ )، بينما الفرق غير معتبر بين المجموعات الثلاثة فيما بينها ( $P > 0.05$ ). تظهر النتائج أن النبات قادر على إزالة الأرتوفوسفات من خلال آليات مختلفة: منها امتصاص النبات المباشر ذلك حسب الكتلة الحيوية لكل نبات، و الاستيعاب بواسطة الكائنات الحية الدقيقة، حيث يتم تحويل الفسفور العضوي إلى فوسفور معدني ليتمصه النبات [7]، [32]، و الامتزاز [33]، كما يؤدي وجود البكتيريا المؤكسدة إلى تكوين صفائح حديدية (هيدروكسيدات معدنية) على سطح الجذر التي يمكن أن تمتص الفوسفور، كما يترسب الفوسفور على شكل فوسفات الكالسيوم [4]، أو يتمص من قبل عناصر التربة أو الحصى [3].

أما عن ارتفاع تركيز الأرتوفوسفات بشهر نوفمبر فيمكن ان يكون السبب في تفسير المرجع [34] و هو وجود بقايا نبات متحللة، من أجل ذلك ينصح نفس المرجع بحصد النبات بشكل دوري لضمان نقص تركيز الفوسفور.



الشكل (13): التغير الشهري للقيم المتوسطة للأرتوفوسفات.

### 14.2.1 تطور بكتيريا القولون الكلية Total coliforms:

الجدول (3) يضرقيم TC مياه المدخل و المخرج لكل حوض من الأحواض المزروعة و الشاهد، حيث نلاحظ إنخفاض عدد المستعمرات TC في مياه الأحواض المزروعة و الشاهد مقارنة بالمياه المستعملة من CFU/100 ml 200000 إلى 325 CFU/100 ml، 345 CFU/100 ml، 281.67 CFU/100 ml، 14000 ml بمرود تقنية 99.83%، 99.80%، 99.87%، 96.46% في المجموعات (1)، (2)، (3) و الحوض

الشاهد على التوالي. تعطي النتائج إنخفاضا في عدد المستعمرات سواء في المياه المستعملة أو الأحواض المزروعة و الغير مزروعة في الشتاء أكثر منها في الصيف.

يظهر التحليل الإحصائي بوجود فرق معتبر بين المجموعات الثلاثة و الحوض الشاهد ( $P < 0.05$ )، لكن الفرق غير معتبر بين المجموعات فيما بينها ( $P > 0.05$ ). كما سجل نبات *Salsola baryosma* بالمجموعة الأولى أكبر مردود تقنية 99.86%.

الجدول (3): التغيير الموسمي لقيم TC.

	Inlet	S.B	P.C	T.B	Z.A	L.G	T.N	S.M	S.I	Control
Summer	200000	280	280	390	390	390	280	280	390	14000
Yield %		99,86	99,9	99,8	99,8	99,8	99,9	100	99,81	93
Winter	140000	210	230	300	300	300	300	300	400	14000
Yield %		99,85	99,8	99,8	99,8	99,8	99,8	100	99,71	99,929

### 15.2.1 تطور بكتيريا القولون البرازية Fecal coliforms:

الجدول (4) يظهر قيم FC مياه المدخل و المخرج لكل حوض من الأحواض المزروعة و الشاهد، حيث نلاحظ إنخفاض عدد المستعمرات FC في مياه الأحواض المزروعة و الشاهد مقارنة بالمياه المستعملة من CFU/100 ml 145000 بمياه المدخل إلى 245 CFU/100 ml، 317.50 CFU/100 ml، 241.67 CFU/100 ml، 7750 ml بمردود تقنية 99.85%، 99.78%، 99.84%، 90% في المجموعات (1)، (2)، (3) و الحوض الشاهد على التوالي، أعطت النتائج إنخفاضا في عدد المستعمرات سواء في المياه المستعملة أو الأحواض المزروعة و الغير مزروعة في الشتاء أكثر منها في الصيف.

يظهر التحليل الإحصائي بوجود فرق معتبر بين المجموعات الثلاثة و الحوض الشاهد ( $P < 0.05$ )، لكن الفرق غير معتبر بين المجموعات فيما بينها ( $P > 0.05$ ). كما سجل نبات *Traganum nadatum* بالمجموعة الثالثة أكبر مردود تقنية 99.9%. النتائج المحصل عليها موافقة حسب المعايير الجزائرية (JORA, 2012).

الجدول (4): التغيير الموسمي لقيم FC.

	Inlet	S.B	P.C	T.B	Z.A	L.G	T.N	S.M	S.I	Control
Summer	150000	210	280	300	300	390	200	390	210	14000
Yield %		99,9	99,8	99,8	99,8	99,7	99,9	99,7	99,86	90,7
Winter	140000	200	200	280	280	300	150	300	200	1500
Yield %		99,9	99,9	99,8	99,8	99,8	99,9	99,8	99,86	89,3

### 16.2.1 تطور بكتيريا الستربتوكوك البرازية fecal streptococcus:

الجدول (5) يظهر قيم FS مياه المدخل و المخرج لكل حوض من الأحواض المزروعة و الشاهد، حيث نلاحظ إنخفاض عدد المستعمرات FS في مياه الأحواض المزروعة و الشاهد مقارنة بالمياه المستعملة من CFU/100 ml 110000 بمياه المدخل إلى 166.66 CFU/100 ml ، 230 CFU/100 ml ، 270 CFU/100 ml ، 8400 ml بمردود تقنية 99.86% ، 99.78% ، 99.74% ، 92.36% في المجموعات (1)، (2)، (3) و الحوض الشاهد على التوالي. تعطي النتائج إنخفاضا في عدد المستعمرات سواء في المياه المستعملة أو الأحواض المزروعة و غير المزروعة في الشتاء أكثر منها في الصيف.

يظهر التحليل الإحصائي بوجود فرق معتبر بين المجموعات الثلاثة و الحوض الشاهد ( $P < 0.05$ )، لكن الفرق غير معتبر بين المجموعات فيما بينها ( $P > 0.05$ ). سجل نبات *Salsola baryosma* أكبر مردود تقنية 99.9%.

الجدول (5): التغيير الموسمي لقيم FS.

