الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات وعلوم المادة

قسم الكيمياء

مذكرة مقدمة لنيل شهادة ماستر أكاديمي

في الكيمياء

التخصص: كيمياء المحيط

من إعداد: بوهريرة عماد الدين , خرفي وليد

الموضوع:

إزالة الملوثات العضوية من مياه الصرف الصحي بواسطة نبات Cyperus Papyrus (ورق البردي) بطريقة التدفق الأفقي

نوقشت علنيا يوم:2022/05/30

أمام لجنة المناقشة:

مقدم خضرة	أستاذ محاضر "أ"	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	رئيسا
شاوش خولة	أستاذ محاضر "ب"	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	مناقشا
بن زاهي خديجة	أستاذ محاضر "أ"	المدرسة العليا للأساتذة ورقلة	مؤطراً
العابد إبراهيم	أستاذ تعليم عالي	المدرسة العليا للأساتذة ورقلة	مساعد مؤطر

السنة الجامعية:2021 /2022

بسم الله الرحمن الرحيم

((وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ))

صدق الله العظيم

إهـــــــــــــــداء:

الحمد لله وكفى والصلاة على الحبيب المصطفى وأهله ومن وفى أما بعد:

الحمد لله الذي وفقنا لتثمين هذه الخطوة في مسيرتنا الدراسية بمذكرتنا, ثمرة الجهد والنجاح بفضله تعالى مهداة إلى الوالدين الكريمين حفظهما الله

وأدامهما نورا لدربي لكل العائلة الكريمة التي ساندتني

إلى من حبهم يجري في عروقي ويلج بذكرهم فؤادي

إلى إخوتي كل واحد باسمه هاجر, عائشة, سارة, صلاح الدين

والى الكتاكيت الصغار أبناء أخواتي سراج عبد المعز, أسينات

والى من سرنا سويا ونحن نشق الطريق معا نحو النجاح

إلى كل أصدقائي وزملائي إلى من علموني حرفا من ذهب وكلمات من نور وعبارات إلى كل المعلمين و أساتذتي الكرام في المشوار الدراسي من الابتدائي إلى الجامعي إلى كل إدارة علوم المادة

وقسم الكيمياء و جميع دفعة 2022

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

والى كل من ساهم في دعمي وتحفيزي ونجاحي من قريب أو بعيد

وإلى كل من أحياهم قلبي ونسيهم قلمي.

عماد الدين

الإهـــــــــــداء:

احمد الله عز وجل على منه وعونه لإتمام هذا البحث ونصلى ونسلم على سيدنا محمد وعلى أله وصحبه وسلم تسليما كثيرا.

إلى الذي وهبني كل ما يملك حتى أحقق له آماله, إلى من كان يدفعني قدما نحو الأمام لنيل المبتغى إلى مدرستي الأولى في الحياة, أبي الغالي على قلبي أطال الله في عمره.

إلى التي وهبت فلذة كبدها كل العطاء والحنان, إلى التي صبرت على كل شيء, التي رعتني حق الرعاية وكانت سندي في الشدائد وكانت دعواها لي بالتوفيق, إلى من ارتحت كلما تذكرت ابتسامتها في وجهي نبع الحنان أمي اعز ما أملك على القلب والعين جزاها الله عني خير الجزاء في الدارين,

إليهما اهدي هذا العمل المتواضع لكي ادخل على قلبهما شيئا من السعادة

إلى إخوتي وأخواتي كل واحد باسمه نور الدين, خالد, سمية, أم الخير, فطيمة, راوية , صابرة, أية ,رحيمة الذين تقاسموا معي عبئ الحياة

وإلى زوجات إخوتي وأزواج أخواتي وأبنائهم

إلى الذين تحملوا معي متاعب هذا العمل وتقاسمت معهم جهدهم إلى من جعلهم الله إخوتي لي في الله طلاب قسم الكيمياء عبد الرفيق, ياسر, مريم, إكرام, إلى رفقاء الدرب والأصدقاء والأحباب أيمن, خالد, أنس, في كل مكان إلى كل من أحياهم قلبي وأنساهم قلمي

إلى المعلمين و الأساتذة في الطور الدراسي ابتدائي متوسط ثانوي جامعي

وإلى كل أساتذة قسم الكيمياء

إلى كل من يؤمن بان بذور نجاح التغيير هي في دواتنا وفي أنفسنا قبل أن تكون في أشياء أخرى.....

إلى كل من ساهما من قريب أو بعيد

إلى كل هؤلاء اهدي هذا العمل.

وليد

شكر و عرفان:

الحمد لله أولا وأخرا الذي وفقنا لإنجاز هذه المذكرة

قال تعالى {{لَئِنْ شَكَرْتُمْ لَأَزِيدَنَّكُمْ }} نشكر الله العلي القدير الذي أنار لنا طريق العلم والمعرفة والحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات فبعون من الله تعالى وتوفيقه تم إنجاز هذا العمل.

تحت إشراف الدكتورة: بن زاهي خديجة

والأستاذ المساعد: العابد إبراهيم

وقبل أن نمضي قدما نقدم آيات الشكر والامتنان والتقدير والمحبة
إلى الذين حملوا أقدس رسالة في الحياة, للذين مهدوا لنا طريق العلم
والمعرفة من أولى المراحل الدراسية حتى هذه اللحظة
إلى جميع أساتذة قسم الكيمياء ـورقلةـ

وإلى عمال الديوان الوطني للتطهير ب محطة تقرت والشكر الخاص للسادة
والسيدات العاملين بالمخبر

الذين أشرفوا على مساعدتنا في إنجاز بحثنا وأوجه الفضل في توجيهنا,
فجزآهم الله كل خير

إلى من زرعوا التفاؤل في دربنا وقدموا لنا المساعدات والتسهيلات و الأفكار, دون
أن يشعروا بدورهم فلهم منا جميع الشكر والتقدير

و في الأخير, لا يسعنا إلا أن ندعو الله عز وجل أن يرزقنا السداد والتوفيق
وأن يسدد خطانا, إنه ولي ذلك والقادر عليه.

قائمة الأشكال:

الرقم	العنـــــــــوان	الصفحة
01	المكونات الأساسية للمياه المستعملة المنزلية	07
02	مختلف النباتات المستعملة في محطات المعالجة وفقا مكان نموها	20
03	حوض معالجة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر	22
04	حوض معالجة بالنباتات بجريان تحت السطح الأفقي	23
05	حوض معالجة بالنباتات بجريان تحت السطحي الشاقولي	24
06	حوض معالجة بالنباتات بالجريان المتنوع الهجين	25
07	خريطة توضح الموقع الجغرافي لولاية تقرت	33
08	خريطة تبين موقع منطقة الدراسة (الديوان الوطني للتطهير ONA) لولاية تقرت الجزائر	34
09	صور بالقمر الصناعي تحدد موضوع منطقة الدراسة (محطة التصفية تقرت)	35
10	هيكل محطة التصفية مصغر	35
11	رسم تخطيطي يوضح البروتوكول التجريبي	36
12	يوضح العتاد التجريبي المستعمل	36
13	النبات*Cyperus papyrus*	37
14	طريقة أخذ العينات	40
15	يوضح تطور الزمني لدرجة الحرارة°T C المياه الداخلة والخارجة لكل من الحوض المزروع والشاهد خلال خمسة أشهر	51
16	يوضح التطور الزمني للأكسجين المنحل$O_{2dissous}$ للمياه الداخلة والخارجة لكل من الحوض المزروع والشاهد خلال خمسة أشهر	51
17	يوضح التطور الزمني للأس الهيدروجيني PH للمياه الداخلة والخارجة لكل من الأحواض المزروعة والشاهد خلال خمسة أشهر	52
18	يوضح تطور الزمني للناقلية الكهربائية CE للمياه الداخلة والخارجة لكل من الحوض المزروع والشاهد خلال خمسة أشهر	53
19	يوضح التطور الزمني للمواد العالقة MES للمياه الداخلة والخارجة لكل من الحوض المزروع والشاهد خلال خمسة أشهر	54
20	يوضح التطور الزمني الطلب الكيميائي للأكسجين DCO للمياه الداخلة والخارجة لكل من الحوض المزروع والشاهد خلال خمسة أشهر	55
21	يوضح تطور الزمني لطلب الحيوي للأكسجين DBO_5 للمياه الداخلة والخارجة لكل من الحوض المزروع والشاهد خلال خمسة أشهر	56
22	يوضح تطور الملوحة salinité للمياه الداخلة والخارجة لكل من الأحواض المزروع والشاهد خلال خمسة أشهر	57

قائمة الجداول:

الرقم	العنـــــــــــــــوان	الصفحة
01	المكونات الأساسية للمياه المستعملة ومصدرها وبعض المخاطر وطرق معالجتها	8
02	قيم الحد الأقصى لمعالم صرف النفايات الصناعية	14
03	دور النباتات ضمن محطات المعالجة بالنباتات	26
04	أهم آليات الإزالة الرئيسية للملوثات ضمن أحواض النباتات	28
05	معامل تغير قيمة DBO_5 بدلالة حجم العينة المستعملة	44
06	يوضح نتائج القيم المتوسطة للوسائط المقاسة للمياه الصرف الصحي المستعملة في المحطة لموسم 2021	49
07	يوضح قيم معامل التحليل البيولوجي	50
08	قيم الخصائص الفيز وكيميائية المقاسة للمياه المستعملة في المحطة	50

قائمة المختصرات:

MES	Matières en suspension المواد العالقة
CE	Conductivité électrique الناقلية الكهربائية
$O2_{diss}$	l'oxygéné dissous الأكسجين المنحل
DCO	Demande chimique en oxygen الطلب الكيميائي للأكسجين
DBO_5	Demande Biochimique en Oxygène (05 jours) الطلب البيو كيميائي للأكسجين خلال05 أيام
NO_3^-	Nitrate النيترات
NO_2^-	Nitrite النتريت
PO_4^{-3}	Ortho phosphor الأور ثو فوسفات
TSS	Total Suspende solides المواد الصلبة الكلية
NH_4^+	Ammonium أمونيوم
ONA	Office national d'assainissement الديوان الوطني للتطهير
OMS	Organisation mondiale de la Santé منظمة الصحة العالمية
MO	Matières organiques المواد العضوية
K	Coefficient de biodégradation معامل التحلل البيولوجي
PNEH	Bureau National des études Hydrauliques مكتب الوطني للدراسات الهيدروليكية

الفهرس:

لإهـــــــداء i

شكر وعرفان..... ii.

قائمة الأشكال..... iii.

قائمة الجداول..... iv.

قائمة الاختصارات..... v.

المقدمـــــــــــــــــــة العامة 1

الجزء النظـــــــــــــــــــــــــري

الفصل الأول: معلومات عامة حول تلوث المياه وطرق معالجتها 3 - 15

مقدمة الفصل الأول 3

1 عموميات حول المياه الملوثة..... 4

1-1 تعريف تلوث المياه..... 4

2-1 ملوثات المياه..... 4

3-1 مصادر تلوث المياه..... 4

4-1 أنواع وحالات التلوث المائي..... 5

1 التلوث الفيزيائي..... 5

2 التلوث الحراري..... 5

3 التلوث الإشعاعي..... 5

4 التلوث الكيميائي..... 6

5 التلوث البيولوجي..... 6

5-1 التلوث بالمياه الصرف الصحي..... 6

1-5-1 تعريف مياه الصرف الصحي..... 6

2-5-1 مصادر مياه الصرف الصحي..... 6

1 مياه الصرف الصحي المنزلية..... 6

2 مياه الصرف الصناعي..... 8

3 مياه الأمطار الملوثة..... 9

4 الملوثات الزراعية..... 9

3-5-1 خصائص مياه الصرف الصحي..... 9

1 ملوثات فيزيائية..... 9

2 المواد الصلبة المنحلة..... 9

3 الغازات المنحلة..... 9

4 ملوثات حيوية..... 10

4-5-1 مقاييس تصنيف الملوثات في المياه المستعملة..... 10

1 درجة الحرارة..... 10

2 درجات الحموضة PH..... 10

3 الناقلية الكهربائية CE..... 10

4 العكارة..... 11

5 المواد العضوية..... 11

6 المواد العالقة MES..... 11

7 الطلب البيو كيميائي للأكسجين DBO_5..... 11

8 الطلب الكيميائي للأكسجين DCO..... 12

9 التحلل البيولوجي K..... 12

10 النترات NO_3^-..... 13

11 النتريت NO_2^- 13

12 ارتو فوسفات PO_4^{-3} 13
13 الكائنات الحية الدقيقة.. 13
6-1 المعايير والتراكيز المسموح بها.. 14
7-1 استعمالات مياه الصرف الصحي في حالة معالجتها.................................... 14
8-1 الأخطار المرتبطة من جراء استعمال مياه المستعملة.................................. 15
الفصل الثاني : الطرق المتبعة لمعالجة المياه الصرف الصحي باستعمال النباتات المائية 16 - 31
2 معالجة المياه باستعمال النباتات.. 16
1-2 نبذه تاريخية.. 16
2-2 الهدف من معالجة المياه المستعملة.. 16
3-2 أنظمة معالجة مياه الصرف الصحي (مراحل المعالجة)................................... 16
4-2 الطرق المتبعة في المعالجة المياه المستعملة.. 18
1-4-2 تعريف عملية التنقية بالنباتات.. 18
2-4-2 محطة المعالجة بالنباتات... 18
3-4-2 النباتات المائية المستخدمة ضمن محطات المعالجة بالنباتات.......................... 19
1-3-4-2 النباتات المائية الغاطسة Macrophyte Submerges............... 19
2-3-4-2 النباتات المائية البارزة Macrophytes Emerges................... 19
3-3-4-2 النباتات المائية الطاقية MacrophytesFlotents..................... 20
4-4-2 اهم النباتات المتواجدة في المنطقة 21
5-2 أحواض النباتات المستعملة في تصفية مياه الصرف الصحي 22
1-5-2 الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر......................... 22
2-5-2 الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان تحت السطحي الأفقي................. 23
3-5-2 الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان تحت السطحي الشاقولي............... 24
4-5-2 الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان المتنوع المهجن (أفقي+ شاقولي)..... 25
6-2 دور مختلف مكونات نظام المعالجة بالنباتات 26
1-6-2 دور النبات.. 26
2-6-2 دور مواد التعبئة.. 27
3-6-2 دور الكائنات الدقيقة (الأجسام الغريبة)... 27
7-2 آليات إزالة الملوثات وفعالية أحواض المعالجة بالنباتات............................... 28
1-7-2 إزالة المواد العالقة... 28
2-7-2 إزالة المواد العضوية... 28
3-7-2 إزالة الفسفور.. 29
4-7-2 آلية إزالة وفصل المعادن... 29
5-7-2 إزالة الكائنات المجهرية من أصل الإنسان... 30
خلاصـــــــــــــــــة... 31

الجزء العمـــــــــــــــــــــــــــلي

الفصل الثالث: طرق وأدوات العمل المستعملة في هذه الدراسة 32 - 47
3 1-3 مقدمة... 32
2-3 تقديم منطقة الدراسة.. 33
1-2-3 الموقع الفلكي... 33
2-2-3 الموقع الجغرافي.. 33
3-3 تقديم محطة التصفية بولاية تقرت.. 34
4-3 البروتوكول التجريبي.. 36
5-3 النبات المستعمل في التنقية.. 37
1-5-3 التصنيف العلمي لنبات cyperus papyrus... 37
2-5-3 وصف النباتcyperus papyrus... 37
3-5-3 البيئة التي ينتشر فيها النباتcyperus papyrus..................................... 38
4-5-3 استعمالات نباتcyperus papyrus... 38
6-3 مراحل الدراسة.. 39
7-3 تحديد الوسائط الفيزيو كيميائية المقاسة.. 40
1-7-3 تحديد المواد العالقةMES... 40
2-7-3 تحديد الطلب الكيميائي للأكسجين DCO... 42