	Inlet	S.B	P.C	T.B	Z.A	L.G	T.N	S.M	S.I	Control
Summer	110000	150	200	210	300	200	280	280	300	7500
Yield %		99,9	99,8	99,8	99,7	99,8	99,7	99,7	99,72	93,18
Winter	110000	140	150	150	280	140	230	230	300	9300
Yield %		99,9	99,9	99,89	99,75	99,9	99,8	99,8	99,72	91,54

عموما سجلت جميع الأحواض إزالة شبة كلية للبكتيريا و الأسباب الممرضة، وهذه النتائج تشبه التي وجدها المرجع [35]، كذلك سجلت الأحواض المزروعة معالجة أحسن من الحوض الشاهد و أكد ذلك كل من (Zeghdi، Aabassi، Labeled) [20]، [3]، [8]، و يعود ذلك لتركيز الأكسجين المعتبر داخل أنظمة المعالجة الذي يعزز الظروف الهوائية التي تساعد على تقليل البكتيريا و الأسباب الممرضة [36] و يظهر ذلك بفصل الشتاء أكثر من الصيف، و الدور الذي يلعبه النبات حيث تمثل الجذور العامل المسؤول عن نقل و تواجد الأكسجين في الوسط الذي يقضي على المواد

العضوية و بالتالي يتراجع عدد مستعمرات البكتيريا طبيعياً، أو عن طريق طرح الجذور لإفرازات [37] التي تعمل على القضاء على البكتيريا، كما يفسر البعض بأنه توجد أصناف معينة من النباتات المائية التي لها القدرة الفائقة على نزع البكتيريا و الأسباب الممرضة من المياه المستعملة [38]، إلا أنه في من خلال دراستنا إستطعنا أن نثبت بأن حتى النباتات الغير مائية (التي تعيش في المناطق الصحراوية) قادرة على إثبات كفاءة عالية في المعالجة، كما توجد عوامل فيزيائية أخرى كالفلترة الميكانيكية و الترسيب و الإمتزاز كل هذه العوامل الميكانيكية أو البيولوجية تعتبر من تقنيات القضاء على البكتيريا في الأوساط الرطبة.

## المراجع:

- [1] E. Tejaswini, G. Uday Bhaskar Babu, and A. Seshagiri Rao, "Effect of Temperature on Effluent Quality in a Biological Wastewater Treatment Process," *Chem. Prod. Process Model.*, vol. 15, no. 1, pp. 1–12, 2020, doi: 10.1515/cppm-2019-0018.
- [2] H. A. O. Alisawi, "Performance of wastewater treatment during variable temperature," *Appl. Water Sci.*, vol. 10, no. 4, pp. 1–6, 2020, doi: 10.1007/s13201-020-1171-x.
- [3] ا. العابد, "معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة نقرت بواسطة نباتات منقية محلية," قاصدي مرباح ورقلة, 2015.
- [4] K. Yahiaoui, A. Ouakouak, N. Guerrouf, A. Zoubeidi, and N. Hamdi, "Domestic wastewater treatment by vertical-flow filter grown with juncus maritimus in arid region," *Int. J. Eng. Res. Africa*, vol. 47, no. March, pp. 109–117, 2020, doi: 10.4028/www.scientific.net/JERA.47.109.
- [5] H. Lambers, C. Mougel, B. Jaillard, and P. Hinsinger, "Plant-microbe-soil interactions in the rhizosphere: an evolutionary perspective," *Plant Soil*, vol. 321, no. 1, pp. 83–115, 2009.
- [6] Y. P. Katsenovich, A. Hummel-Batista, A. J. Ravinet, and J. F. Miller, "Performance evaluation of constructed wetlands in a tropical region," *Ecol. Eng.*, vol. 35, no. 10, pp. 1529–1537, 2009.
- [7] A. A. Bebb, I. Labed, S. Zeghdi, and A. Messaitfa, "Purification Performance of Typha Latifolia, Juncus Effusus and Papyrus Cyperus in Arid Climate: Influence of Seasonal Variation," *J. Water Chem. Technol.*, vol. 41, no. 6, pp. 396–401, 2019, doi: 10.3103/s1063455x19060092.
- [8] Z. Saad, "IDENTIFICATION DE PLANTES EPURATRICES LOCALES ET LEUR UTILISATION DANS L'EPURATION DES EAUX USEES DE LA REGION D'EL OUED," kasdi merbah, 2017.
- [9] R. Bhutiani, G. K. Vishwavidyalaya, F. Ahamad, and G. K. Vishwavidyalaya, "REMOVAL OF TURBIDITY IN DAIRY WASTE WATER THROUGH AQUATIC REMOVAL OF TURBIDITY IN DAIRY WASTE WATER THROUGH AQUATIC MACROPHYTES," no. May 2017, 2015.
- [10] Z. Mucha, "Turbidity measurements as a tool of monitoring and control of the SBR effluent at the small wastewater treatment plant – preliminary study," vol. 42, no. 3, pp. 33–36, 2016, doi: 10.1515/aep-2016-0030.
- [11] Y. S. Ng and D. J. C. Chan, "Wastewater phytoremediation by *Salvinia molesta*," *J. Water Process Eng.*, vol. 15, pp. 107–115, 2017, doi: 10.1016/j.jwpe.2016.08.006.
- [12] S. Kantawanichkul and S. Wannasri, "Wastewater treatment performances of horizontal and

- vertical subsurface flow constructed wetland systems in tropical climate,” *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, vol. 35, no. 5, pp. 599–603, 2013.
- [13] E. Syranidou et al., “Bisphenol-A removal by the halophyte *Juncus acutus* in a phytoremediation pilot: Characterization and potential role of the endophytic community,” *J. Hazard. Mater.*, vol. 323, pp. 350–358, 2017.
- [14] S. Saxena, “Parameters Evaluation of Municipal Waste Water After Treatment Using Sub Surface Flow Constructed Wetland in Ekant Park Bhopal,” *Int. J. Res. - GRANTHAALAYAH*, vol. 4, no. 12, pp. 24–30, 2016.
- [15] M. Kumari and B. D. Tripathi, “Effect of aeration and mixed culture of *Eichhornia crassipes* and *Salvinia natans* on removal of wastewater pollutants,” *Ecol. Eng.*, vol. 62, no. 3, pp. 48–53, 2014, doi: 10.1016/j.ecoleng.2013.10.007.
- [16] R. Bhateria and D. Jain, “Water quality assessment of lake water: a review,” *Sustain. Water Resour. Manag.*, vol. 2, no. 2, pp. 161–173, 2016.
- [17] T. E. Aniyikaiye, T. Oluseyi, J. O. Odiyo, and J. N. Edokpayi, “Physico-chemical analysis of wastewater discharge from selected paint industries in Lagos, Nigeria,” *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 16, no. 7, 2019, doi: 10.3390/ijerph16071235.
- [18] V. Yazdani and H. A. Golestani, “Advanced treatment of dairy industrial wastewater using vertical flow constructed wetlands,” *Desalin. Water Treat.*, vol. 162, no. September, pp. 149–155, 2019, doi: 10.5004/dwt.2019.24335.
- [19] M. Sarvajith, G. Kiran Kumar Reddy, and Y. V. Nancharaiah, “Aerobic granular sludge for high-strength ammonium wastewater treatment: Effect of COD/N ratios, long-term stability and nitrogen removal pathways,” *Bioresour. Technol.*, vol. 306, p. 123150, 2020, doi: 10.1016/j.biortech.2020.123150.
- [20] LAyache aabassi, “L’épuration des eaux usées par le système de lagunage à Macrophytes Soutenue,” *Université Ferhat Abbas Sétif 1*, 2016.
- [21] S. Rezanian, M. Ponraj, A. Talaiekhosravi, F. Sabbagh, and F. Sairan, “Perspectives of phytoremediation using water hyacinth for removal of heavy metals , organic and inorganic pollutants in wastewater,” *J. Environ. Manage.*, vol. 163, pp. 125–133, 2015, doi: 10.1016/j.jenvman.2015.08.018.
- [22] A. Jampeetong and H. Brix, “Nitrogen nutrition of *Salvinia natans*: Effects of inorganic nitrogen

- form on growth, morphology, nitrate reductase activity and uptake kinetics of ammonium and nitrate,” *Aquat. Bot.*, vol. 90, no. 1, pp. 67–73, 2009.
- [23] S. Ge, S. Wang, X. Yang, S. Qiu, B. Li, and Y. Peng, “Chemosphere Detection of nitrifiers and evaluation of partial nitrification for wastewater treatment : A review,” *Chemosphere*, 2015, doi: 10.1016/j.chemosphere.2015.02.004.
- [24] J. I. Prosser, “NITROGEN IN SOILS,” UK: Elsevier Ltd, 2005.
- [25] A. J. Horne and C. R. Goldman, *Limnology*, vol. 2. McGraw-Hill New York, 1994.
- [26] A. Rajta, R. Bhatia, H. Setia, and P. Pathania, “Role of heterotrophic aerobic denitrifying bacteria in nitrate removal from wastewater,” pp. 1261–1278, 2019, doi: 10.1111/jam.14476.
- [27] P. Kuschik, A. Wiessner, U. Kappelmeyer, E. Weissbrodt, M. Kästner, and U. Stottmeister, “Annual cycle of nitrogen removal by a pilot-scale subsurface horizontal flow in a constructed wetland under moderate climate,” *Water Res.*, vol. 37, no. 17, pp. 4236–4242, 2003.
- [28] M. T. O. K. Zineb Kaddour, “Phytoremediation of Nutrient from Domestic Wastewater using *Tamarix Boveana* and *Salsola Baryosma* under salt stress,” *Asian J. Res. Chem.*, vol. 14, no. 3, pp. 203–207, 2021.
- [29] X. Wang, H. Zhu, B. Yan, B. Shutes, G. Bañuelos, and H. Wen, “Bioaugmented constructed wetlands for denitrification of saline wastewater: A boost for both microorganisms and plants,” *Environ. Int.*, vol. 138, no. March, p. 105628, 2020, doi: 10.1016/j.envint.2020.105628.
- [30] F. E. Matheson, M. L. Nguyen, A. B. Cooper, T. P. Burt, and D. C. Bull, “Fate of <sup>15</sup>N-nitrate in unplanted, planted and harvested riparian wetland soil microcosms,” *Ecol. Eng.*, vol. 19, no. 4, pp. 249–264, 2002.
- [31] A. J. Van Oostrom and J. M. Russell, “Denitrification in constructed wastewater wetlands receiving high concentrations of nitrate,” *Water Sci. Technol.*, vol. 29, no. 4, pp. 7–14, 1994, doi: 10.2166/wst.1994.0146.
- [32] S. Kumar and S. Deswal, “Phytoremediation capabilities of *Salvinia molesta*, water hyacinth, water lettuce, and duckweed to reduce phosphorus in rice mill wastewater,” *Int. J. Phytoremediation*, pp. 1–13, Feb. 2020, doi: 10.1080/15226514.2020.1731729.
- [33] M. J. Shahid, M. Arslan, S. Ali, and S. Muhammad, “Floating Wetlands: A Sustainable Tool for Wastewater Treatment,” no. January 2019, 2018, doi: 10.1002/clen.201800120.

- [34] S. Kumar and S. Deswal, "Phytoremediation capabilities of *Salvinia molesta*, water hyacinth, water lettuce, and duckweed to reduce phosphorus in rice mill wastewater," *Int. J. Phytoremediation*, vol. 0, no. 0, pp. 1–13, 2020, doi: 10.1080/15226514.2020.1731729.
- [35] A. Aboukacem and A. Soulaymani, "Etude comparative de la qualité bactériologique des eaux des oueds Boufekrane et Ouislane à la traversée de la ville de Meknès ( Maroc ) Comparative survey of the bacteriological quality of the waters of the," no. January, 2007.
- [36] O. Decamp and A. Warren, "Investigation of *Escherichia coli* removal in various designs of subsurface flow wetlands used for wastewater treatment," *Ecol. Eng.*, vol. 14, no. 3, pp. 293–299, 2000.
- [37] A. A. Ansari, M. Naeem, S. S. Gill, and F. M. AlZuaibr, "Phytoremediation of contaminated waters: An eco-friendly technology based on aquatic macrophytes application," *Egypt. J. Aquat. Res.*, no. April, 2020, doi: 10.1016/j.ejar.2020.03.002.
- [38] R. Gearheart, "Use of constructed wetlands to treat domestic wastewater, City of Arcata, California," *Water Sci. Technol.*, vol. 26, no. 7–8, pp. 1625–1637, 1992.

الخاتمة العامة

### الخاتمة العامة:

في عملنا هذا أثبتنا قدرة النباتات الموجودة بشط حلوفة على معالجة مياه الصرف الصحي، فالنباتات الموجودة بالرغم من أنها ليست مائية فأغلبها تصنف على أنها نباتات صحراوية علاجية إلا أنها استطاعت إثبات كفاءة عالية في نزع الملوثات العضوية و غير العضوية.

هذه الدراسة أظهرت أن وجود النبات له تأثير إيجابي على النشاط البيولوجي باستعمال نظام السقي العمودي تحت السطحي حيث:

أظهرت النتائج أن المجموعة الثانية كانت أحسن مزيل للطلب الكيميائي و البيوكيميائي للأكسجين (BOD5، COD)، حيث سجل نبات *Salsola baryosma* المتواجد بالمجموعة الأولى أعلى مردود إزالة لـ COD بقيمة 87.66%، و سجل نبات *Zygophyllum album* بالمجموعة الثانية أعلى مردود تنقية بكفاءة تصل لـ 82.52% لـ BOD5، المجموعة الثالثة أبدت أحسن إزالة للأزوت (الأمونيوم و النترت)، نبات *Zygophyllum album* في المجموعة الثانية سجل أكبر معدل إنخفاض بنسبة 99.16% للأمونيوم، و نبات *Salsola imbricate* في المجموعة الثالثة سجل أكبر معدل إنخفاض للنترت بنسبة 82.35%، المجموعة الثانية أيضا سجلت أحسن إزالة للأرتوفوسفات فكان نبات *Phragmites cominus* في المجموعة الأولى قد سجل أكبر معدل إنخفاض بنسبة 84.10%. أما عن إزالة الملوثات البيولوجية (البكتيريا) فجميع النباتات أبدت قدرتها بنسبة كبيرة بنتائج متقاربة تفوق 99%، كما تشير النتائج المحصل عليها على ارتفاع تركيز المواد العالقة SS و تركيز النترات  $NO_3^-N$  في أغلب الفترة العلاجية في جميع الأحواض المزروعة فهو ناتج عن مساوى نظام التدفق العمودي تحت السطحي في نزع المواد العالقة SS و تركيز النترات  $NO_3^-N$ . فيما يخص الوسائط الفيزيائية والبيكترولوجية، تظهر أن قدرة التنقية بالأحواض المغروسة بالنباتات كانت أعلى من الحوض غير المغروس (الشاهد).