3-7-3 تحديد الطلب البيو كيميائي للأكسجين DBO_5 43
4-7-3 قياس الأكسجين المنحل O_{disse} 45
5-7-3 قياس الأس الهيدروجيني PH 46
6-7-3 قياس درجة الحرارة 46
7-7-3 قياس الناقلية الكهربائيةCE 47
الفصل الرابع: نتائج و مناقشـــــة 48-57
4 مقدمـــــــــــــة 48
1-4 النتائج 49
2-4 تحديد خصائص مياه الصرف الصحي(المستعملة) الخام لمحطة التصفية تقرت 49
3-4 حساب معامل التحلل البيولوجي (نسبة $K = DCO/BOD_5$) 49
4-4 خصائص المياه المعالجة لمحطة تصفية تقرت 50
5-4 مناقشة النتائج 50
1-5-4 تطور درجة الحرارة(c°) T 50
2-5-4 تطور الأكسجين المنحل ($O_{2dissous}$) 51
3-5-4 تطور الأس الهيدروجيني لPH 52
4-5-4 تطور الناقلية الكهربائيةCE 53
5-5-4 تطور المواد العالقة MES 54
6-5-4 تطور الطلب الكيميائي للأكسجين (DCO) 54
7-5-4 تطور الطلب البيو كيميائي للأكسجين DBO_5 55
8-5-4 تطور الملوحة (Salinité) 56
الخلاصـــــــة العامـــــــة 58
الأفاق المستقبليـــــــة 59
قائمة المراجـــــــــــــــع ..... 60 – 63
الملحـــــــــــــــــق ..... I-II-III-IV

المقدمـــة العامـــة:

المقدمـــــــــــــــــــة العامة:

مما لاشك فيه أن الماء هو العنصر الأساسي لاستدامة الكائنات الحية بما فيها البيئة, والعيش بدونه هو أمر مستحيل, قال تعالى((وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ ۖ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ)) سورة الأنبياء الآية 30. فهو يساوي الحياة بشتى أنواعها وأشكالها كما أنه يعتبر عنصر هام في مجال التنمية, وبمرور الأيام وتطور الزمن أصبح الإنسان يشهد تحديا للحصول عليه لأنه محدود[1], فهو يتعرض للعديد من العناصر التي تساهم في تغير خصائصه فتصبح مياه ملوث مما يتسبب في ندرته ولهاذ أصبح هذا العنصر مشكلة مطروحة في القضايا والاجتماعات العالمية والندوات العلمية الدولية في سبيل المحافظة عليه وحمايته وذلك من خلال إتباع استراتيجيات مخصصة لتسير المياه لأن عملية التسيير المائي تعتبر من المواضيع المحددة للبقاء والاستقرار ودوام الصحة .

تعد المياه الملوثة أو مياه الصرف الصحي من أخطر وأهم الملوثات التي تؤثر على الصحة البيئية , لاحتوائها على كميات كبيرة ومتنوعة من المركبات والكائنات الحية الدقيقة ,ولهذا السبب وجب التفكير في طرق لتنقية هذه المياه لإعادة استعمالها في مختلف المجالات, تختلف هذه الطرق من حيث تكلفة ومن حيث قدرة كل دولة على توفير الإمكانيات لهذا لجأت بعض الدول المهتمة بهذه الدراسة إلى طرق أسهل وأقل تكلفة ,وهي محطات المعالجة بالنباتات, الطريقة التي أثبتت كفاءتها وقدرتها على تحقيق المواصفات المرغوبة لمياه الصرف الصحي عبر طرق تقليل نسبة الملوثات والعوامل الممرضة والوصول إلى نتائج المسموحة لإعادة استعمالها في بعض المجالات منها الزراعة.

أساس المعالجة بالنباتات المائية المزروعة تعتمد على الجذمور والجذور, حيث تشكل حامل لنمو البكتيريا وتصفية المواد العالقة[1], النباتات تسمح للأكسجين أن ينتقل إلى الجذور عن طريق الأوراق و السقان [2][3] هذا الأكسجين يساعد على تزايد ونمو البكتيريا التي تقوم بهدم المواد العضوية الموجودة ضمن الماء , إضافة لأنظمة أخرى تدخل في المعالجة مثل التركيب الضوئي والأكسدة الضوئية, ومساهمة منا في البحث عن آلية وكيفية إزالة التلوث العضوي لذلك قمنا بإجراء دراسة على مستوى محطة المعالجة (الديوان الوطني للتطهير) ب "تقرت" تم طرح الإشكالية كيف يتم إزالة الملوثات العضوية من مياه الصرف الصحي بواسطة نبات*Cyperus Papyrus* (*ورق البردي*) بطريقة التدفق الأفقي وللإجابة على هذا الإشكال تم تقييم كفاءة محطة المعالجة ب "تقرت" خلال خمسة أشهر سنة 2021.

تهدف دراستنا هذه لإزالة الملوثات العضوية من مياه الصرف الصحي بواسطة نبات *Cyperus Papyrus*(*ورق البردي*) بطريقة التدفق الأفقي والتي تتضمن أربعة فصول:

الفصل الأول: و نقدم فيه معلومات عامة حول تلوث المياه وطرق معالجتها.

الفصل الثاني: و يبين لنا أهم الطرق المتبعة لمعالجة المياه باستعمال النباتات.

الفصل الثالث: و يشمل على طرق وأدوات العمل المستعملة في هذه الدراسة.

الفصل الرابع: ويضم فيه نتائج و مناقشة.

ونختم دراستنا في الأخير بخلاصة عامة.

الفصل الأول :
معلومات عامة حول تلوث المياه وطرق معالجتها

مقدمـــــــة:

تلعـــب النباتـــات دورا مهمـــا فـــي إدارة الأراضـــي الرطبـــة والأنهـــار و فـــي حمايـــة الميـــاه مـــن التلـــوث وقـــد تـــم إلقـــاء الضـــوء علـــى هـــذا الـــدور مـــن قبـــل البـــاحثين مؤكـــدين علـــى الـــدور الحاســـم لهـــا فـــي إنعـــاش الأنهـــار وإدامتهـــا, اســـتخدام النباتـــات لحـــل مشـــكل التلـــوث أو الحـــد منهـــا والتـــي تكـــون ضـــارة للأنظمـــة البيئيـــة الأخـــرى, مثـــل اســـتخدام الأراضـــي الرطبـــة , لمعالجـــة ميـــاه الصـــرف الصـــحي حيـــث اســـتعملنا نـــوع مـــن النباتـــات المائيـــة التـــي لهـــا القـــدرة علـــى التـــأقلم مـــع منـــاخ المنطقـــة وهـــو ***Papyrus Cyperus*** ويعـــود ســـبب اختيارنـــا لهـــذا النبـــات لكونـــه محلـــي وموجـــود فـــي المنطقـــة وينمـــو تلقائيـــا, معـــروف فـــي المنطقـــة بالاســـم الشائع ورق البردي .

1- عموميات حول المياه الملوثة:

1-1- تعريف تلوث المياه:

هو أي تغير فيزيائي أو كيميائي أو بيولوجي في نوعية المياه, بطريقة مباشرة أو غير مباشرة, يؤثر سلبا على الكائنات الحية , أو يجعل المياه غير صالحة للاستخدامات المطلوبة, ويؤثر تلوث الماء تأثيرا كبيرا في حياة الفرد والأسرة والمجتمع, فالمياه مطلب حيوي للإنسان وسائر الكائنات الحية, فالماء قد يكون سببا رئيسيا في إنهاء الحياة على الأرض إذا كان ملوثا[4].

1-2- ملوثات الماء:

تنقسم المواد المسببة في تلوث المياه إلى ثماني مجموعات, وكل منها يضم عدد من المكونات لها خصائص أو تأثيرات معينة على نوعية الماء, وتنحصر هذه المجموعات فيما يلي:

- مواد بيولوجية مسببة للأمراض مثل: البكتيريا الممرضة المؤثرة على صحة الإنسان وتسبب له أمراض مثل : حمى التيفويد, الكوليرا, حمى البار تيفويد والدوسنتاريا....
- مواد سامة ,مثل: الزرنيخ , الرصاص, الزئبق, الكادميوم ....الخ, بالإضافة إلى أنواع مختلفة من المركبات الكيميائية العضوية (مبيدات, مذيبات, منظفات, زيوت ودهون.....).
- مغذيات غير عضوية مثل: النيتروجين والفسفور التي تنتج عن إضافة الأسمدة للأراضي الزراعية.
- كيمياويات ذائبة في الماء (أملاح, أحماض وأيونات المعادن الثقيلة).
- مواد صلبة معلقة مثل: (أتربة, مواد غير ذائبة).
- مواد مشعة مثل:(اليورانيوم والراديوم.....الخ).
- حرارة (ذوبا نية الأكسجين تعتمد على الحرارة).
- مخلفات تستهلك الأكسجين الحيوي (مواد عضوية)[5]

1-3- مصادر تلوث المياه:

تتعدد مصادر تلوث المياه ويمكن تقسيمها إلى:

- مصادر طبيعية وتشمل الجو, المعادن الذائبة, تحلل المواد النباتية, الجريان السطحي للأملاح والكيماويات.
- مصادر زراعية وتشمل الانحراف المائي للتربة, مخلفات حيوانية (مزارع الإنتاج الحيواني والدواجن, أسمدة كيماوية ومبيدات, مياه الري.

- مياه الصرف وتشمل الصرف الصحي والصرف الصناعي, مركبات البحرية والحوادث البحرية.
- مصادر أخرى متنوعة مثل: أنشطة البناء المناجم, الماء الجوفي, أماكن تجمع القمامة, أماكن إنتاج الإسمنت, ...الخْ[5].

1- 4- أنواع وحالات التلوث المائي :

إن اختيار الطريقة الأفضل في معالجة مياه الصرف الصحي, تتم على حسب أنواع المصادر الملوثة للمياه, وبالتالي لابد من الإشارة إلى هذه الملوثات, ودورها في تلويث المياه, وذلك من خلال مناقشة حالات تلوث المياه التالية[6]:

1- التلوث الفيزيائي (الطبيعي):

و ينتج عن تغيير المواصفات القياسية للماء عن طريق تغير درجة حرارته أو ملوحة أو ازدياد المواد العالقة بهي, سواء كانت من أصل عضوي أو غير عضوي[7].

2- التلوث الحراري:

ينتج هذا النوع من التلوث عن تواصل الحمم البركانية بالماء, وكذلك استعمال الماء كوسيلة للتبريد في محطات توليد الطاقة الكهربائية والمصانع ومحطات تحليه المياه, طرح هذه المياه الساخنة بالبحيرات والأنهار والمجاري المائية, تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة المياه مما يتسبب في الإخلال بتوازن العمليات البيولوجية الخاصة بالنباتات والحيوانات في تلك المياه ومنه يختل التوازن البيئي[6].

3- التلوث الإشعاعي :

ومصدر هذا التلوث يكون غالبا عن طريق التسرب الإشعاعي, من التفاعلات النووية, أو عن طريق التخلص من هذه النفايات في البحار والمحيطات والأنهار في الغالب لا يحدث هذا التلوث أي تغيير في صفات الماء الطبيعية, مما يجعله أكثر الأنواع خطورة, حيث تمتصه الكائنات الموجودة في هذه المياه وفي غالب الأحوال تتراكم فيه ثم تنتقل إلى الإنسان أثناء تناول هذه الأحياء فتحدث فيه العديد من التأثيرات الخطيرة, منها الخلل والتحولات التي تحدث في الصفات الوراثية[7].

4- التلوث الكيميائي:

وينتج هذا التلوث غالبا عن ازدياد الأنشطة الصناعية, أو الزراعية بالقرب من المسطحات المائية مما يؤدي إلى تسرب المواد الكيميائية المختلفة إليها, ويعود ارتفاع في الأملاح المعدنية والأحماض والأسمدة والمبيدات من نواتج هذه الأنشطة التي تؤدي تسربها في الماء, إلى التلوث وتغير صفاته وهناك العديد من الغازات السامة الغذائية في الماء تؤدي إلي تسمم إذا وجدت بتراكيز كبيرة مثل الباريوم , الكادميوم , الرصاص والزئبق[7].

5- التلوث البيولوجي:

وينتج هذا التلوث عن ازدياد الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض مثل: البكتيريا والفيروسات والطفيليات والطحالب في المياه وتنتج هذه الملوثات في الغالب عن اختلاط فضلات الإنسان والحيوان بالماء بطريقة مباشرة, عن طريق صرفها مباشرة, في مسطحات المياه العذبة أو المالحة أو عن طريق غير مباشر عن طريق اختلاطها بماء صرف صحي أو زراعي ويودي وجود هذا النوع من التلوث, إلى الإصابة بالعديد من الأمراض [7].

1- 5- التلوث بمياه الصرف الصحي:

1-5-1- تعريف مياه الصرف الصحي:

المياه العادمة أو مياه الصرف الصحي: هي كل المياه من الأنشطة المنزلية, الزراعية, الصناعية و المحملة بالمواد السامة, التي تصل إلى أنابيب الصرف الصحي و تشمل أيضا مياه الأمطار وحملها الملوث فانه يولد جميع أنواع التلوث والإزعاج في البيئة المستقبلة[8].

1-5-2- مصادر مياه الصرف الصحي:

تصنف مياه الصرف الصحي إلى أربعة أنواع:

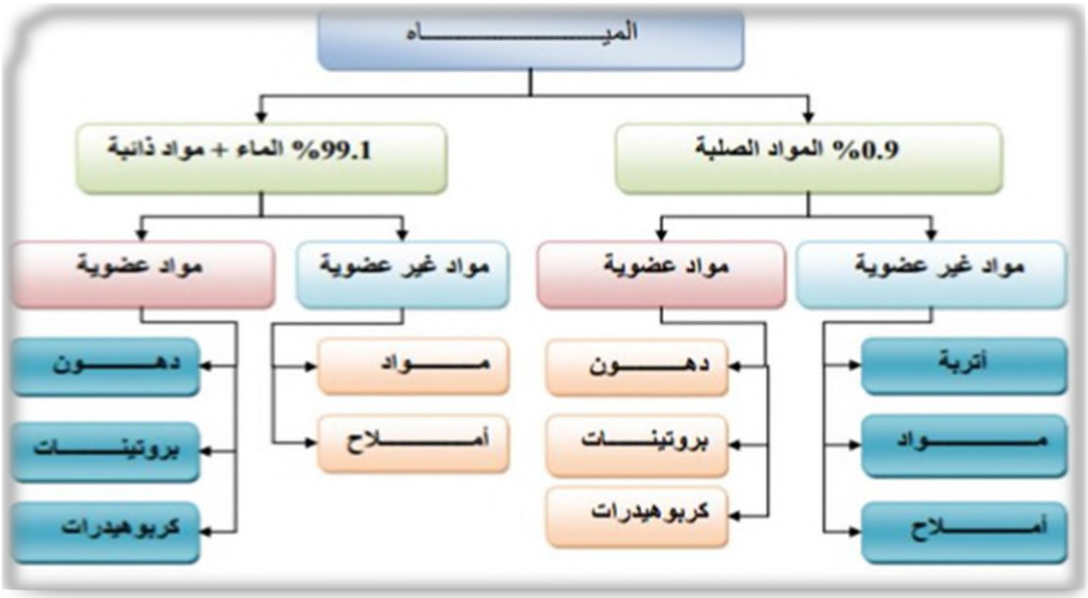
1- مياه الصرف الصحي المنزلية:

الماء المستعمل المنزلي هو الماء الذي تم استعماله من طرف السكان والذي يحتوي على كل المواد المضافة إلى الماء خلال استعماله وهكذا فهو يتكون من نفايات جسم الإنسان (فضلات منظفات ....الخ), بالإضافة إلى الماء المستعمل في صرف مياه المراحيض ومياه المجاري (المياه الناتجة من الاستحمام غسيل الملابس, إعداد الطعام, وتنظيف أواني المطبخ ....الخ)[6].

مكونات مياه الصرف المنزلي وأهم صفاتها :

تتكون مياه الصرف الصحي من المياه المستخدمة في المنازل سواء في الحمامات أو المطابخ وكذلك المياه المستعملة في بعض الورش والمصانع الصغيرة ومحطات الوقود, التي تقع داخل المدينة وتحتوي على نسبة عالية من الماء 99.9% والباقي مواد صلبة على هيئة مواد غروية وعالقة وذائبة وهذه المركبات هي[9]:

- ✓ الكربوهيدرات وتشمل السكريات الأحادية والثنائية والنشاء والسليلوز
- ✓ أحماض عضوية : مثل حمض الفورميكبربونيك وغيرها
- ✓ أملاح أحماض عضوية: مثل أكسالات الكالسيوم
- ✓ الدهون و الشحوم
- ✓ المركبات العضوية النيتروجين وتشمل البروتينات
- ✓ الأصباغ
- ✓ الأملاح المعدنية
- ✓ مواد أخرى وتشمل الجلوكوز و غيرها[9]



الشكل(01): يمثل المكونات الأساسية للمياه المستعملة المنزلية[7]

عندما نعاير ونحلل الماء المستعمل نجد فيه من بين الملوثات المكونة للمياه المستعمل تلك الممثلة في الجدول التالي:

الجدول(01): المكونات الأساسية للمياه المستعملة و مصدرها وبعض المخاطر وطرق معالجتها.

نوع الملوث	مصدره	المخاطر الناجمة	نوع المعالجة
مواد صلبة (حجارة ,مواد بلاستيكية ,أتربى عالقة ...)	نفايات منزلية ما تجره السيول	إعاقات في استعمال هذه المياه (انسداد أنابيب نقل المياه)	معالجة فيزيائية كلاسيكية (غربلة, ترشيح, تركيد....)
زيوت صناعية	نفايات منزلية, نفايات صناعية (محطات غسل وتشحيم السيارات...)	تلوث البيئة, تسمم المياه...	معالجة فيزيائية كلاسيكية (فصل الزيوت)
مواد عضوية مواد كيميائية (معادن ثقيلة مثل الرصاص , الزئبق)	استعمالات منزلية مبيدات فلاحيه مخلفات المستشفيات مخلفات صناعية	حالات تسمم وأمراض أخرى خطيرة	معالجة بيولوجية معالجة كيميائية

2- مياه الصرف الصناعي :

تأتي المياه المستعملة من المباني المستخدمة في الأغراض الصناعية أو التجارية أو الحرفية أو الخدماتية ومياه التبريد الخاصة بمضخات الحرارة والتكييف الهوائي, قبل صرفها في الشبكة العامة يجب معالجتها وفقا لطبيعتها من أجل حماية البيئة المستقبلة, ويرتبط تركيب هذه المياه بالنشاط الصناعي ويمكن تصنيف المنشأة الصناعية على أساس القطاعات الصناعية فالتصنيف الصناعي الدولي الموحد (ISIC) قام بتقسيمها إلى عدة قطاعات أهمها :

مصانع الورق, مصافي النفط, الصناعات المعدنية الأولية, الصناعات الكيميائية (العضوية وغير العضوية) باستثناء مصافي البترول صناعات تحويل المعادن (التعدين الثانوي الآلات المعدات الالكترونية معدات النقل أدوات القياس.....الخ) الصناعات الغذائية الزراعية صناعات النسيج والملابس وصناعات تجهيز الأخشاب (مناشير الأخشاب وتصنيع الأثاث.....الخ) الصناعات المتنوعة غير المصنفة في القطاعات السابقة على سبيل المثال (معالجة الحجر الطين و الطباعة ....الخ)[6].

3- مياه الأمطار الملوثة:

فمن بين مياه الصرف الصحي تلك التي تأتي من هطول الأمطار محملة بالمعادن العالقة و الهيدرو كربونات[6].

4- الملوثات الزراعية :

الزراعة : هي السبب الأول للتلوث المنتشر, فهو يشمل كلا من تلك المتعلقة بالمحاصيل الزراعية (المبيدات والأسمدة) والماشية (الطين والبوري).

تأتي النفايات السائلة من الأراضي المزروعة بعد الرشح والجريان السطحي, هذه المياه غنية بالمواد الغذائية (النيتروجين و الفوسفور) والملوثات العضوية (المبيدات)[6][10].

1-5-3- خصائص مياه الصرف الصحي :

تتصف مياه الصرف الصحي عموما بأنها مصدر هام من مصادر التلوث الذي يعتبر خطر على الصحة العامة نظرا لاحتوائها على العديد من الملوثات التي يمكن أن تكون:

1- ملوثات فيزيائية:

يمكن إزالتها بعمليات فيزيائية مباشرة كالترسيب أو الترشيح أو الإمتزاز أو الفصل الغشائي أو التبخير ...الخ , ومن أهم هذه الملوثات الرمل والشوائب الخاملة .

2- المواد الصلبة المنحلة :

تكون هذه الملوثات عضوية منها الهيدرو كربونات والدسم و الزيوت والشحوم والمبيدات الحشرية و العشبية والبروتينات والفينولات .....الخ , أو اللاعضوية ومنها القلويات والأحماض والكلوريد آت والمعادن الثقيلة و النيتروجين والفسفور والكبريت .

3- الغازات المنحلة :

منها غاز كبريت الهيدروجين و الأمونيا والميثان والأكسجين .

4- ملوثات حيوية:

وتتطلب إزالتها تطبيق بعض العمليات الحيوية أو الفيزيو كيميائية كالمعالجة الحيوية أو التعقيم , ومن أهم هذه الملوثات الحيوانات الميتة وبعض الكائنات العضوية المجهرية (الأحياء الدقيقة) ومنها البكتيريا والفيروسات وكذلك الديدان وأنواع النباتات [11].

1-5-4- مقاييس تصنيف الملوثات في المياه المستعملة:

يتم قياس هذه الملوثات على مستوى التفريغ الدخول والخروج من محطات المعالجة وفي البيئات الطبيعية[8].

1) درجة الحرارة:(T(°C

هي عامل بيئي مهم في البيئات المائية ارتفاعه يؤدي إلى إزعاج بشكل خطير للحياة المائية (التلوث الحراري) وهو يلعب دور هاما في النترجة والنزع البيولوجي, النترجة هي الأمثل عند درجات حرارة تتراوح من 28الى 32C من ناحية أخرى يتم تقليل النترجة إلى حد كبير عند درجات حرارة تتراوح بين 12الى 15 وتوقف عن درجات حرارة أقل من 5C°[8] .

2) درجات الحموضة (الدليل الهيدروجينيPH):

الكائنات الحية حساسة للغاية للتغيرات في درجة الحموضة والتطور الصحيح للحيوانات والنباتات المائية يكون ممكنا فقط عند المجال مابين 6 و9 أن تأثير الرقم الهيدروجيني يعرف انطلاقا من الدور الذي يمارسه على العناصر الأخرى مثل أيونات المعادن التي يمكن أن تقلل أو تزيد من حركتها في المحلول الحيوي المتاح وبالتالي تزداد سميتها يلعب الرقم الهيدروجيني دورا هام في تنقية مياه الصرف والنمو البكتيري حيث تتم النترجة المثلى فقط عند قيم درجة الحموضة PH بين 7.5و9 [8].

3) الناقلية الكهربائية (CE):

الناقلية هي خاصية يمتلكها الماء لنقل التيار الكهربائي وهو مؤشر على احتواء الماء للأملاح المنحلة (ملوحة الماء) يعبر عنها بالمايكرو سيمنس لكل سنتيمتر (µsm/Cm) وهي عكس المقاومة التي يعبر عنها بالأوم على سنتيمتر (/cmd) قياس الناقلية يسمح بتقييم التمعدن الكلي للماء قياسها مفيد لأنه خارج القيمة الحدية للملوحة المقابلة للناقلية قيمتها 2500 µSM/Cm ويمكن تقليل نمو الكائنات الحية الدقيقة مما يؤدي إلى انخفاض في كفاءة التنقية[8].

4) العكارة :Turbidite

تتناسب عكسيا مع شفافية المياه فهي إلى حد بعيد عامل التلوث يشير إلى وجود مواد عضوية أو معدنية في شكلها الغروي العالق في مياه الصرف الصحي تتغير تبعا للمادة العالقة (MES) الموجودة في الماء[8].

5) المواد العضوية :

تتواجد على أشكال مختلفة فيزيائية فقد تكون:

- ✓ جزيئات كبيرة أو صغيرة مثل سكريات نشاء سيليلوز أحماض عضوية ...
- ✓ غرويات منحلة تتكون من أساسا من مركبات الآزوت Azote, كربونCarbone أو كسجين Oxygène, الكبريت Soufre, الفسفورPhosphors ويتم تقييم المواد العضوية من خلال تحديد نسبة DBO_5وDCO [12].

6) المواد العالقة (MES):

تمثل الجزء الذي تشكله جميع الجزيئات العضوية و المعدنية وتكون غير مذابة من التلوث فهي تشكل معلمة مهمة تمثل بوضوح درجة تلوث النفايات السائلة في المناطق الحضرية أو حتى الصناعية يتم التعبير MES بالعلاقة التالية[8]:

MES = 30 %MMS + 70 %MVS

7) الطلب البيو كيميائي للأكسجين(DBO_5):

يعبرDBO_5 عن كمية الأكسجين التي تستهلكها البكتيريا في 20m في الظلام مع حضانة لمدة 5 أيام للعينة والوقت الذي يضمن الأكسدة البيولوجية لجزء المواد العضوية التي تحتوي على الكربون هذا العدد يقيس كمية الأكسجين اللازمة لتدمير المادة العضوية بفضل ظاهرة الأكسدة الهوائية لقياسه نأخذ كمرجع كمية الأوكسجين المستهلكة بعد 5 أيام يتخلص في ردة الفعل الكيميائية التالية[8].

الركيزة+ الكائنات الحية الدقيقة + O2 ⟶ CO2+ H2O + الطاقة +الكتلة الحيوية

8) الطلب الكيميائي للأكسجين (DCO):

هو قياس كمية الأكسجين الضروري للهدم الكيميائي لجميع المواد العضوية القابلة للتحلل الحيوي أو غير القابلة للتحلل الحيوي في الماء باستخدام ثاني كرومات البوتاسيوم في 150c °

يتم التعبير عنها ب $(O_2)mg/L$ تشير قيمة النسبة DCO/DBO_5 إلى معامل التحلل الحيوي للنفايات السائلة كما انه يجعل من الممكن تحديد مصدرها عموما قيمة DCO هي[5]:

- DCO=1.5الى2 مرة من DBO_5 من اجل المياه الحضرية
- DCO> 2.5مرة DBO_5 من اجل المياه الصناعية
- DCO=1 إلى 10مرة من DBO_5 لجميع مياه الصرف الصحي

العلاقة التجريبية للمادة العضوية(MO) كدالة ل DBO_5 ويتم إعطاءDCO بالمعادلة التالية[8]

$$MO=(2\ DBO_5+DCO)/3$$

9) معامل التحلل البيولوجي K:

يعكس معامل التحلل البيولوجي قدرة النفايات السائلة على التحلل أو التأكسد بواسطة الكائنات الحية الدقيقة التي تشارك في عملية التنقية البيولوجية للمياه, يتم التعبير عن قابلية التحلل الحيوي بالمعامل K

بحيث: $K=DCO/DBO_5$

- إذا كان K<1.5: هذا يعني أن النفايات السائلة قابلة للتحلل البيولوجي بدرجة كبيرة
- إذا كان 1.5<K<2.5: هذا يعني أن النفايات السائلة قابلة للتحلل البيولوجي بدرجة معتدلة
- إذا كان 2.5<K<3 : المواد القابلة للأكسدة قابلة للتحلل البيولوجي بشكل سيئ
- إذا كان K>3 : المواد القابلة للأكسدة غير قابلة لتحلل

يدل معامل K المرتفع جدا لوجود عناصر تمنع في الماء نمو البكتيريا مثل الأملاح المعدنية والمنظفات و الفانيلات الهيدرو كربونات.....الخ

تحدد قيمة المعامل k لاختيار عملية المعالجة التي يتم اعتمادها إذا كانت النفايات السائلة قابلة للتحلل البيولوجي نطبق فيها علاجا بيولوجيا إذا كانت غير قابلة يتم تطبيق المعالجة الفيزيو كيميائية[8].

10) النيترات (NO_3^-):

أثبتت الأبحاث الطبية أضرار النيترات على الصحة وخاصة على الأطفال بالإضافة إلى تزايد النيترات بشكل كبير في المياه الجوفية والسطحية نتيجة التوسع الكبير في استعمال الأسمدة الآزوتية والكيماوية. إن تحديد تلوث المياه بالنيترات عملية صعبة نتيجة التحولات المستمرة للآزوت ضمن حلقة متكاملة تعرف بحلقة الآزوت توضح هذه الحلقة أن النيترات تمثل المراحل النهائية لأكسدة المركبات العضوية الآزوتية ولذلك فإن وجودها في المياه الملوثة يشير إلى سير عملية التنقية الذاتية تأتي بالنيترات المتواجد في المياه الطبيعية بفعل جريان المياه على سطح التربة في مرحلة تشكل الأنهار يضاف إليها النيترات القادمة مع مياه الصرف والنيترات الناتجة عن أكسدة البكتيريا للفضلات العضوية الآزوتية[13].

11) النتريت (NO_2^-)

تمثل شوارد النتريت مراحل انتقالية من شوارد النيترات وشوارد الأمونيوم ضمن عملية الأكسدة والإرجاع لهما وذلك فإن شوارد النتريت المتواجدة في الوسط المائي ناتجة عن إرجاع النيترات أو عن أكسدة شوارد الأمونيوم ولا يوجد مصدر طبيعي للنتريت [13]

12) أرتو فوسفات (PO_4^{-3}):

ينشأ الفوسفات في المياه السطحية من مصدر طبيعي ومصدر صناعي كالأسمدة المنظفات الصناعية تتواجد شوارد الفوسفات في الماء بأشكال مختلفة تبعا لقيمة PH الوسط حيث تكون المياه الطبيعية ذات PH بين 5-8 تحتوي شوارد الفوسفات أحادية وثنائية الهيدروجين ($H_2PO_4^-$ .HPO_4^{-2}) يعتبر الفوسفات المنحل في مياه الري مادة مغذية للنباتات غير أن ارتفاع نسبة أكثر من 60 mg/L يؤدي إلى تغير في بنية بعض النباتات كما أن الأسماك تتغذى بالفوسفات المنحل في المياه [13].