إستطاعت هذه المجموعات الثلاثة و التي تحتوي على ثمانية نباتات مختلفة أنماط العيش من مائية، نصف مائية و جافة من معالجة المياه بشط حلوفة أين سمح بخلق وسط بيئي و تنوع بيولوجي يتعايش فيه كائنات حية مختلفة من نباتات و حيوانات.

من خلال مقارنة النتائج المحصل عليها بالمعايير الجزائرية لإعادة استعمال مياه الصرف للسقي تظهر أنه لا بد من استغلال مياه شط حلوفة لسقي المزروعات تحت إشراف مختصين بإعتبار أن ولاية الوادي رائدة في مجال الفلاحة فإستغلال الكميات الهائلة الموجودة بالشط يخفف عناء الفلاحين، ويوفر الكثير من الطاقة اللازمة للوصول للمياه الجوفية.

### الأفاق المستقبلية :

دراسة مختبرية للنباتات و معرفة أي الأجزاء الأكثر فعالية في نزع الملوثات. تجريب هذه الأجزاء الفعالة بعد موت النبات و معرفة ما إذا كان له فعالية على الملوثات لإعادة استخدامه كمادة مزيلة للملوثات طبيعية على الماء مباشرة لا تشكل خطر لا على البيئة و لا على طبقة المياه الجوفية

الملحق

الجدول (6): التطور الزمني للحرارة.

	Inlet	Salsola	Phragmites	Tamarix Boveana	G1	Zygophylu	limoniastru	G2	Traganum nadatum	Suaeda mollis	Salsola imbricate	G3	control
		Baryosma	comminus			m	m						
July	27,80	19,50	19,20	19,45	19,38	20,60	19,00	19,80	20,30	20,90	20,85	20,68	22,00
Aug	29,00	21,00	21,80	21,50	21,43	21,18	21,00	21,09	21,26	21,87	21,67	21,60	21,90
Sept	26,00	18,90	18,20	18,00	18,37	18,25	18,10	18,18	18,40	18,60	18,32	18,44	19,00
Oct	18,00	15,00	14,00	14,50	14,50	14,00	14,65	14,33	14,70	14,85	14,90	14,82	15,20
Nov	13,40	11,80	11,83	11,26	11,63	11,53	11,63	11,58	11,70	11,83	11,53	11,69	11,56
Dec	14,52	12,90	12,50	12,40	12,60	12,17	12,75	12,46	12,52	12,82	12,67	12,67	12,62
Jan	10,63	8,90	8,03	7,93	8,29	7,73	8,40	8,07	8,03	8,80	9,00	8,61	9,06
Feb	14,90	11,86	11,63	11,60	11,70	11,30	11,70	11,50	11,73	11,86	11,80	11,80	11,90
Mar	18,05	17,35	16,87	16,40	16,87	15,65	16,80	16,23	16,15	16,10	16,35	16,20	16,95

الجدول (7): التطور الزمني للأس الهيدروجيني.

	Input	Salsola	Phragmites	Tamarix Boveana	G1	Zygophylu	limoniastru	G2	Traganum nadatum	Suaeda mollis	Salsola imbricate	G3	Witness
		Baryosma	comminus			m	m						
July	8,10	7,54	7,71	7,59	7,61	7,85	7,45	7,65	7,59	7,54	7,80	7,64	7,90
Aug	8,09	7,45	7,69	7,61	7,58	7,75	7,33	7,54	7,55	7,55	7,78	7,63	7,95
Sept	8,25	7,33	7,66	7,55	7,51	7,69	7,29	7,49	7,51	7,45	7,72	7,56	7,78
Oct	8,12	7,40	7,60	7,49	7,50	7,59	7,31	7,45	7,53	7,49	7,69	7,57	7,80
Nov	8,34	7,47	7,62	7,55	7,55	7,55	7,32	7,44	7,56	7,45	7,69	7,57	7,98
Dec	8,09	7,51	7,65	7,53	7,56	7,53	7,39	7,46	7,58	7,56	7,72	7,62	7,85
Jan	8,15	7,59	7,63	7,48	7,57	7,58	7,64	7,61	7,51	7,53	7,69	7,58	8,08
Feb	8,20	7,63	7,61	7,55	7,60	7,64	7,55	7,60	7,59	7,52	7,69	7,60	7,93
Mar	7,98	7,42	7,58	7,46	7,49	7,65	7,49	7,57	7,54	7,59	7,64	7,59	7,72

الجدول (8): التطور الزمني للناقلية الكهربائية.

	Inlet	Salsola	Phragmites	Tamarix Boveana	G1	Zygophylu	limoniastru	G2	Traganum nadatum	Suaeda mollis	Salsola imbricate	G3	Control
		Baryosma	comminus			m	m						
July	5,90	50,00	47,00	47,00	48,00	45,00	45,00	45,00	40,00	40,40	41,00	40,47	15,00
Aug	5,72	52,00	47,50	47,30	48,93	43,00	42,00	42,50	33,00	39,50	34,00	35,50	15,00
Sept	5,62	34,00	34,00	30,00	32,67	31,80	30,50	31,15	30,40	30,00	30,00	30,13	12,00
Oct	5,25	28,50	34,00	28,00	30,17	25,00	30,00	27,50	25,00	28,00	24,00	25,67	14,00
Nov	5,41	20,19	33,90	26,03	26,71	20,55	20,66	20,61	20,17	19,95	20,46	20,19	15,51
Dec	5,24	11,25	10,97	10,95	11,06	9,70	12,19	10,95	10,43	11,33	15,10	12,29	8,73
Jan	5,32	10,83	10,91	10,79	10,84	9,30	8,90	9,10	9,09	11,89	9,40	10,13	8,40
Feb	5,76	10,46	10,79	10,98	10,74	9,24	9,85	9,55	9,99	11,53	9,89	10,47	9,71
Mar	5,26	10,98	10,82	12,39	11,40	9,62	9,22	9,42	9,85	10,61	9,98	10,15	9,18

الجدول (9): التطور الزمني للعاركة.