13) الكائنات الحية الدقيقة:

تحتوي مياه الصرف على مجموعة من الكائنات الحية الدقيقة خاصة البكتيريا و القولون البرازية

1-6- المعايير والتراكيز المسموح بها :

قامت الجزائر بفرض معايير للمحافظة على البيئة والصحة العامة من خلاله تم تحديد قيم الحد الأقصى لمعايير صرف نفايات الوحدات الصناعية السائلة في مرسوم تنفيذي رقم93- 160 مؤرخ في 20 محرم عام 1414 الموافق 10 جويلية 1993 ينظم النفايات الصناعية السائلة الموضحة في الجدول أدناه:

جدول(02): يمثل قيم الحد الأقصى لمعالم صرف النفايات الصناعية

المقاييـــــــــس	القيمـــــــة
درجة الحرارة	30m
PH	6,5- 8,5
المواد العلقة MES	30mg/L
الطلب الحيوي للأكسجين DBO_5	30mg/L
الطلب الكيميائي للأكسجين DCO	90mg/L
الآزوت N	50mg/L
الفوسفات PO_4^{-3}	2mg/L
الزنك	2mg/L
الكروم	0.1mg/L
المنظفات	1mg/L
الزيوت و الدهون	20mg/L
الأكسجين المنحل Oxy. Disc	2-5mg/L
النتريت NO_2^-	0.1mg/L

1- 7استعمالات مياه الصرف الصحي في حالة معالجته[14]:

يمكن استعمال مياه الصرف الصحي بعد معالجتها في عدة مجالات وهذا طبعا بعد أن تجرى لها العديد من الفحوصات والتحاليل المخبرية للتأكد من صلاحية استعمالها ومنها:

- ✓ السقي والري الفلاحي خاصة نباتات الزينة والأشجار غير المثمرة .
- ✓ الاستعمال الصناعي وكذا استعمالها في غسيل الشوارع و الطرقات.

1-8الأخطار المرتبطة من جراء استعمال المياه المستعملة:

1- أخطار الأرض و الفلاحة :

- ✓ زيادة الملوحة
- ✓ نقل و انتقال المواد السامة
- ✓ خطر تلويث المياه الباطنية عن طريق الترشيح والنفاذ المباشر للمياه المستعملة

2- الأخطار الصحية على الإنسان:

- ✓ الأمراض المتنقلة عن طريق المياه
- ✓ الإصابات البكتيرية الأمراض التي تسببها البكتيريا
- ✓ الكوليرا: La cholera
- ✓ التيفويد Les fievresthypho paratyphiques والبكتيريا المسؤولة عنه هي السالمونيا

الإسهال العضوي والتسمم البوتيلي Botulique بالإضافة إلى الإصابة بالفيروسية, الإصابات الطفيلية

الفصل الثاني:

الطرق المتبعة لمعالجة المياه باستعمال النباتات.

2- معالجة المياه باستعمال النباتات:

2-1- نبذة تاريخية:

بدأت أولى عمليات تحليل المياه المستعملة في منتصف القرن التاسع عشر, وكانت تشمل بعض العناصر المنحلة مثل (الحديد, البوتاسيوم, الصوديوم, شوارد الكلور, الكالسيوم وحمض الكربون.....) وقد اكتشف+- دور الأكسجين المنحل في الماء في عمليات التنقية الذاتية أو عمليات التصفية بحدود عام 1870 وأحتل مند ذلك التاريخ مرتبة 13هامة في تحليل الماء, وتعد معالجة المياه المستعملة وإعادة استخدامها في أغراض الري الزراعي من العمليات المعقدة والهامة في نفس الوقت نظرا لما تسببه من أضرار تؤثر على البيئة والإنسان, لذلك يسعى العلماء إلى تطوير تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي بشقيه المنزلي والصناعي حماية للبيئة وحفاظا على صحة وسلامة الإنسان, إذ أن الهدف الرئيسي من معالجة هو التخلص من مسببات تلك المياه وبعض العناصر الغذائية ذات التركيزات العالية مثل الفوسفور والنيتروجين المتواجدة في المياه وذلك بتقليلها أو إزالتها أو تحليلها إلى مواد غير ضارة, ويتم ذلك عبر مراحل على حسب الطريقة المتبعة [15].

2-2- الهدف من معالجة المياه المستعملة :

تعتبر عملية التخلص من مياه الصرف الصحي طريقة صحية من العمليات اللازمة لتوفير بيئة صحية للمجتمعات وفق شروط عالمية وأحدث الطرق الهندسية و العلمية للمحافظة على البيئة المحيطة خالية من ملوثات الصرف الصحي, والهدف من معالجة هذه المياه هو إعدادها لتكون صالحة للصرف لاستغلالها في المصارف الزراعية واستخدامها في الري, وتجري المعالجة للتخلص من نسبة كبيرة من الملوثات سواء كانت مواد صلبة عالقة عضوية وغير عضوية أو الغروية والعكارة والرائحة وتحسين اللون, وزيادة نسبة الأكسجين المذاب والقضاء على الكائنات الحية الدقيقة المسببة لأمراض وبائية[16].

2- 3- أنظمة معالجة مياه الصرف الصحي (مراحل المعالجة):

تقوم شبكة الصرف الصحي العامة باستقبال مياه الصرف الصحي بدون انقطاع وتصريفها لمحطات الضخ والرفع ومن ثم إلى محطات التنقية حيث تحتوي تلك المياه على كميات من الموارد الصلبة التي يمكن تقسيمها إلى مواد عالقة ومواد عضوية قابلة للتحلل والكائنات الحية المرضية وغيرها التي تتسبب في تلوث مصادر المياه الطبيعية ومن أهم مراحل معالجة هذه المياه[17].

وبشكل عام فإن مراحل معالجة الماء المستعمل كالتالي:

1- المرحلة الابتدائية (المرحلة الفيزيائية):

وهي مرحلة علاج الملوثات الفيزيائية, حيث يتم التخلص من المواد الصلبة العالقة في الماء مثل الحجارة , الخشب, البلاستيك, الأتربة العالقة والمواد الطاقية كالزيوت والدهون والشحوم, حيث لا تقوم هذه الملوثات بتغيير الخصائص الكيميائية للماء, وإنما تسبب تغيرا في حالته الفيزيائية الطعم واللون.

ومن هذه الطرق الفيزيائية المستخدمة في هذه المرحلة:

1. الغربلة ونزع المواد الصلبة
2. التخلص من الزيوت و الأتربة

2 - المرحلة الأولية (المرحلة البيولوجية):

الهدف من المعالجة البيولوجية الأولية هو تخفيض سرعة مياه الصرف للسماح بترسيب المعلقات الصلبة كالمواد القابلة للترسيب أو المواد الطافية وتدعى هذه الآلية بأحواض الترسيب حيث تساهم في تخفيض 70/50% من المواد الصلبة الكلية TSS وتنخفض الحمل العضوي DBO_5 بنسبة 25-35**%** كما يتم إزالة 10**%** من الفوسفور غير منحل, وعندما يتم إضافة مواد كيميائية مخثرة سيشكل ندف وتصبح نسبة إزالة 80-90 %TSS وفي كثير من الحالات وخصوصا في الدول النامية يمكن وضع حوض ترسيب أولي لتحسين مياه الصرف أو لتكون المعالجة أقل كلفة [17].

3 - المرحلة الثانوية (المرحلة الكيميائية):

في هذه المعالجة يتم تخفيض TSSوDBO_5 أما بالنسبة للفسفور والنيتروجين والمعادن الثقيلة والمواد غير القابلة للتحلل والبكتيريا والفيروسات فنسبة الإزالة تبقى محددة نحتاج بعد هذه المرحلة حوض ترسيب نهائي للإزالة المعلقات وتجمع الحماة الناتجة من حوض الترسيب الأولي والنهائي ليتم معالجتها لاحقا[15].

4 - المعالجة الثلاثية المتقدمة:

هي معالجة مشتركة فيزيائية وكيميائية وبيولوجية حيث يتم في هذه المرحلة إزالة زائدة الملوثات من المياه الخارجة من حوض الترسيب النهائي كالترشيح الرملي, والتخثر الكيميائي, الترشيح الأرضي وغيرها ومند عام 1970 بدأ الاتجاه لعمل معالجة متقدمة للتخلص أيضا من النيتروجين و الفوسفور وباقي DBO_5[17].

2-4- الطرق المتبعة في معالجة المياه المستعملة:

فيما يلي سنتطرق للطرق المستخدمة في محطات التنقية مياه الصرف الصحي:

2-4-1- تعريف عملية التنقية بالنباتات:

أنه نظام مبتكر وفعال بشكل خاص الذي يستخدم طاقة لتنقية النباتات المائية ويوفر بديلا بيئيا واقتصاديا ومستداما وجماليا للنظام الكلاسيكي, المبدأ بسيط البكتيريا الهوائية تحول المواد العضوية إلى مواد معدنية يمكن استعمالها بواسطة النباتات في المقابل النباتات المائية توفر الأكسجين من خلال جذورها إلى البكتيريا[18].

التنقية بالنباتات: هو نظام لمعالجة المياه يستخدم النباتات المصفية والركائز والكائنات الحية الدقيقة داخل أرض رطبة صناعية تسمى الأراضي الرطبة في اللغة الانجليزية نظم التنقية النباتية يمكن أن تتكون من مركب واحد أو أكثر من المرشحات المزروعة .

2-4-2- محطات المعالجة بالنباتات:

يطلق على محطات المعالجة بالنباتات والتي تمر فيها المياه الملوثة المعالجة أوليا عبر أحواض مزروعة بالنباتات مثلا (البردي) بالأراضي الرطبة المصطنعة تكون أحواض المعالجة في هذه الأنظمة مملوءة بواسطة حصوي أو رملي أو مزيج منهما معا بترتيب معين كما أن أحواض المعالجة بالنباتات تعرف على أنها مناطق شبه مشبعة بالمياه يتم تصميمها هندسيا (غير طبيعية) بحيث تكون قادرة على إزالة الملوثات من مياه المجاري الخام المعالجة بشكل أولي وبالتالي تحسين مواصفات المياه المعالجة النهائية قبل تصريفها أو إعادة استخدامها كما أنها تصنف كمرحلة معالجة ثانوية أو ثالثية حسب الاستخدامات المختلفة للأحواض على اعتبار أن المياه الملوثة الداخلية إليها تكون قد عولجت بشكل أولي.

إن استخدام الأراضي الرطبة الطبيعية لتنقية المياه يعود لآلاف السنين إلى الوراء فقد استخدمها الصينيون والمصريون وأما استخدام الأراضي الرطبة الاصطناعية أحواض المعالجة بالنباتات لمعالجة المياه الملوثة فيعود إلى 1905 في أستراليا ولكنها بقيت قليلة الاستخدام حتى اعتمد عليها الأوروبيون منذ عام 1950 عبر الألمان واستخدمها الأمريكيون عام 1970 واليوم تنتشر محطات المعالجة بالنباتات بالآلاف عبر العالم

إن وجود النباتات ضمن أحواض الأراضي الرطبة تشكل عبر جذورها وسوقها وأوراقها مكانا ملائما لنمو الكائنات الدقيقة التي تقوم بتحطيم المواد العضوية الموجودة ضمن مياه المجاري تجمع هذه الكائنات الدقيقة المتنوعة يطلق اسم بيريفايتون periphyton أن دور البيريفايتون والعمليات الفيزيائية والبيولوجية

والكيميائية الطبيعية يقود إلى التخلص من 90% تقريبا من الملوثات بينما تقوم النباتات نفسها بإزالة بين 7-10% من الملوثات فقط كما أن النباتات تقوم بدور المصدر الكربوني للميكروبات عندما تحلل هذه النباتات بعد موتها أن النباتات المائية تكون قادرة على استنفاد المعادن الثقيلة وأن كان ذلك بمعدلات مختلفة حسب نوع النباتات[19].

2-4-3- النباتات المائية المستخدمة ضمن محطات المعالجة بالنباتات:

توجد أنواع مختلفة من النباتات المستخدمة في المعالجة ثم تصنيفها ضمن مجموعات النباتات العائمة في التربة النباتات ذات الجذور المغمورة والسيقان والأوراق والنباتات المغمورة كليا بالمياه والنباتات القصبية ذات النبتة الخشبية والنباتات القصبية ذات النبتة العشبية والنباتات الطافية ذات الجذور المعلقة.....الخ وعادة يتم استخدام النباتات المتوفرة في منطقة إنشاء المحطة نظرا لتكيفها مع ظروف المنطقة [20], وفي عام 1920 قام العالم البيئي أربر Arber بتقسيم مجموعات النباتات المائية (وعناية البدور) إلى نباتات ذات جذور ونباتات عديمة الجذور وذلك تبعا لنوع الأوراق ونوع الأزهار وتبعا لكون الأزهار والأوراق المغمورة بالماء أو طافية على سطح الماء وبناء على هدا فقد ظهرت لاحقا تصنيفات سهلة وشائعة لأنواع النباتات المائية عبر أبحاث العلماء مثل العالم Cléments(1929) والعالم Daube (1947)mire والعالم Scunthorpe(1967) وهذه الأنواع تتلخص فيما يلي

✓ 2-4-3-1 النباتات المائية الغاطسة Macrophytes submerges:

وهي التي تنمو كليا تحت سطح الماء أو تظهر أزهارها أحيانا خارج سطح الماء وتنتمي إلى مجموعة النباتات متغيرة الأطوار Hétérogenèses Group وجودها ضمن المياه بشكل دائم وضعف الضوء ضمن المياه أدى إلى حدوث تغيرات في بنيتها بحيث أصبحت تتكيف مع النمو والتكاثر ضمن المياه وهي مغمورة [22][21] وعموما هذا الصنف من النباتات المائية يضم الأنواع التالية : Coratophylun, CacombaCaroliana (fanwort) ,Eggeriadense (Brazilian), spp (cantails)

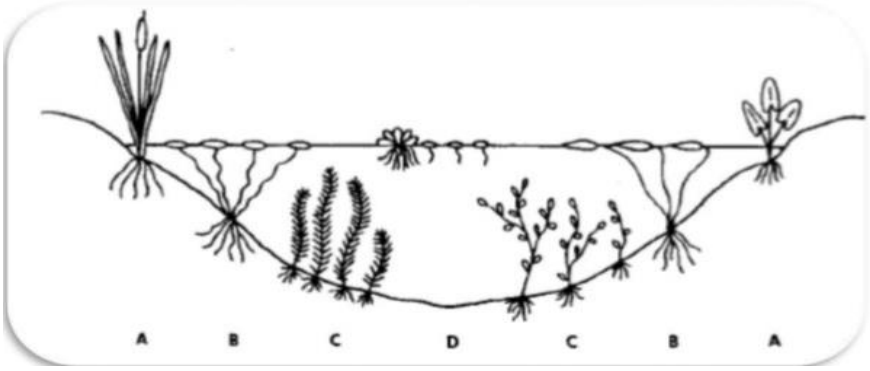
✓ 2-4-3-2 النباتات المائية البارزةMacrophytes Emerges:

وهي التي تكون جميع أو بعض أعضائها الخضرية بارزة أو منبثقة خارج سطح الماء [22][21] ومن الأمثلة على هذه النباتات القصب Phragmites و نبات البردي Cyperus papyrus

✓ 3-3-4-2 النباتات المائية الطافية Macrophytes Flottants:

و هي التي تكون جميع أو بعض أعضائها الخضرية طافية [23] وهي نوعان:

- النباتات الطافية الحرة
- النباتات الطافية ذات الجذور الممتدة داخل التربة



الشكل (02): مختلف النباتات المستعملة في محطات المعالجة وفقا لمكان نموها [24].