	Input	Salsola	Phragmites	Tamarix Boveana	G1	Zygophylu	limoniastru	G2	Traganum nadatum	Suaeda mollis	Salsola imbricate	G3	Witness
		Baryosma	comminus			m	m						
July	95,00	3,24	3,23	3,50	3,32	2,21	4,25	3,23	4,01	4,45	15,03	7,83	42,00
Aug	98,00	3,65	3,45	4,01	3,70	3,22	4,50	3,86	4,10	5,02	16,01	8,38	45,45
Sept	120,00	3,04	2,98	3,35	3,12	2,85	5,00	3,93	4,40	5,21	12,00	7,20	51,02
Oct	98,00	3,45	3,15	4,12	3,57	3,01	5,21	4,11	4,45	6,02	12,85	7,77	49,65
Nov	75,50	3,44	3,85	5,06	4,12	3,25	6,66	4,96	4,98	6,26	12,70	7,98	35,27
Dec	120,67	2,33	5,37	5,24	4,31	3,45	5,94	4,70	4,31	7,27	13,50	8,36	44,69
Jan	78,70	2,88	1,86	1,33	2,02	1,82	4,81	3,32	4,09	8,39	14,40	8,96	39,53
Feb	150,70	3,83	1,47	1,73	2,34	1,22	2,78	2,00	1,91	2,78	12,55	5,75	39,58
Mar	120,50	3,66	3,14	2,62	3,14	6,20	8,55	7,38	2,12	4,29	2,50	2,97	42,50

الجدول (10): التطور الزمني للملوحة.

	Inlet	Salsola	Phragmites	Tamarix Boveana		Zygophylu	limoniastru		Traganum nadatum	Suaeda mollis	Salsola		control
		Baryosma	comminus			album	guyonianu m				imbricate		
July	3,00	6,25	7,35	6,33	6,64	4,49	6,85	5,67	4,35	5,98	6,56	5,63	4,25
Aug	2,98	6,32	7,34	6,35	6,67	4,35	5,98	5,17	4,29	5,85	6,45	5,53	4,23
Sept	2,95	5,98	6,98	5,98	6,31	4,34	5,45	4,90	4,45	5,95	6,75	5,72	4,29
Oct	2,90	5,87	7,10	5,85	6,27	4,26	5,85	5,06	5,02	5,98	7,02	6,01	4,23
Nov	2,90	5,83	7,15	5,80	6,26	4,25	6,23	5,24	5,75	6,03	7,25	6,34	4,15
Dec	2,80	5,82	7,25	5,52	6,20	4,22	6,90	5,56	5,82	6,05	7,75	6,54	4,12
Jan	2,80	5,53	6,90	5,35	5,93	3,96	4,36	4,16	4,40	6,63	5,16	5,40	3,56
Feb	3,10	5,86	5,40	5,53	5,60	3,93	4,76	4,35	4,00	5,83	5,10	4,98	3,85
Mar	3,00	6,60	5,38	7,45	6,48	4,50	5,45	4,98	4,20	5,70	5,30	5,07	4,15

الجدول (11): التطور الزمني للمواد العالقة.

	Inlet	Salsola	Phragmites	Tamarix Aphylla	G1	Zygophylu	limoniastru	G2	Traganum nadatum	Suaeda mollis	Salsola	G3	control
		Baryosma	comminus			album	guyonianu m				imbricate		
July	53,60	40,00	45,00	45,00	43,33	40,00	46,00	43,00	46,00	43,00	44,00	44,33	40,00
Aug	59,50	50,00	55,00	56,00	53,67	52,00	57,00	54,50	57,00	52,00	51,00	53,33	50,00
Sept	51,25	45,00	49,00	50,00	48,00	47,00	50,00	48,50	50,00	47,00	46,00	47,67	44,00
Oct	45,98	47,00	50,00	51,00	49,33	45,00	52,00	48,50	47,00	48,00	45,00	46,67	45,00
Nov	45,55	55,00	55,00	50,00	53,33	45,00	56,00	50,50	56,00	56,00	49,00	53,67	35,00
Dec	28,84	45,00	50,00	35,00	43,33	30,00	46,00	38,00	44,00	31,00	42,00	39,00	29,50
Jan	25,50	20,00	20,00	30,00	23,33	10,00	20,00	15,00	30,00	20,00	20,00	23,33	25,00
Feb	35,40	37,00	33,00	35,20	35,07	35,00	35,00	35,00	35,00	36,00	35,00	35,33	23,00
Mar	39,98	40,00	40,00	39,99	40,00	40,00	40,00	40,00	39,00	41,00	40,50	40,17	35,00

الجدول (12): التطور الزمني للأكسجين المنحل.

	Inlet	Salsola	Phragmites	Tamarix Boveana	G1	Zygophylu	limoniastru	G2	Traganum nadatum	Suaeda mollis	Salsola imbricate	G3	control
		Baryosma	comminus			m	m						
						album	guyonianu m						
July	3,73	6,50	6,19	5,96	6,22	6,90	5,85	6,38	6,50	5,75	5,35	5,87	4,45
Aug	4,10	7,10	6,10	6,40	6,53	6,90	6,00	6,45	6,45	5,79	5,40	5,88	5,20
Sept	5,01	7,50	6,40	6,90	6,93	7,04	5,90	6,47	6,49	5,77	5,54	5,93	5,30
Oct	5,02	8,00	6,38	7,00	7,13	6,90	6,30	6,60	5,75	5,75	5,95	5,82	5,55
Nov	4,78	8,65	7,35	7,30	7,77	6,99	6,61	6,80	5,65	5,72	5,51	5,63	6,83
Dec	5,44	9,24	8,35	8,12	8,57	8,46	8,38	8,42	5,75	5,89	5,94	5,86	8,10
Jan	5,51	9,26	8,41	8,21	8,63	8,58	8,59	8,59	6,72	6,01	6,04	6,26	6,00
Feb	5,45	8,85	8,54	7,90	8,43	8,39	8,42	8,41	6,85	6,02	6,03	6,30	6,19
Mar	5,43	8,95	8,10	8,16	8,40	8,27	8,32	8,30	6,86	6,02	6,20	6,36	6,42

الجدول (13): التطور الزمني للطلب الكيميائي للأكسجين.

	inlet	Salsola	Phragmites	Tamarix Aphylla	G1	Zygophylu	limoniastru	G2	Traganum nadatum	Suaeda mollis	Salsola imbricate	G3	control
		Baryosma	comminus			m	m						
						album	guyonianu m						
July	121,25	23,00	21,18	25,00	23,06	24,38	27,06	25,72	23,75	21,18	25,52	23,48	50,56
Aug	119,14	20,56	21,76	25,56	22,63	21,25	23,53	22,39	27,50	21,94	22,99	24,14	43,75
Sept	110,00	22,22	20,00	21,11	21,11	22,50	22,35	22,43	30,00	23,53	24,14	25,89	41,25
Oct	120,00	21,11	20,59	20,00	20,57	21,88	20,00	20,94	28,75	22,35	26,44	25,85	45,00
Nov	117,00	20,37	19,41	11,11	16,96	20,00	17,65	18,82	31,25	21,18	28,74	27,05	55,00
Dec	126,00	10,56	17,65	22,22	16,81	6,25	17,20	11,73	5,00	23,40	28,74	19,05	47,00
Jan	154,50	9,44	16,47	24,44	16,79	8,75	20,00	14,38	10,00	25,06	27,59	20,88	43,75
Feb	160,00	6,00	15,06	25,00	15,35	12,50	19,41	15,96	18,75	23,53	28,16	23,48	42,50
Mar	170,00	14,44	25,00	22,22	20,56	18,75	19,41	19,08	20,00	24,06	26,44	23,50	38,75

الجدول (14): التطور الزمني للطلب البيولوجي للأكسجين.