- (A) نبات مائية بارزة **Macrophytes Emerges**
- (B) النباتات الطافية ذات الجذور الممتدة داخل التربة
- (C) نباتات مائية غاطسة **Macrophytes submerge**s
- (D) النباتات الطافية الحرة

كل هذه الأنواع من النباتات أظهرت كفاءة كبيرة في إزالة أنواع مختلفة من الملوثات و المعادن من مياه الصرف الصحي في المناطق الحضرية والصناعية خاصة البارزة منها لاعتبارها نباتات شائعة الاستخدام ضمن الأراضي الرطبة والسبخات حيث تنمو ضمن منسوب مياه بعمق 0.5m أسفل التربة إلى مياه سطحية بعمق1.5mأو أكبر ومن الأمثلة على هذه النباتات *البردي Cyperus papyrus* *القصب Phragmites* *ونبات Typha*

2-4-4- أهم النباتات المتواجدة في المنطقة:

أ- نبات البردي: Cyperus papyrus

الناطق: حقيقيات النوى Eucaryote

المملكة: النباتات Plantes

الصف: أحدية الفلقة Manocotyledone

الفصيلة : Cyperaceae

الجنس: Papyrus

النوع : Cyperus

ب - نبات القصب: Phragmite

الناطق: حقيقيات النوى Eucaryote

المملكة :النباتات Plantes

الصف: أحدية الفلقة Manocotyledone

الفصيلة: Arundineae

ت - نبات البوط: Typha

المملكة :النباتات

الجنس: الوُبوط

النوع: عريضالاوراق

الفصيلة:البوطية

الشعبة :البدريات

الصف :احادي الفلقة

الاسم العلمي:Typhalatifolia

ـ مرشحات النباتات:

المرشحات المزروعة تقترن تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي المحلية باستخدام مرشحات ما كروفيتي مجموعة من العمليات من بينها, الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر, الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الأفقي, من وجهة نظر عامة .

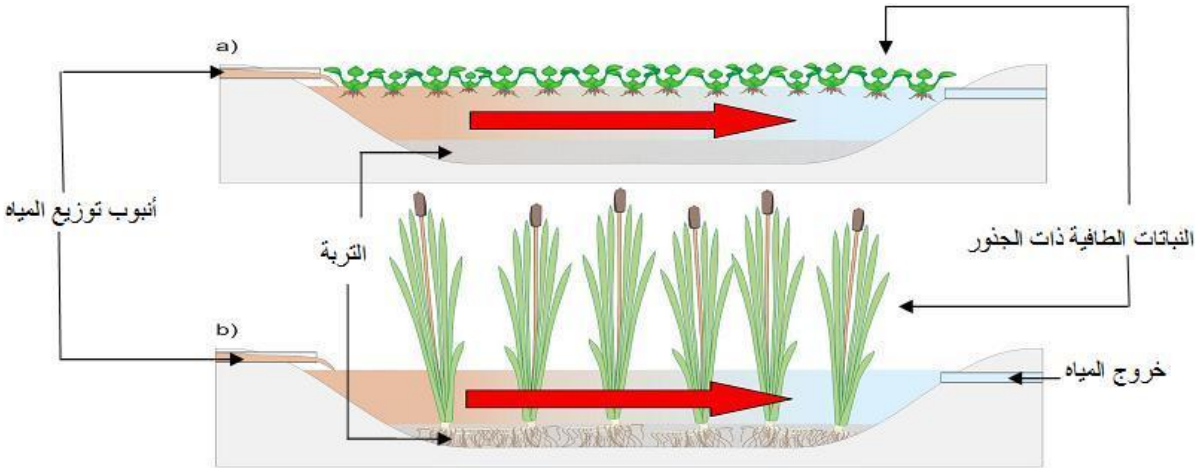
5-2 أحواض النباتات المستعملة في تصفية مياه الصرف الصحي:

هناك أربعة أنظمة تستعمل في معالجة المياه المستعملة:[24]

- الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر
- الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الأفقي
- الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان الشاقولي
- الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان المتنوع الهجين : (أفقي +شاقولي)

1-5-2 الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر:

هي الأحواض التي تكون فيها النباتات ذات السيقان المغروسة في الطبقة العلوية لمواد التعبئة ويكون سمك المياه داخل الحوض حوالي 30cm تحتوي هده الأحواض على نباتات مائية منها النباتات المغمورة كليا بالماء أو النباتات الصغيرة على سطح الماء وذات الجذور المائية

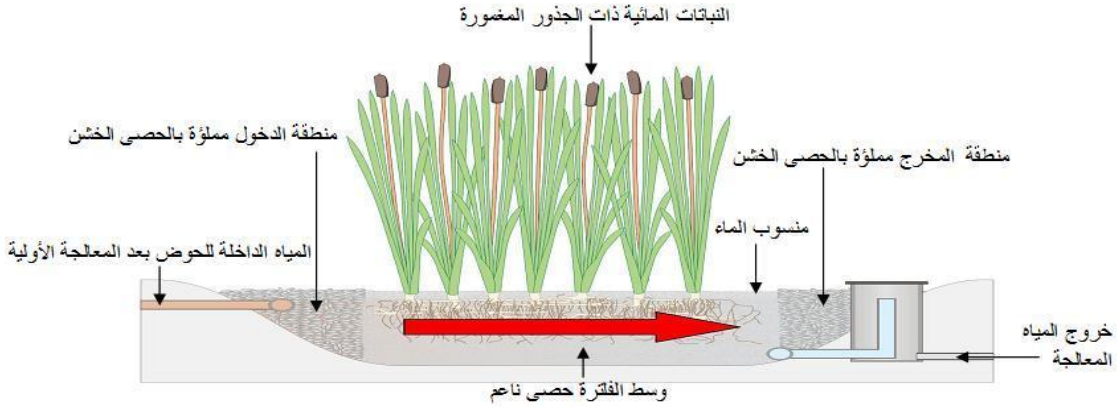


الشكل(03): يبين حوض معالجة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر[25].

حيث تستعمل هذه الأحواض كمرحلة معالجة ثالثة لإزالة العوامل الممرضة بسبب تعرض المياه إلى أشعة الشمس في هذا النظام تتم عمليات أكسدة الملوثات وإزالة نسبة كبيرة من المعادن الثقيلة مما يحسن نوعية المياه الخارجة منها لهذا فإن الأحواض ذات الجريان السطحي الحر تستخدم كمرحلة أخيرة من مراحل المعالجة نظرا لمتطلبات الاستغلال الثقيلة هذه الطريقة أصبحت قليلة الاستعمال.

2-5-2 أحواض النباتات ذات الجريان تحت السطحي الأفقي :

هي أحواض مملوءة بطريقة متجانسة بالرمل الخشن أو بالحصى والتربة التي تغرس فيها النباتات والمياه المستعملة تدخل إلى أحواض وتشغل مساحة الحوض كاملة بواسطة نظام موزع موجود أمام مدخل حوض المياه تجري بطريقة أفقية تعبر مواد التعبئة وتغذية الأحواض تكون بطريقة مستمرة مع بقاء مواد التعبئة دائما مشبعة بالمياه عند اختيار مواد التعبئة يجب مراعاة خاصية الناقلية الهيدروليكية [26] , أن أول استخدام لهذه التكنولوجيا ظهرت في ألمانيا سنة 1964 و أول من استعمل هذه الطريقة العالم Kickuth الألماني حيث سمي هذا النظام على اسمه وطبقت هذه الطريقة في أمريكا سنة 1974 ولها عدة استعمالات.



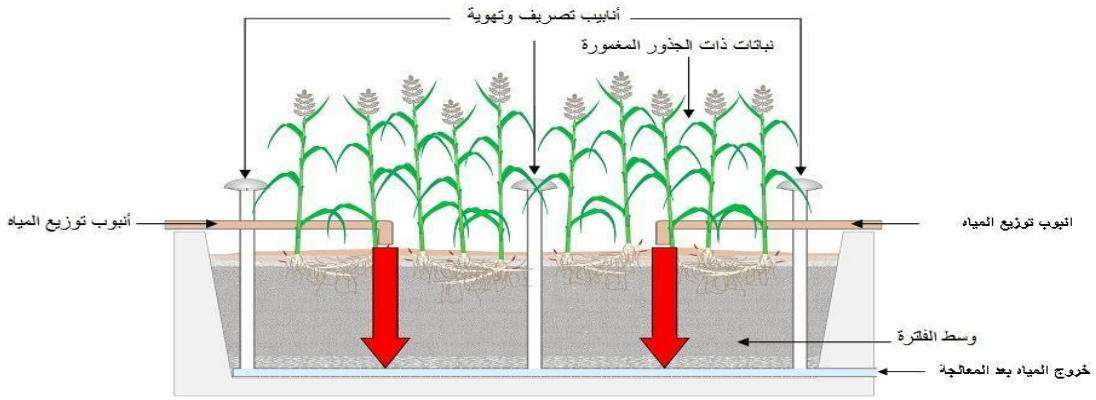
الشكل(04): حوض معالجة بالنباتات ذات الجريان تحت السطح الأفقيِ[25].

تستعمل للتصفية الثانوية للمياه المستعملة لبعض القرى ذات كثافة سكانية قليلة بعد عملية الترسيب كذلك تستعمل في المرحلة الثالثة بعد التصفية البيولوجية أو بعد أحواض الجريان الشاقولي كذلك لمعالجة مياه الأمطار ثم انتقلت إلى أوربا حيث تلقيت هذه الطريقة انتقادات من طرف الباحثين لأن تطبيقها يتطلب أماكن شاسعة والمواد المستعملة في وسط الفلترة غير حاجزة للمياه [27][28] , ظهرت هذه الطريقة باستعمال الرمل ولكنها غير واسعة الانتشار [29] استخدام الحصى الخشن والناعم أو الرمل الخشن مما يعطي مساحات واسعة تنمو عليها الطبقة البيولوجية للملوثات Biofilm ويستحسن أن لا يتعدى عمق الحوض1m حتى يضمن وصول الأكسجين إلى المناطق السفلية للحوض عن طريق وصول جذور النباتات إليها لأن المياه داخل الحوض قليلة الأكسجين حيث يعمل على أكسدة الأملاح المعدنية وتحطيم المواد

العضوية بداخله [28][30] جريان المياه تحت السطحي الأفقي يمنع انتشار الروائح والحشرات وهذا النوع من الأنظمة له فعالية كبيرة في إزالة المواد الصلبة العلقة والمواد العضوية DBO_5 والعوامل الممرضة.

2-5-3 أحواض النباتات ذات الجريان تحت السطحي الشاقولي:

هي الأحواض المملوءة بالحصى بشكل متجانس وتحتوي على طبقة علوية من الرمل تغرس فيها النباتات المائية حسب الدراسات التي أجريت في فرنسا من طرف الباحثين في منظمة سي مقراف Cemagraef استعمل هذه الأحواض بالتوازي بطريقة الرمل والنباتات وكانت طريقة الغرس بشكل تجمعات نباتية تزويد الحوض بالمياه يكون عن طريق استعمال مضخة أو أنابيب من حوض تجمع مياه الصرف الصحي الخام بعد نزع المواد العالقة الثقيلة وهذه الطريقة تستغرق وقت أطول حيث أستعمل الدكتور الألماني سيدال Seidel حوض تصفية شاقولي وأربعة أحواض تصفية أفقية والأخير استعمل فيه نباتات Scirpes et iris بينما الباحثين في منظمة Cemagraef استعملوا نفس الطريقة مع زيادة حوض تصفية شاقولي



الشكل(05): حوض معالجة بالنباتات ذات الجريان تحت السطحي الشاقولي[25].

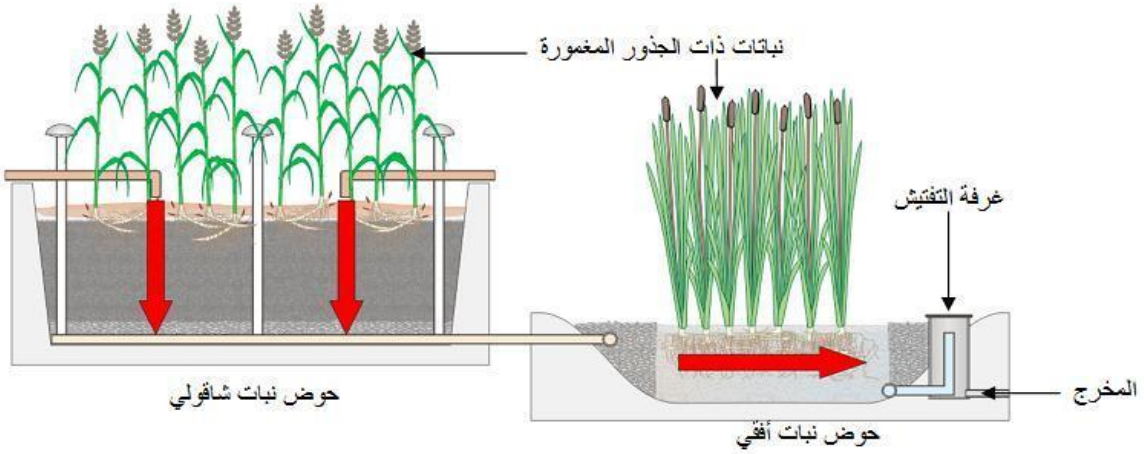
يتم جمع المياه المعالجة عبر شبكة أنابيب سفلية للتصريف أو عبر طرق أخرى منها تهوية القنوات من السطح مباشرة أو باستعمال مضخات أو عن طريق النبتات حيث تمتص الأكسجين من الهواء إلى الأسفل الحوض ويوزع عن طريق الجذور وتتم تغذية الحوض بشكل متقطع بحيث أن الفراغات بين الوسط الرملي أو الحصوي في فترة الراحة تعود وتمتلئ بالهواء ولذلك فإن الأكسجين اللازم لعملية النترجة يكون متوفر أو تحصل عملية النترجة بشكل كامل ضمن هذه الأحواض ومع ذلك فإن جزءا بسيطا من النترات يتم تحويله إلى غاز النيتروجين.

الفرق بين أحواض الجريان تحت السطحي الأفقي والجريان تحت السطحي الشاقولي هو أن هذا الأخير يكون له التهوية أفضل من الأول وبهذا تكون عملية أكسدة النتريت أفضل ونقص البكتيريا اللاهوائية تؤدي

إلى نقص الرائحة هذا النظام يحتاج إلى راحة منتظمة من أجل تحطيم المواد العضوية المثبتة في الوسط الفلترة وتستعمل الفلترة باستعمال الأحواض ذات الجريان تحت السطحي الشاقولي في حالة المياه كثيرة التلوث زمن مكوث المياه في الأحواض الشاقولي هو عدة ساعات وأن أول من استعمل الفلترة الشاقولية هو العالم الألماني فلدس سنة 1970 حيث سميت هذه الفلترة بترشيح فلدس Fields

4-5-2 أحواض النباتات ذات الجريان المتنوع المهجن (أفقي +شاقولي):

النظام المهجن هو عبار عن سلسلة أحواض أفقية و شاقوليه في بعض الأحيان يضاف أحواض الجريان السطحي الحر أخرى عمل بهذه الطريقة قام به الدكتور K.Seidiel هذه الطريقة استعملت بعدد محدود من الأحواض في الولايات المتحدة الأمريكية وألمانيا وفرنسا Boutin c, 1987 يتكون هذا النوع من الأحواض من طبقتين متوازيين من الأحواض الشاقولية متبوعة بطبقتين من الأحواض الأفقية على التسلسل الفائدة من هذه السلسلة هو تحسين عملية النترجة في الأحواض الشاقولية لأنها مهواة وعملية النترجة في الأحواض الأفقية أين يكون غياب الأكسجين اللازم لهذه العملية



الشكل(06): حوض معالجة بالنباتات بالجريان المتنوع الهجين[25].

مردود إزالة النترجة يكون ضعيف حيث البكتيريا المزيلة للنيتروجين تحتاج إلى المواد العضوية بنموها وإزالة النتريت إن في مخرج الحوض الشاقولي أغلب المواد العضوية تحللت . الأحواض الأفقية تعمل على إزالة المواد الأفقية العالقة والمواد العضوية أما الأحواض الشاقولية لها تهوية أحسن تعمل على عملية النترجة Nitrification ثم إعادة تدوير المياه من جديد للإزالة النترجة Denitrificqtion ومن عيوب هذه الطريقة أنها تحتاج إلى مضخات وبرمجة.

❖ مميزات طريقة المعالجة بالنباتات:

- طريقة مناسبة بيئيا وقليلة التكلفة تستخدم للمعالجة الثانوية و الثالثية وتستخدم هذه الأخير للمعالجة كخطوة مستقلة لإزالة النيتروجين والفسفور
- تشغيلها بسيط ولا يحتاج إلى تكلفة عالية التأهيل
- فعاليتها في القضاء على البكتيريا الضارة والفيروسات وبيوض الديدان الممرضة [31].

2-6- دور مختلف مكونات نظام المعالجة بالنباتات:

2-6-1 دور النبات :

يعتبر وجود النباتات الكبيرة (كالبردي) أحد أهم السمات المميزة لمحطات المعالجة بالنباتات مقارنة مع الأنظمة الأخرى المستخدمة لمعالجة مياه الصرف الصحي وتمتلك النباتات التي تنمو ضمن محطات المعالجة بالنباتات (الأراضي الرطبة) العديد من المزايا الخاصة بعملية المعالجة مما يجعلها عنصرا أساسيا في مثل المحطات الجدول التالي يلخص دور النباتات ضمن محطات المعالجة بالنباتات

جدول (03):دور النباتات ضمن محطات المعالجة بالنباتات

أجزاء النبات	أهميته في المعالجة
أنسجة النبات المحاطة بالهواء الجوي	تحد من نفاد الضوء إلى الماء مما يقلل من نمو الطحالب العزل الحراري للحوض وخصوصا في فصل الشتاء تخفيض سرعة التيار المائي وهدا ما يساعد على تأمين ظروف أفضل لعملية ترسيب المواد الصلبة والعالقة الجزء العلوي من النبات يساعد على تخفيف سرعة الرياح قرب سطح التربة أو الماء حيث تحسن من إزالة المواد الصلبة العلقة خاصة في أحواض الجريان الحر
أنسجة النبات المغمور بالماء	تمنع الانسدادات في الأحواض ذات الجريان الشاقولي حيث تتم تغذية الحوض من السطح العلوي تطرح الأكسجين المنحل للوسط المائي مما يزيد التحلل الهوائي للملوثات تستهلك المغذيات تؤمن مساحة لنمو الطبقة البيولوجية Biofilm
الجذور وأشباه الجذور (الجذمور) ضمن وسط الفلترة أو التربة	تؤمن نباتات سطح الفلترة (التربة) تمنع الوسط من الانسداد في الأحواض ذات الجريان الشاقولي تحرير الأكسجين المنحل مما يساعد على النترجة تستهلك المغذيات تحرر مضادات حيوية

2-6-2 دور مواد التعبئة:

المهمة الأساسية لمواد التعبئة هي إزالة المواد العالقة في المياه المستعملة ولهذا سميت بالمصفاة هذه الخاصية تعتمد في أغلب الأحيان على الخصائص الهيد رو ديناميكية منها الناقلية الهيدروليكية في الوسط المشبع أو غير المشبع اختيار مواد التعبئة يعتمد أساسا على الهدف المراد تحقيقه وكذا نوعية الوسط مشبع أو غير مشبع المرتبط بنوعية ومبدأ نظام التصفية شاقولي أم أفقي وكذا نوع وحجم مكونات مواد التعبئة يعتبر أمرا بالغ الأهمية لنجاح عمل حوض المعالجة بالنباتات, التوازن البيولوجي ناتج عن مواد التعبئة ومرتبط بسرعة تدفق المياه ومدة مكوث المياه في الحوض في الأحواض السطحية عملية وضع مواد التعبئة فيزيائية بحتة وسهلة ولكن من الناحية البيولوجية معقدة حيث استنتج [32][33] (Ronner 1994 et Mitchell1964) أنه يمكن أن يحدث تداخلت الإفرازات البكتيريا حسب الميتابوليزم البكتيري ونوعية البكتريا الهوائية واللاهوائية حسب شروط الوسط مكونات مواد التعبئة لها القدرة على امتصاص الفسفور والمعادن الثقيلة وهذا مرتبط بكمية الحديد والألمنيوم والكالسيوم الوجود فيها وزمن مكوث المياه داخل الحوض هذه القدرة تتغير حسب مسامات مواد التعبئة .

2-6-3 دور الكائنات الدقيقة (الأجسام المجهرية):

الكائنات الدقيقة تلعب دور حاسما في تحليل وهدم الملوثات العضوية وحدوث عملية تحول للمركبات النيتروجينية تعمل البكتيريا على عمليات الأكسدة الإرجاعية هذه العملية تنتج الطاقة اللازمة لمخلفات العضوية حيث تحول المركبات الأزوتية و الفسفورية إلى المواد المعدنية الممتصة من طرف النبات والدور الثاني للبكتيريا تعمل على عملية نزع وإنتاج النتريت أو هدمه حتى تستطيع البكتيريا من أداء دورها على أكمل وجه يلزمها حوامل تثبت عليها (جذور النباتات ومواد التعبئة) حتى تجرها المياه تحطيم المواد العضوية من طرف الأجسام المجهرية تنتج من كمية الكتلة الحيوية التي بدورها يجب أن تتحطم حتى تتفادى حدوث الإنسدادات.

2-7آليات إزالة الملوثات وفعالية أحواض المعالجة بالنباتات:

آلية إزالة مرتبطة بأنظمة فيزيائية وكيميائية وفيزيولوجية وبيولوجية موضحة في الجدول التالي:

الجدول(04):أهم آليات الإزالة الرئيسية للملوثات ضمن أحواض النباتات.

الملوثات	آلية الإزالة الرئيسية
المواد العضوية	التحليل البيولوجي (هدم هوائي و لاهوائي للميكروبات)Catabolisme
المواد الصلبة العالقة	الترسيب الفيزيائي الفلترة الفيزيائية والتحلل البيولوجي
الفسفور	عمليات الامتصاص الفيزيائية والكيميائية ضمن وسط الفلترة ومن طرف النبات
المعادن	امتصاص وتبادل الكاتيونات تشكل مركبات ترسيب امتصاص من طرف النبات أكسدة وإرجاع من طرف المكروبات
العوامل الممرضة	الافتراس البيولوجي والموت الطبيعي وعمليات الترسيب الفلترة الفيزيائية إفراز مضادات حيوية من طرف جذمور النبات

1-7-2 إزالة المواد العالقة:

المواد العالقة تحجز بالتصفية في الأحواض الأفقية اكبر كمية من احتجاز تكون في الأمطار الأولى للمصفاة قد يؤدي إلى انسداد هذا الأخير ولتفادي ذلك يستعمل ترسيب أولي لإزالة أغلب المواد العالقة قبل دخول المياه إلى الحوض أما بالنسبة للأحواض الشاقولية المواد تبقى على سطح المصفاة حيث تتشكل طبقة تؤثر على التصفية حيث تمنع دخول المياه إلى الحوض.

المعالجة الأولية للمياه قبل دخولها إلى الحوض تحسن من نتائج DBO_5, DCO نظريا وجود النبات داخل الحوض يعتبر كحاجز يمنع عبور المواد العالقة داخل الحوض [34][35] [36] [37] بعض الأبحاث قارنت مستوى إزالة الملوثات ضمن الأحواض المزروعة بالنباتات والأحواض غير المزروعة وقد أظهرت النتائج عدم وجود اختلافات مهمة 66% في الأحواض المزروعة و42% في الأحواض غير المزروعة ولكن هذا لا يلغي الدور المهم الذي تلعبه النباتات في تحسين أداء الأحواض في معالجة المياه الملوثة

2-7-2 إزالة المواد العضوية:

المادة العضوية تتحطم عن طريق البكتيريا الهوائية و اللاهوائية :[38][39]

التحطيم الهوائي يحول المواد العضوية إلى كتلة حيوية بكتيرية ومواد معدنية بسيطة

$CO_2 + H_2o$ خلايا جديدة $+O_2$ بكتيريا +مواد عضوية

الخلايا الجديدة هي التي يتم هدمها

الهدم اللاهوائي: ينحصر بوجود الأكسجين ولهذا يستعمل في الأحواض الأفقية المشبعة بالماء والأماكن الخالية عدم تواجد الأكسجين والقريبة من أماكن مهويه بها أكسجين هذه العملية قليلة الاستعمال في الأحواض الشاقولية الفطريات والأحياء الدقيقة تهدم الجزيئات العضوية الكبيرة إلى جزيئات صغيرة والتي بدورها تهدم من طرف البكتريا.

3-7-2 إزالة الفسفور:

في المياه المستعملة الفوسفور يوجد على ثلاثة أشكال متعددة, الفوسفات والفسفور العضوي وأرتوفوسفات الشكلين الأوليين تميه إلى أرتو فوسفات (HPO_4^-, HPO_4^{-2}, PO_4^{-3}) عن طريق الكائنات المجهرية في المناطق الرطبة الطبيعية, الفسفور يحجز في التربة يتم ترسيب الفوسفور في القاع, أو احتجازه عبر النباتات, يلتصق بها حيث يتم امتزاجه إلى داخل الطبقة البيولوجية الرقيقة المتشكلة على سطح النباتات, يستهلك الفوسفور من قبل النباتات للنمو, كما يستهلك أيضا من قبل الكائنات الدقيقة وعندما تموت الكائنات الدقيقة والنباتات, يعود الفوسفور ليتحرر ضمن الوسط المائي إزالة الفوسفور من مياه المجاري ضمن أحواض النباتات, ذات الجريان السطحي تربط باستهلاك النباتات للفوسفور ومن تم حصاد وقطع النباتات, لتنمو من جديد كما أن بعض الفلزات المعدنية الموجودة ضمن وسط الحوض, تزيل الفوسفور عبر الامتزاز أو الترسيب أو التبادل الشاردي, وهذا يعتمد على طبيعة مادة الفلتر, ضمن الحوض إزالة الفوسفور من المياه الملوثة, نحصل منها ما بين150kg –30 في الهكتار وفي السنة الواحدة [39], النسبة بين كمية الفوسفور و الأزوت في المياه الصرف عالية جدا بالمقارنة مع النسبة الموجودة في الكتلة الحيوية النباتية والكمية نستطيع إرجاعها مهملة اقل من 10% [40][41][42] المردود يكون عالي في فترات الأولى من بداية التصفية ويتناقص مع مرور الوقت وذلك لتشبع الحوامل

4-7-2 آلية إزالة وفصل المعادن:

توجد المعادن في المياه الملوثة على شكلين شكل مذاب وشكل جزئ الشكل الجزئي ينزع عن طريق التصفية إما الشكل المذاب هناك طريقتين للنزع :

- **الطريقة الأولى**: ترسب على شكل اكاسيد وكبريت المعدن بواسطة البكتيريا المرجعية للكبريت في الأماكن اللاهوائية ثم تثبت على المصفاة

- **الطريقة الثانية**: الفصول بين الجذور والرواسب هناك نسبة عالية من تفاعل الأكسدة الإرجاعية التي تعطى ترسيب هيدروكسيد حديد معقد يتجمع في جذور النبات تشكل حزام حول الجذور يمنع استعمال النباتات للمعادن وعدم ترسبها مع المعادن الثقيلة على شكل هيدروكسيد الحديد.

2-7-5 إزالة الكائنات المجهرية:

الكائنات المجهرية تنزع بالتصفية أو تموت طبيعيا أو بواسطة الأحماض البيولوجية التي تنتج من طرف جذور أو تحطم من المواد العضوية[43] لوحظ في الأحواض الصغيرة 1m أحسن تنقية في الأحواض المزروعة مقارنة بالأحواض غير المزروعة زمن مكوث الماء في النظام شرط أساسي لتحسين التنقية في الأحواض الصغيرة [44].

مردود تنقية بكتيريا Coliformes الناتجة من فضلات الإنسان يتراوح بين% 99-58 عندما يكون زمن مكوث الماء في الأحواض بين 1,5-6 أيام حيث توضع في أماكن تختلف عن أماكن نموها ولهذا المكوث عدة أيام في شروط غير ملائمة للعيش يقلل من نموها وهذا يؤدي إلى موتها لوحظ أن هناك فرق في إزالة الكائنات الدقيقة من أصل إنساني بين فصلي الشتاء والصيف وذلك لعدة عوامل منها:

- ميتابوليزم الكائنات الدقيقة مرتفع جدا في درجة الحرارة العالية شروط الوسط غير ملائمة لتكاثر هذه الكائنات و يؤدي إلى انحلال سريع لهذه الكائنات الدقيقة.
- فعالية الميتابوليزم العامل الذي يتناقص في فصل الشتاء في محيط الجذور مع انخفاض شديد لدرجة الحرارة وبالتالي نحصل على نقص في المواد المنتجة حيث يؤدي ذلك إلى نقص البكتريا.

بعد معالجة المياه المشبعة بالبكتيريا [44] لوحظ نقص البكتيريا بنسبة 99% تركيز المياه الخارجة بين (10^3-10^5)E.cali/100ml التخفيضات في فصل الشتاء تكون أعلى من الانخفاضات في فصل الصيف مردود التنقية متعلق بنوعية الفلتر المستعمل في الفلترة الأفقي انخفاض بكتيريا من أصل إنساني Coliforme في فصل الصيف أعلى من 99%أما الفلترة الشاقولي المردود يكون ضعيف في إزالة هذه البكتيريا وذلك راجع لمدة مكوث المياه في الفلترة إذ كان الهدف من إزالة البكتيريا يستعمل فلتر أفقي أو إضافة فلترة وأفقي لحوض الشاقولي نظام هجين.

خـــلاصـــة:

إن معالجـة النباتـات هـي عبـار عـن شـكل مـن أشـكال المعالجـة البيولوجيـة حيـث تعنـي اسـتخدام نباتـات معينـة لهـا القـدرة علـى التقليـل مـن مسـتويات التلـوث عـن طريـق آليـات أيضـية معينـة يقـوم بهـا النبـات والتـي تـؤدي فـي الأخيـر إلـى إزالـة أو حجـر أو تحليـل الملوثـات المختلفـة إذن يمكـن القـول أن المعالجـة بالنباتـات لميـاه الصـرف الصـحي تمثـل تنقيـة فعالـة أثبتـت كفاءتهـا وقـدرتها علـى تحقيـق المواصـفات المرغوبـة لميـاه الصـرف عـن طريـق إنقـاص نسـبة الملوثـات والعوامـل الممرضـة والوصـول إلـى الحـدود المسـموحة لاسـتخدام الميـاه الناتجـة عنهـا هـذا بفضـل النباتـات المسـتعملة فـي هذه التنقية ومن هنا يمكن تطوير هذه التنقية وبالتالي تطوير قطاع الصرف الصحي .