	Inlet	Salsola	Phragmites	Tamarix		Zygophylu	limoniastru		Traganum nadatum	Suaeda mollis	Salsola		control
		Baryosma	comminus	Boveana		m	m				imbricate		
						album	guyonianu						
July	97,00	19,00	18,00	22,50	19,83	19,50	23,00	21,25	19,00	18,00	22,20	19,73	40,45
Aug	96,50	18,50	18,50	23,00	20,00	17,00	20,00	18,50	22,00	18,65	20,00	20,22	35,00
Sept	71,00	20,00	17,00	19,00	18,67	18,00	19,00	18,50	24,00	20,00	21,00	21,67	33,00
Oct	71,50	19,00	17,50	18,00	18,17	17,50	17,00	17,25	23,00	19,00	23,00	21,67	36,00
Nov	66,00	18,33	16,50	10,00	14,94	16,00	15,00	15,50	25,00	18,00	25,00	22,67	44,00
Dec	62,00	9,50	15,00	20,00	14,83	5,00	16,00	10,50	4,00	19,89	25,00	16,30	32,00
Jan	76,15	8,50	14,00	22,00	14,83	7,00	17,00	12,00	8,00	21,30	24,00	17,77	35,00
Feb	80,00	5,40	14,50	22,50	14,13	10,00	16,50	13,25	15,00	20,00	24,50	19,83	34,00
Mar	95,00	13,00	17,00	20,00	16,67	15,00	16,50	15,75	16,00	20,45	23,00	19,82	31,00

الجدول (15): التطور الزمني للأمونيوم.

	Inlet	Salsola	Phragmites	Tamarix	G1	Zygophylu	limoniastru	G2	Traganum nadatum	Suaeda mollis	Salsola	G3	Control
		Baryosma	Comminus	Aphylla		m	m				imbricate		
						album	guyonianu						
July	65,00	0,65	0,25	0,75	0,55	0,25	0,98	0,62	1,12	0,84	0,45	0,80	2,50
Aug	55,00	1,23	0,35	0,55	0,71	0,56	0,85	0,71	0,98	0,76	0,52	0,75	1,65
Sept	67,00	0,95	0,84	1,12	0,97	0,70	0,51	0,61	0,70	0,56	0,36	0,54	3,50
Oct	55,60	0,65	0,75	0,56	0,65	0,65	0,41	0,53	0,32	0,45	0,38	0,38	1,65
Nov	62,50	0,33	0,05	0,28	0,22	0,60	0,75	0,68	0,09	0,48	0,32	0,30	1,27
Dec	64,00	0,61	1,01	0,90	0,84	1,26	1,48	1,37	0,82	0,56	0,79	0,72	1,93
Jan	54,00	1,93	1,07	1,71	1,57	0,24	0,35	0,30	0,81	0,20	0,76	0,59	2,59
Feb	60,00	1,17	0,87	0,56	0,87	0,11	0,16	0,14	0,12	0,37	1,21	0,57	2,45
Mar	63,00	0,66	0,32	0,46	0,48	0,18	0,39	0,29	0,28	0,33	0,39	0,33	2,98

الجدول (16): التطور الزمني للتريت.

	Inlet	Salsola	Phragmites	Tamarix Boveana	G1	Zygophylu	limoniastru	G2	Traganum nadatum	Suaeda mollis	Salsola imbricate		control
		Baryosma	comminus			m	m						
July	1,45	0,49	0,48	0,45	0,47	0,28	0,38	0,33	0,29	0,12	0,10	0,17	1,11
Aug	1,32	0,51	0,47	0,41	0,46	0,37	0,29	0,33	0,31	0,13	0,12	0,19	0,87
Sept	1,55	0,45	0,50	0,37	0,44	0,35	0,31	0,33	0,29	0,14	0,09	0,17	0,77
Oct	1,38	0,49	0,51	0,45	0,48	0,36	0,35	0,36	0,31	0,10	0,08	0,16	0,79
Nov	1,48	0,93	0,57	0,76	0,75	0,38	0,45	0,42	0,35	0,11	0,07	0,18	1,23
Dec	0,83	0,16	0,58	0,38	0,37	0,48	0,40	0,44	0,17	0,05	0,03	0,08	0,58
Jan	0,71	0,67	0,62	0,19	0,49	0,03	0,03	0,03	0,46	0,13	0,02	0,20	0,69
Feb	0,62	1,09	0,48	0,87	0,81	0,03	0,06	0,05	0,10	0,18	0,20	0,16	0,35
Mar	0,51	0,32	0,49	0,05	0,29	0,08	0,03	0,05	0,06	0,07	0,09	0,07	0,45

الجدول (17): التطور الزمني للنترات.

	inlet	Salsola	Phragmites	Tamarix Aphylla	G1	Zygophylu	limoniastru	G2	Traganum nadatum	Suaeda mollis	Salsola imbricate	G3	control
		Baryosma	comminus			m	m						
July	2,40	18,55	10,97	12,61	14,04	13,79	14,55	14,17	15,65	9,12	18,67	14,48	17,95
Aug	2,60	19,23	15,85	14,45	16,51	14,45	19,85	17,15	16,53	10,23	15,65	14,14	19,45
Sept	2,98	26,90	20,65	18,35	21,97	15,25	25,06	20,16	18,11	11,32	14,32	14,58	26,98
Oct	2,99	25,80	19,45	18,89	21,38	13,45	18,32	15,89	15,86	10,59	12,45	12,97	25,89
Nov	1,30	23,12	22,87	22,58	22,86	9,68	17,13	13,41	12,21	10,19	10,28	10,89	26,41
Dec	1,43	0,51	0,76	0,54	0,60	0,62	1,08	0,85	1,97	1,89	2,14	2,00	1,21
Jan	1,06	5,96	6,19	7,11	6,42	8,35	6,50	7,43	6,46	7,44	7,75	7,22	7,75
Feb	2,75	27,82	26,50	25,83	26,72	24,44	20,19	22,32	19,13	24,60	3,66	15,80	29,23
Mar	2,46	27,17	25,32	22,52	25,00	23,27	24,69	23,98	23,54	23,86	8,83	18,74	28,53

الجدول (18): التطور الزمني للأرتوفوسفات.