الفصل الثالث:

طرق وأدوات العمل المستعملة في هذه الدراسة.

مقدمـــــــة:

تلعب النباتات المائية دورا مهما في الأراضي الرطبة و الأهوار والأنهار وفي حماية المياه من التلوث، وقد تم إلقاء الضوء على هذا الدور من قبل الكثير من الباحثين مؤكدين على الدور الحاسم لها في إنعاش الأنهار و المحيطات و إدامتها. استخدام النباتات لحل مشكل التلوث أو الحد منه، و التي تكون ضارة للنظم البيئية الأخرى، مثل استخدام الأراضي الرطبة لمعالجة مياه الصرف، حيث استعملت في دراسة سابقة ثلاثة أنواع من النباتات المائية التي لها القدرة و التأقلم مع مناخ المنطقة وهي Juncuseffusus، Cyperus papyrus، Typha latifolia ويعود سبب اختيارنا لهذه النباتات لأنها نباتات محلية موجودة في منطقة تماسين وتقرت ووادي ريغ وتنمو تلقائيا دون جلبها من مناطق أخرى وعلى سبيل المثال نبات Cyperus papyrus معروف في المنطقة بالاسم الشائع بنبات النجمة أو ورق البردي.[42][43][44]

2-3 تقديم منطقة الدراسة (تقرت) :[45]

1-2-3 الموقع الفلكي: تقع مدينة تقرت بمنخفض وادي ريغ في نقطة تقاطع بين:

- دائرة عرض 33.116 درجة شمالا خط الاستواء.
- خط طول 6.0783 درجة شرقا خط غرينتش.

2-2-3 الموقع الجغرافي: [45][46]

تقع ولاية تقرت في المنطقة الشرقية للجزائر يحدها :

- من الجنوب مدينة ورقلة على الطريق الوطني رقم 32 ب 160كلم.
- من الشرق مدينة الوادي على الطريق الوطني رقم 16 بـ 95 كلم.
- من الشمال مدينة بسكرة على الطريق الوطني رقم 03 بـ 220 كلم.
- من الجنوب الغربي مدينة غرداية على طريق القرارة و بريان ب 350 كلم و مدينة الجلفة على طريق مسعد ب380 كلم، و تبعد عن الجزائر العاصمة ب 650كلم .

الشكل(07): خريطة توضح الموقع الجغرافي لولاية تقرت [49]

الشكل (08):خريطة تبين موقع منطقة الدراسة (الديوان الوطني للتطهير ONA) لولاية تقرت الجزائر[49]

ولاية تقرت عاصمة إقليم وادي ريغ الذي يمتد على مسافة أكثر من 160Km من الجنوب إلى الشمال، من قرية قوف إلى شط ملغيغ (اللورير) و شط مروان . حيث يقع وادي ريغ على الجهة الغربية للعرق الشرقي الكبير بالصحراء الشمالية الشرقية للجزائر، ترتفع على مستوى سطح البحر بـ 70m، تتربع مدينة تقرت على مساحة إجمالية تقدر ب $481Km^2$[47][50][51]

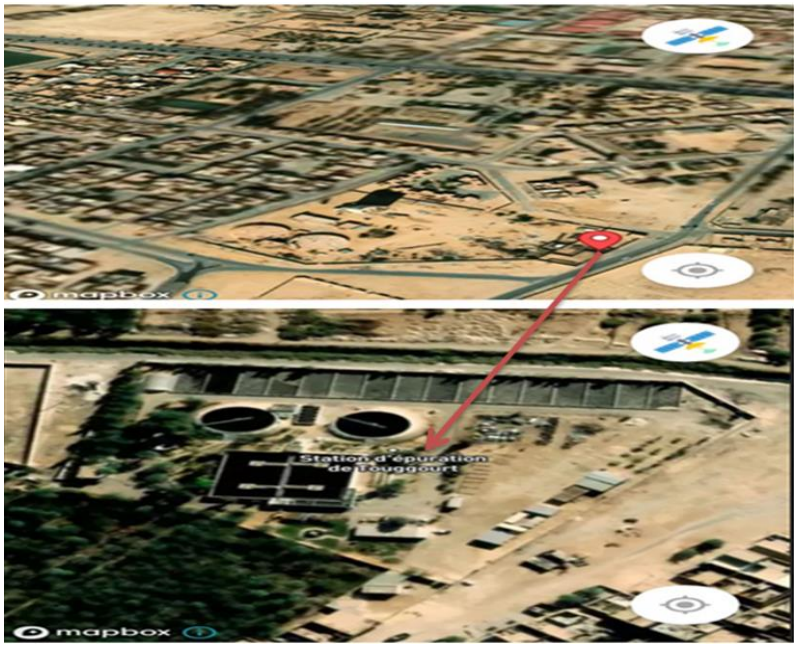
تتميز هذه المنطقة بمناخ جد حار. ويتميز بشتاء بارد قارص، كما يتكون الصقيع في بعض أيام الشتاء، صيف جاف وحار، يتميز بالرطوبة، لأن المنطقة سبخيه وتهب على المنطقة رياح تدعى (السروكو) Sirocco ومحليا تسمى (بالشهيلي).

3-3 تقديم محطة التصفية بولاية تقرت: تقع على:

- خط عرض 16' 33° شمالا
- خط طول 04' 6° شرقا

تقع محطة تصفية المياه المستعملة بولاية تقرت بني أسود التابعة لبلدية تبسبست دائرة تقرت على الطريق الوطني رقم 16 بين مدينة تقرت و مدينة الوادي، تتربع هذه المحطة على مساحة 5هكتارات، بدأت تعمل في 20/11/1993 م، توقفت عن العمل سنة 1995 و أعيد تأهيلها في سنة 2003،وبدأت العمل من جديد في 24/02/2004 تحت إشراف الديوان الوطني للتطهيرONA، وحاليا مخصصة لتنقية جزء من المياه المستعملة لمدينة تقرت الكبرى. الدراسة أجريت من طرف المكتب الوطني للدراسات الهيدروليكية

(PNEH) مع الشركة البلجيكية لتنقية المياه في سنة 1982 رقم العملية5.392.1666.00.02 تحت اسم وحدة التطهير بتقرت هذه الوحدة أنجزت في إطار برنامج تطوير بلدي



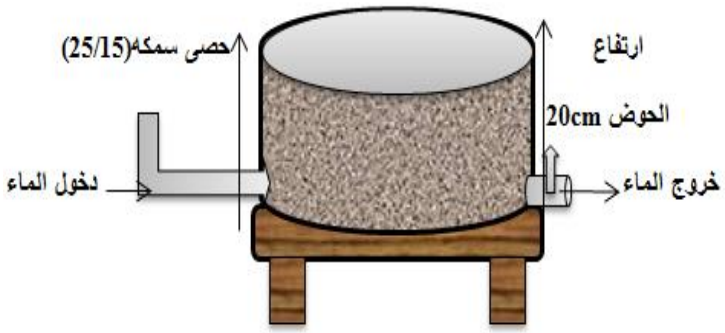
الشكل(09): صور بالقمر الصناعي توضح موضع منطقة الدراسة (محطة التصفية تقرت)[49]

الشكل(10): يوضح هيكل المحطة التصفية مصغر[52]

4-3 البرتوكول التجريبي Protocoleexpérimentale

❖ العتاد التجريبي المستعمل

يتكون العتاد التجريبي من حوض التغذية يملأ بمياه الصرف الصحي بسعة 80L يغذي حوضين مملوئين بالحصى من الأسفل إلى الأعلى بارتفاع 20 cm سمك الحصى (15\25 mm) ,حوض مزروع بسيقان حديثة العمر بنبات سيبيرو بابيريز ***Cyperus papyrus*** بكثافة (36 ساق \m^2) أخذ هذا المعيار من دراسات سابقة والحوض الثاني غير مزروع (شاهد) ,عملية تغذية الأحواض بالمياه المستعملة حضاريا بعد المعالجة الأولية (المعالجة الفيزيائية) 15L في اليوم بطريقة التدفق الأفقي بوتيرة منتظمة مرة واحدة كل أسبوع والماء المتحصل عليه بعد مكوثه 5 أيام في الأحواض يتم تجميعه (التقاطه) عبر إناء أسفل الحوض[52]



الشكل(11): رسم تخطيطي يوضح البروتوكول التجريبي

الشكل(12): يوضح العتاد التجريبي المستعمل[52]

5-3 النبات المستعمل في التنقية:

نبات *Cyperus papyrus*

الشكل(13): يوضح النبات***Cyperus papyrus***

1-5-3 التصنيف العلمي:[48]

النطاق: حقيقيات النوى	Eucaryote
المملكة: النباتات	Plantea
الشعبة: البذريات	phanerogams
الشعبية: مستورات البدور	Angiospermes
الصف: أحدية الفلقة	Manocotyledone
الرتبة: القبائيات	Cyperales
الفصيلة:	Cyperaceae
الجنس:	Papyrus
النوع :	Cyperus
الاسم العلمي:	***Cyperus papyrus***[50][51][53]

2-5-3- وصف نبات *Cyperus Papyrus* (البردي أو النجمة):

المظهر الذي يمثل *Cyperus papyrus* هو اللون الأخضر الفاتح و الناعم، لها سيقان جوفاء بشكل حزم مستديرة يصل سمكها إلى 40mm و طولها 5m في الظروف المثالية، تنتهي نبتة *Cyperus papyrus* في الأعلى بمجموعة من السيقان الفرعية ذات اللون الأخضر الفاتح و البراق مشكلة ما يشبه مظلة مقلوبة[54]، السيقان الفرعية تمتد و تنحني إلى الأسفل تحت ضغط وزنها و هذا ما يجعل البوتقة النباتية تأخذ الشكل البيضاوي في فصل الصيف، السيقان تحمل مجموعة من الزهور و في الأخير عدد من الثمار الصغيرة ذات اللون الأسود المسمر[55]، تخرج إلى الوجود من خلال العصفة (*glume*) السيقان الجوفاء تكون مرتبطة بالجذمور الأفقي تحت الماء، و التي بدورها تكون مرتبطة بالجذور الأصلية. عادة الجزء الفتي من الجذمور يكون مغطى بقشرة ثلاثية الشكل تحمل اللون الأحمر، الذي يميل إلى الاسمرار هذه القشرة تغطي أيضا أواخر السيقان الجوفاء مشكلة بذلك أوراق ناقصة، و لذلك لا يمكن اعتبار نبات *Cyperus papyrus* بعديم الأوراق[56].يتميز الجزء العلوي للسيقان الجوفاء البينية شبه ورقية ذات اللون الأسمر، و التي تأخذ مكان لها تحت البوتقة النباتية (Cluster) [55] [56] نبات *Cyperus papyrus* له جذع مثالي يتراوح طوله ما بين (2.5-1.2Cm) لقدرته على العيش و النمو يتطلب توفر الضوء و درجة حرارة لا تقل عن 15C° درجة مئوية.

3-5-3- البيئة التي ينتشر فيها النبات*Cyperus papyrus*:

تعيش نبتة *Cyperus papyrus* في المناطق شبه الاستوائية و الصحراوية الاستوائية وفي الغابات الرطبة، و في درجة حرارة تتراوح ما بين(30-20°C) و pH يتراوح ما بين (6.0- 8.5)[57][59] تزهر Cyperus papyrus في أواخر الصيف، و تنمو بشكل ملحوظ ككل النباتات الاستوائية . هذه النبتة حساسة للصقيع، في فصل الشتاء تظهر نموا قليلا نوعا ما، بالقدر ما يكون الجذمور ينمو في وسط أقل برودة بقدر ما تنمو السيقان الجوفاء بشكل طبيعي و ملحوظ[58].

تنمو *Cyperus papyrus* بشكل ملحوظ في المكان المشمس الظليل ككل النباتات الاستوائية في الولايات المتحدة الأمريكية. تنتشر في كل من فلوريدا *Florida* و لويزيانا *Louisiane* ، كاليفورنيا*Californie* و هواي*Hawai* [58]، تنمو Cyperus papyrus في المستنقعات و البحيرات المنخفضة (الضحلة)المجاري، و جداول الأنهار، و هوامش البحيرات عبر إفريقيا خاصة في مدغشقر ودول البحر الأبيض المتوسط. في جنوب إفريقيا ودول البحر المتوسط[55][56] في السنوات الأخيرة عدة دراسات قد أجريت على ايكولوجية نبات *Cyperus papyrus* مركزة معظمها في دراسة نمو النبات في عدة أماكن مختلفة و قدرة النبات على إعادة تصنيع المواد المعدنية، معظم هذه الأبحاث بدأت في جامعة ماكير بيو غندا (Université Maker ère Uganda) في السبعينيات (1970) و هذه الدراسة تمت في المستنقعات و جوانب البحيرات، في بحيرة فيكتوريا، و في جامعة نيروبي Université Nairobi بكينيا في بحيرة نيفاشا [59][60][61][62] Loke Naivasha والمناطق الجافة.

3-5-4- استعمالات نبات البردي*Cyperus papyrus*:

في القديم استخدم المصريون *Cyperus papyrus* بشكل واسع، حيث استعملوه في صناعة الورق وفي التزين، و استعملوا الجزء العلوي لهذا النبات كتاج يوضع على رؤوس الآلهة [62].

أما الجذور الغليظة الحطبة فقد كان يصنع منها الأواني، و صنعوا من السيقان العمودية للنبات قوارب قصبية [62]، كما استعملت سيقان *Cyperus papyrus* في صناعة الأحذية و المساكن من طرف المصريين و بعض الحضارات القديمة كما استعملوا هذا النبات كعلف للحيوانات و في صناعة الأدوية للحيوانات[63].

يمكن استخدام نبات *Cyperus papyrus* لمعالجة المياه المستعملة الصناعية من خلال الأراضي الرطبة المصطنعة وهو فعال لإزالة الحمولة العضوية، واللون والمركبات العضوية المكلورة من مياه الصرف الصحي الآتية مصانع من مصانع الورق[64].

6-3 مراحل الدراسة:

الدراسة تمت على مدة خمسة (5) أشهر من شهر أوت إلى غاية شهر ديسمبر 2021 .خلال مدة الدراسة أجريت التحاليل:

- الفيزيو كيميائية بمخبر الديوان الوطني للتطهير بتقرتONA
- البكترولوجية بمخبر تحليل الأغذية و المياه.

تضمنت الأعمال المخبرية خلال هذا العمل فحوصات متنوعة للمدخل و المخرج.

الطلب الكيميائي للأكسجينDCO - الطلب البيوكيميائي للأكسجينDBO_5- المواد العالقة MES- النتريت - NO_3^- أورتوفوسفور-PO_4^{3-}- الناقلية الكهربائيةCE – الأس الهيدروجينيPH - الأكسجين المنحل O_{diss} النتراتNO_2 - درجة الحرارةT(°C) البكتريا(.Coliformes fécaux. Totaux E.Coli)

النتائج المقدمة لكل وسيط تمثل القيم المتوسطة المقاسة و التي تم الحصول عليها من الحوضين المستقلين(المزروع والشاهد).