	Inlet	Salsola	Phragmites	Tamarix Boveana	G1	Zygophylu	limoniastru	G2	Traganum nadatum	Suaeda mollis	Salsola		control
		Baryosma	comminus			album	guyonianu				imbricate		
July	3,20	0,45	0,65	0,70	0,60	0,51	0,47	0,49	0,46	0,48	0,47	0,47	2,10
Aug	3,45	0,50	0,71	0,82	0,68	0,49	0,35	0,42	0,79	0,47	0,50	0,59	2,26
Sept	3,39	0,44	0,59	0,61	0,55	0,51	0,19	0,35	0,43	0,49	0,42	0,45	2,16
Oct	2,93	0,43	0,45	0,42	0,43	0,52	0,29	0,41	0,69	0,41	0,60	0,57	1,12
Nov	0,71	4,59	0,04	2,49	2,37	0,50	0,45	0,48	0,75	0,47	0,42	0,55	3,85
Dec	1,83	1,31	0,72	0,99	1,01	0,85	1,00	0,93	1,02	0,98	0,99	1,00	1,47
Jan	1,36	0,36	0,44	0,28	0,36	0,19	0,34	0,27	0,44	0,30	0,53	0,42	0,86
Feb	2,73	0,15	0,21	0,31	0,22	0,29	0,59	0,44	0,57	0,30	0,25	0,37	1,30
Mar	5,75	1,62	0,22	3,10	1,65	0,69	1,23	0,96	2,03	2,00	1,65	1,89	4,21

الجدول (19): المعايير الفيزيوكيميائية لمياه الصرف الموجهة للسقي (FAO 2003).

Problèmes Potentiels en Irrigation	Unités	Degré de restriction à l'usage		
		Aucun	Léger à modéré	Sévère
<b>Salinité</b>				
EC <sub>w</sub> <sup>1</sup>	dS/m	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
ou				
TDS	mg/l	< 450	450 - 2000	> 2000
<b>Infiltration</b>				
SAR <sup>2</sup> =0 - 3 et EC <sub>w</sub> =	dS/m	> 0.7	0.7 - 0.2	< 0.2
=3 - 6 =		> 1.2	1.2 - 0.3	< 0.3
=6 - 12 =		> 1.9	1.9 - 0.5	< 0.5
=12 - 20 =		> 2.9	2.9 - 1.3	< 1.3
=20 - 40 =		> 5.0	5.0 - 2.9	< 2.9
<b>Toxicité Spécifique des ions</b>				
<b>Sodium (Na)</b>				
Irrigation de surface	SAR	< 3	3 - 9	> 9
Irrigation par aspersion	mèq/l	< 3	> 3	
<b>Chlorure(Cl)</b>				
Irrigation de surface	mèq/l	< 4	4 - 10	> 10
Irrigation par aspersion	mèq/l	< 3	> 3	
<b>Bore (B)</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> )	mèq/l	< 1.5	1.5 - 8.5	> 8.5
<b>pH</b>		Gamme normale 6.5 - 8.4		

<sup>1</sup> EC<sub>w</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>4</sub>-N et N-organique devraient être également examinés dans les eaux usées.

الجدول (20): المعايير لقائمة المزروعات الممكن سقيها بمياه الصرف المعالجة، المنشور الوزاري 2 جانفي 2012  
1. الخصائص الفيزيوكيميائية :

PARAMETRES		UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
Physiques	pH	—	$6.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$
	MES	mg/l	30
	CE	dS/m	3
	Infiltration le SAR = o - 3 CE		0.2
	3 - 6	dS/m	0.3
	6 - 12	ou mS/cm	0.5
	12 - 20		1.3
	20 - 40		3
Chimiques	DBO5	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	CHLORURE (Cl)	meq/l	10
	AZOTE (NO <sub>3</sub> - N)	mg/l	30
	Bicarbonate (HCO <sub>3</sub> )	meq/l	8.5
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20.0
	Arsenic	mg/l	2.0
	Béryllium	mg/l	0.5
	Bore	mg/l	2.0
	Cadmium	mg/l	0.05
	Chrome	mg/l	1.0
	Cobalt	mg/l	5.0
	Cuivre	mg/l	5.0
	Cyanures	mg/l	0.5
	Fluor	mg/l	15.0
	Fer	mg/l	20.0
	Phénols	mg/l	0.002
	Plomb	mg/l	10.0
	Lithium	mg/l	2.5
	Manganèse	mg/l	10.0
	Mercure	mg/l	0.01
	Molybdène	mg/l	0.05
	Nickel	mg/l	2.0
	Sélénium	mg/l	0.02
	Vanadium	mg/l	1.0
Zinc	mg/l	10.0	

GROUPES DE CULTURES	PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES	
	Coliformes fécaux (CFU/100ml) (moyenne géométrique)	Nématodes intestinaux (œufs/1) (moyenne arithmétique)
Irrigation non restrictive. Culture de produits pouvant être consommés crus.	<100	Absence
Légumes qui ne sont consommés que cuits. Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	<250	<0,1
Arbres fruitiers (1). Cultures et arbustes fourragers (2). Cultures céréalières. Cultures industrielles (3). Arbres forestiers. Plantes florales et ornementales (4).	Seuil recommandé <1000	<1
Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6).	pas de norme recommandée	pas de norme recommandée

(1)

L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombé 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.



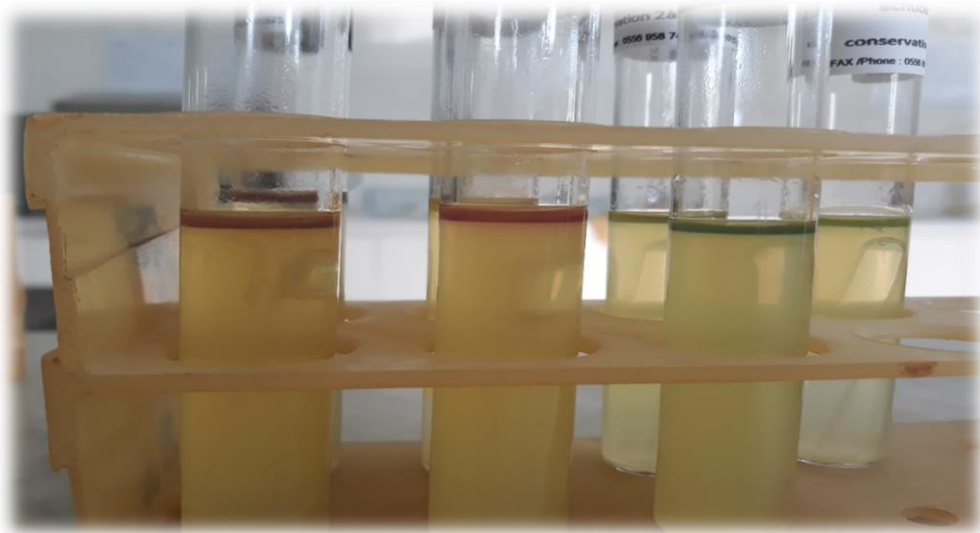
(Photo Kaddour zineb, 2019)  
الصورة (27): مظهر يمثل تبخر مياه بالشط (شهر جويلية 2019).



الصورة (28): مظهر يمثل تشكل الطحالب بأحد الأحواض.



الصورة (29): قياس الطلب البيولوجي للأكسجين BOD.



الصورة (30): الكشف عن بكتيريا coliformes fécaux.



الصورة (31): جهاز Spectrophotometer UV/VIS (ODYSSEY).

## المخلص

الهدف من هذه الدراسة هو إثبات فعالية النباتات الصحراوية في معالجة المياه، حيث قمنا بجلب هذه النباتات من شط حلوفة وهو مصب لمياه الصرف الصحي يبعد ب 45 كم شمال مدينة الوادي ببلدية سيدي عون، النباتات المستعملة هي كالتالي: *Salsola Baryosma*, *Phragmites*, *Salsola Imbricata*, *Suaeda Mollis*, *Limoniastrum Guyonianum*, *Zygophyllum Album*, *Tamarix Boveana*, *comminus* *Traganum nadatum* قسمنها إلى ثلاث مجموعات، حسب توزعها على الشط وقرىها من الماء أين استعملناها في تنقية مياه الصرف الصحي بنظام تدفق العمودي تحت السطحي، شملت هذه الدراسة مقارنة بين أحواض مزروعة، حيث يحتوي كل حوض على نوع واحد من هذه النباتات وحوض غير مزروع كشاهد. الدراسة منجزة عبر نموذج تجريبي في منطقة تطهير المياه المستعملة الحضرية بمؤسسة الديوان الوطني للتطهير ONA بمدينة كوينين بولاية الوادي الجزائر والتي تتميز بمناخ شبه جاف يتكون النموذج التجريبي من أحواض دائرية ذات سعة 18 مملوءة من الأسفل إلى الأعلى على سمك 7 سم من الحصى الخشن، و 7 سم حصى رقيق و 15 سم من ( 90% ) من الرمل الناعم + (10% ) من الطين) للمجموعة 1 و 2 أما المجموعة 3 نفس المواد و سمك التعبئة لكن الإختلاف في الطبقة العلوية حيث تتكون من ( 100% الرمل الناعم) بسمك 15 سم. الأحواض مزروعة بسبقان فتية حديثة العمر بكثافة 2 ساقان/متر، حيث تتم عملية تزويد الأحواض بالمياه المستعملة الحضرية بعد المعالجة الأولية (المعالجة الفيزيائية) ب 4- (3/2)- 1 ل للمجموعة الأولى و الثانية والثالثة على التوالي في اليوم بوتيرة منتظمة مرة واحدة في الأسبوع، الماء المتحصل عليه بعد مكوثه 5 أيام في الحوض يتم تجميعه عبر إنباء موضوع أسفل الحوض. دامت هذه الدراسة 9 أشهر من شهر جويلية 2019 إلى غاية مارس 2020، تحصلنا فيها على إزالة الملوثات بالنسب التالية: COD (المجموعات (1)، (2)، (3) على التوالي بنسب 85.49 %، 85.69 %، 82.19 %، BOD5 (في المجموعات (1)، (2)، (3) على التوالي بنسب 78.73 %، 80.07 %، 74.88 %، NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (في المجموعات (1)، (2)، (3) على التوالي بنسب 98.74 %، 99.05 %، 99.09 %، PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (في المجموعات (1)، (2)، (3) على التوالي بنسب 68.96 %، 81.33 %، 75.14 %). كما وجدنا أن هذه النباتات أبدت قدرتها على إزالة الملوثات البيولوجية (البكتيريا) بنسبة كبيرة تفوق 99%، كما يبدي سقي الأحواض باستعمال نظام التدفق العمودي نتائج معتبرة في التخفيض من نسبة الملوثات العضوية والمعدنية المتواجدة في المياه المستعملة، كما تميز هذا النظام بزيادة النترات و المواد العالقة (تراب)، كما أبدت هذه النباتات تأقلا وتعايشا مع نوعية هذه المياه في مناخ المنطقة. أما قدرة تنقية الأحواض المغروسة بالنباتات كانت أعلى من الحوض غير المغروس، حيث بدت المجموعة الثانية الأحسن من حيث أداءها وقدرتها على إزالة الملوثات العضوية (BOD5- COD) وأورتو فوسفور PO<sub>4</sub>-3 مقارنة بالمجموعتين الأخرين، و بدت المجموعة الثالثة الأحسن في إزالة للأزوت (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>، NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)، بالرغم من ذلك إلا أنه لا يوجد اختلاف كبير في أداء مختلف الأحواض المزروعة. أخيرا يمكننا القول بأن الإنخفاض المعتبر للملوثات والكانتات الضارة يجعلنا نهتم أكثر لإعادة استعمال المياه المعالجة لمصب حلوفة في الزراعة.

**كلمات مفتاحية:** نباتات صحراوية، مصب حلوفة، مياه الصرف الصحي، المعالجة النباتية، مناخ جاف، الوادي.

## Abstract

The aim of this study is to prove the effectiveness of desert plants in water treatment, which are: *Salsola Baryosma*, *Phragmites comminus*, *Tamarix Boveana*, *Zygophyllum Album*, *Limoniastrum Guyonianum*, *Suaeda Mollis*, *Salsola Imbricata*, *Traganum nadatum* divided into three groups according to their distribution on the Halloufa Shott. On the purification of waste water by sub-surface vertical flow system, this study included a comparison between planted basins, where each basin contains one type of these plants and an uncultivated basin as a control. The study was carried out through an experimental model in the treatment plant (STP1) ONA located in Kouinine, El-Oued (south-eastern Algeria) in a hyper-arid zone. The choice of the dimensions of the basins, the quantity and classification of the materials used (thick gravel (15/25) mm with a thickness of 70 mm, fine gravel (4/12.5) mm with a thickness of 70 mm and soil (clay (10%) - sand (90%) with a thickness of 150 mm). The basins are planted with young stems at a density of 2 tiges/m, The process of supplying the basins with urban wastewater after primary treatment (physical treatment) with 4L for the first group, (2-3)L for the second, and 1L for third group per day at a regular rate once a week, and the water obtained after its stay in the basin for 5 days is collected through a container placed at the bottom of the basin. After this study, which lasted for 9 months from July 2019 to March 2020. We obtained the removal of pollutants by the following percentages: COD (groups (1), (2), (3) respectively with ratios 85.49 %, 85.69 %, 82.19 %), BOD5 (in groups (1), (2), (3), respectively, with percentages 78.7 %, 80.07 %, 74.88 %), NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (in groups (1), (2), (3), respectively with percentages 98.74 %, 99.05 %, 99.09 %), PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (in groups (1), (2), (3) respectively with proportions 68.96 %, 81.33 %, 75.14 %). We also found that these plants showed their ability to remove biological pollutants (bacteria) with a large percentage of more than 99 %. Watering the basins using a vertical flow showed significant results in reducing the percentage, and the increasing of nitrates and suspended matter (sand). The second group was better in terms of its performance and ability to remove organic pollutants and Orthophosphorous compared to the other two groups, and the third group had the best removal of nitrogen (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) and there was no significant difference in the performance of the different cultivated basins. That the significant reduction of pollutants and harmful organisms makes us more interested in reusing treated water in agriculture.

**Keyword word:** Desert Plants, Halloufa Estuary, sewage water, Phytoremediation, Dry climate, El-Oued