- **مردود التنقية:**

قمنا بتحديد كفاءة التنقية للوسائط المقاسة بالمعادلة التالية:

$$\mathbf{R\%} = \left(\frac{(\boldsymbol{CE} - \boldsymbol{CS})}{\boldsymbol{CE}}\right) * \mathbf{100}$$

- **R:** مردود التنقية
- **CE:** تركيز الوسائط المتواجدة في المياه المستعملة الداخلة للحوض (mg/l)
- **CS:** تركيز الوسائط المتواجدة في المياه المستعملة الخارج من الحوض (mg/l)

7-3 تحديد الوسائط الفيزيو كيميائية المقاسة:

- **طريقة أخذ العينات:**

إن أخذ عينة من المياه المحطة عملية دقيقة يجب أن تؤخذ بعناية فائقة فهي شرط ضروري لتفسير نتائج وبيانات بدقة. تم أخذ عينات لإجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية في مختبر الديوان الوطني لتطهير ONA في موسم 2021– 2022 لمدة (5) أشهر من شهر أوت إلي غاية شهر ديسمبر في الصباح تؤخذ العينات في عبوات زجاجية من البولي إيثلين المعقم أو البورسليكات نظيفة معنونه بمكان وتاريخ ووقت. يتم أخذ المياه المعالجة عند مخرج من الحوض المزروع والشاهد الشكل (1و2) و مياه المستعملة من الحوض الخام (1+2)[52].

الشكل(14): يوضح طريقة أخذ العينات[52]

1-7-3 تحديد المواد العالقةMES

الطريقة المتبعة لقياس كمية المواد العالقةMES (NF;T90-105) تمت وفق طريقتين:

- ✓ **الطريقة الأولى**: طريقة الترشيح , عندما تكون المياه قليلة المواد العالقة.
- ✓ **الطريقة الثانية**: طريقة الطرد المركزي (Centrifugation) عندما تكون المياه ذات كثافة عالية بالمواد العالقة.

❖ **الأدوات و الأجهزة المستعملة:**

الحاضنة Etuve(105 C°)

جهاز نزع الرطوبة Dessiccateur

ميزان إليكتروني

جهاز الطرد المركزي ذو معدل سرعته (2800-3200) دورة في الدقيقة

جهاز الترشيح تحت الضغط(rampe de fibration)

حوجلة عياريه

بوتقاتCapsule

أوراق ترشيح(GF/C)

❖ طريقة الترشيح:

- نبلل ورقة الترشيح بالماء المقطر ثم نضعها داخل الحاضنة على درجة حرارة 105C°بضعة دقائق.
- نخرج ورقة الترشيح و نتركها تبرد بعيدا عن الرطوبة داخل جهاز نزع الرطوبة dessiccateur .
- نزن ورقة الترشيح و هي فارغة و نسجل وزنهاM0 .
- نأخذ حوجلة ذات سعة 100 ml نغسلها جيدا بالماء العادي ثم بالماء المقطر.
- نأخذ 100 mlمن العينة ثم نسكبها على ورقة الترشيح في جهاز الترشيح.

بعد نهاية الترشيح نأخذ ورقة الترشيح و نضعها داخل الحاضنة على درجة حرارة 105C° لمدة ساعتين.

نخرج ورقة الترشيح من الحاضنة و نتركها تبرد بعيدا عن الرطوبة داخل dessiccateur لمدة 15 دقيقة.

نزن ورقة الترشيح و نسجل وزنهاM1 .

حساب النتيجة: كمية المواد العالقة MES نحسب النسبة بين الفرق في الوزن و حجم العينة المستعمل انطلاقا من العالقة التالية و تعطى ب(mg/l)

$$C(MES)= M_1-M_0/V$$

- C(MES): تركيز المواد العالقة (mg/L)
- M_0: وزن ورق الترشيح وهو فارغ (mg)
- M_1: وزن ورق الترشيح بعد الاستعمال (mg)
- V: حجم الماء المستعمل من العينة (L)

❖ طريقة الطرد المركزي(Centrifugation)

نأخذ100 ml من العينة و نضعها داخل إناء pots ذو سعة 100 ml.

نخضعهما لطرد مركزي لمدة 20 دقيقة حتى نحصل على الراسب.

ننزع الماء العالق ثم نغسل الراسب بالماء المقطر ثم نخضعه مرة أخرى للطرد المركزي لمدة20 دقيقة.

نزن بوتقة نظيفة (Capsule) ونسجل وزنها M_0

نسكب الراسب داخل Capsule ثم نضعها داخل الحاضنة (Etuve) على درجة حرارة 105C° نحصل على وزن مستقر.

نخرج البوتقة (Capsule) من الحاضنة و نتركها تبرد بعيدا عن الرطوبة داخلdessiccateur

نزن البوتقة (Capsule) مع الراسب الجاف ونسجل وزنهاM_1 .

حساب النتيجة: تركيز MES يحسب من العلاقة التالية:

$$C(MES)=(M_1-M_0)*1000/V$$

ويعطى بوحدة(mg/l)

- M_0: وزن البوتقة Capsule قبل الاستعمال (mg)
- M_1: وزن البوتقة مع الراسب بعد الاستعمال (mg)
- V: حجم الماء المستعمل في العينة (ml)

2-7-3 تحديد الطلب الكيميائي للأكسجين (DCO)

تم تحديد DCO بطريقة الأكسدة بواسطة بيكر ومات البوتاسيوم في وسط حمضي بوجود سلفات الفضة و سلفات الزئبق بواسطة جهاز (spectrophotometreDR3900) بطريقة Digestion par réacteur في قياسنا لـ DCO استعملنا كبسولات تحتوي على الكاشف التجاري محضر سابقا.

❖ الأدوات و الأجهزة المستعملة:

- جهاز Spectre photo mètre DR3900
- مولد للحرارة Thermo réacteur
- كاشف DCO(KCL514)

ـ حامل ـ كأس بيشر ـ ماصة ـ ماء مقطر

❖ طريقة العمل:

- نرج كبسولة تحتوي على المتفاعلات جيدا من أجل مزج المواد المترسبة.
- بواسطة ماصة نظيفة نأخذ 2ml من العينة ونسكبها على الجدار الداخلي للأنبوبة (كبسولة) التي تحتوي على المتفاعل بحيث تكون الكبسولة بشكل مائل.
- نغلق الكبسولة بإحكام ونرجها جيدا.
- نسخن الكبسولة لمدة 120 دقيقة على درجة حرارة 148C° داخل مولد للحرارة Thermo-réacteur
- نخرج الكبسولة من Thermo-réacteur ونتركها تبرد على حامل لمدة 10 دقائق.
- بعد 10 دقائق نرج الأنبوبة (الكبسولة) جيدا ثم نتركها تبرد على درجة حرارة عادية (زمن التبريد حوالي 30 دقيقة أو أكثر).
- بعد انتهاء وقت التبريد نضع الكبسولة داخل جهاز spectrophotometreDR3900
- نقرأ قيمة DCO من الجهاز مباشرة تبقى النتيجة مستقرة لمدة زمنية والنتيجة يعبر عنها (mg/l)

3-7-3تحديد الطلب البيو كيميائي للأكسجين(DBO_5)

تم تحديد كميةDBO_5 باستعمال جهاز DBO-mètre بطريقة manométrique

❖ الأدوات و المواد المستعملة:

- جهاز الرج المغناطيسي
- جهاز قياس الضغط DBO-mètre
- حاضنة (20C°)
- قارورة الحضن عازلة لضوء ذات سعة 500 ml مزودة بغطاء داخلي و غطاء خارجي
- ملقط
- مثبط 1-alkyle- 2- Thio- urée (C4H8N2S)
- حوجلة عياريه
- هيدروكسيد البوتاسيوم

❖ طريقة العمل:

إن تحديد تركيز أل DCO أمر ضروري لمعرفة الحجم الذي سيتم تحليله من أجل تحديد ألDBO_5

يتم تحديد حجم المأخوذ لحساب أل DBO_5 بالعالقة التالية:

$$DBO_5 = DCO\ (mg/l) * 0.85$$

- نحصل على قيمة نسقطها في الجدول التالي نتحصل على الحجم المراد تحليله.

الجدول: (05) معامل تغير قيمةDBO_5 بدلالة حجم العينة المستعملة

قطرات المثبط	المعاملFacteur	حجم العينةml	مجال القياسPortée de Mesure
9	1	432	**40 - 0**
7	2	365	**80 - 0**
5	5	250	**200 - 0**
3	10	164	**400 - 0**
2	20	97	**800 - 0**
1	50	43.5	**2000 - 0**
0.5	100	22.7	**4000 - 0**

- نقيس بواسطة دورق مدرج كمية العينة اللازمة للتحليل ثم نسكبها داخل قارورة الحضن نظيفة
- نضع القضيب المغناطيسي داخل كل قارورة
- نظيف قطرات من المثبط $C_4H_8N_2S$ (1-alkyle-2 Thio– urée) داخل القارورة
- بواسطة ملقط نظيف قرصين من هيدروكسيد البوتاسيوم KOH في كل غطاء داخلي للقارورة.
- نغلق القارورة .
- نضع القارورة على جهاز الرج على درجة حرارة 20 درجة مئوية و نتركها لمدة 30 دقيقة من أجل استقرار توازني ثم نغلق القارورة بإحكام.
- نأخذ القراءة كل يوم لمدة 5 أيام وفي الأخير نطرح بين كل نتيجة محصل عليها في يومين متتالين ونجمع النتيجة و الحاصل يضرب في المعامل.

❖ حساب النتيجة:

قيمةDBO_5 الحقيقية تحسب من العالقة التالية:

$$DBO_5(mgO_2/l) = \text{قيمة القراءة} \times \text{المعامل}$$

قيمة القراءة : هي القيمة المتحصل عليها من الجهاز

المعامل : يتم تحديده من خلال الجدول أدناه الذي يربط العالقة بين قيمة DBO_5 بدلالة حجم العينة لأن كمية الطلب البيو كيميائي للأكسجين للعينة يتعلق بكمية المواد العضوية العالقة ،قمة DBO_5 تمثل نسبة 80% من قيمة DCO .

4-7-3 قياس كمية الأكسجين المنحل O_2disse :

تـم قيـاس الأكسـجين المنحـل داخـل العينـة بالطريقـة الأمبيـر ومتريـة Ampérométrique حسـب AFNOR)(T90-106[65]

جهاز القياس Oxymétrie BPL Inolab

❖ طريقة العمل:

- نفتح الجهاز.
- نغسل قطب الجهاز بالماء المقطر.
- نأخذ 100 ml من العينة و نضعها داخل كأس بيشر.
- نغمس قطب الجهاز في بيشر و نتركه حتى يستقر.
- نسجل من الجهاز النتائج (التركيز - التشبع – الضغط الجزئي للأكسجين) عند ثبوتها على الجهاز.
- حساب النتيجة، القراءة تأخذ مباشرة من الجهاز.

تركيز الأكسجين	نسبة تشبع الأكسجين	الضغط الجزئي للأكسجين
mg/l	%	M bar

5-7-3 قياس الأس الهيدروجيني PH:

تم قياس PH بواسطة جهاز PH متر من نوعPH mètre sension1 بطريقة (AFNOR ,X31-)

❖ طريقـــــة العمـــــل:

- ضبط الجهاز.
- نشغل جهاز PH متر.
- غسل القطب بالماء المقطر.
- نضع داخل كأس بيشر صغير محلول موقىPH=7 .
- ضبط جهاز الرج على أقل سرعة (سرعة ضعيفة).
- ندخل قطب داخل المحلول الموقى.
- نتركه مدة صغيرة حتى يستقر و يظهر على الجهاز طلب إدخال المحلول الموقى الثاني.
- نسحب القطب ثم نغسله جيدا بالماء المقطر ثم ندخله في كأس بيشر رقم 2 يحتوي على محلول موقى(PH=4 أو PH=10)حسب طبيعة الوسط المراد قياسه.
- نسحب قطب الجهاز و نغسله بالماء المقطر.

❖ طريقة قياسPH :

- نأخذ 100 ml من العينة ونضعها داخل كأس بيشر .
- نضع داخل كأس بيشر قطب مغناطيسي على حركة ضعيفة.
- ندخل قطب الجهاز داخل كأس بيشر.
- نتركه حتى يستقر ثم نقرأ النتيجة مباشرة على الجهاز.

6-7-3 قياس درجة الحرارة(°c)T:

- في قياس درجة الحرارة استعملنا جهاز متعدد القياسات analyseur multi paramètres
- كما يمكن استعمال جهاز في قياس الناقلية و الملوحة وفي قياس درجة الحرارة في الوسط المائي.

❖ طريقة العمـــــل:

- نشغل الجهاز.
- نقوم بغمس قطب الجهاز داخل العينة.
- نقرأ مباشرة درجة الحرارة عند استقرارها على الجهاز.

7-7-3 قياس الناقلية الكهربائية CE:

تم قياس الناقلية الكهربائية بواسطة جهاز قياس الناقلية من نوعconductivité sension5

❖ طريقة العمـــــل:

- نوصل القطب الخاص بقياس الناقلية بمكانه المخصص في الجهاز.
- نغسل القطب بالماء المقطر.
- ندخل القطب داخل كأس بيشر المحتوي على العينة.
- نقرأ قيمة الناقلية الكهربائية مباشرة من الجهاز عند استقرارها.

❖ الوسائط البكترولوجية:[66]

- تعداد البكتريا (E.Coli, Coliformes totaux et Fécaux) على التوالي في وسط سائل

- بكتريا القولون Les coliformes totaux

- بكتريا القولون البرازية Les coliformes Fécaux

- بكتريا ايشريشيا كولي E.Coli

❖ الأدوات و الأجهزة المستعملة:

-قارورة معقمة – مبردة - ماصة باستور- أنابيب اختبار و حاملها - إبرة زرع - حمام مائي – موقد منزل حاضنة (48C°,37C°)

❖ البيئات و الكواشف المستعملة:

- ماء جافيل- ماء مقطر- بيئة BCPL (D/C – S/C) وتستعمل في الكشف الاحتمالي عن بكتريا القولون الكليةLes coliformes totaux
- بيئة Shubert للكشف عن بكتريا القولون البرازية
- بيئة الماء الببتوني L'eau péptonée للكشف عن بكتريا القولون البرازية
- كاشف Kovac يستعمل في الكشف التأكيدي لبكترياE.Coli

الفصل الرابع:

النتائج و مناقشة.

مقدمـــــــــــة:

تـم إجـراء التحليـل الفيزيـائي والكيميـائي لميـاه الصـرف الصـحي المسـتعملة والمعالجـة فـي محطـة التصـفية علـى مسـتوى مخبـر الـديوان الـوطني للتطهيـرONA لموسـم (2021)ب تقـرت خـلال خمسـة أشـهر(أوت ,سـبتمبر ,أكتـوبر, نـوفمبر, ديسـمبر) [52]، أيـن تحصـلنا علـى النتـائج التـي تمكننـا مـن تقيـيم المعـايير الفيزيائيـة والكيميائيـة للميـاه المعالجـة بتقنيـة المعالجـة بالنباتـات المتبعـة فـي محطـة معالجـة ميـاه الصـرف ب تقـرت، وذلـك قصـد معرفـة وتقيـيم درجـة تلـوث هـذه الميـاه وتحديـد نوعيتهـا وهـذا مـن أجـل مقارنـة كفـاءة كـل مـن الميـاه المعالجـة والمسـتعملة بالمعـايير الجزائرية ومنظمة الصحة العالمية (OMS).

4-1- النتائج

4-2 تحديد خصائص مياه الصرف الصحي(المستعملة) الخام لمحطة التصفية تقرت:

من أجل تحديد خصائص مياه الصرف في محطة التصفية (تقرت) تم إجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية لمعايير التلوث المتمثلة في: قياس DBO_5 DCO, MES, $O_{2dissous}$, PH, Température Conductivité, Salinité,

الجدول(06): يوضح نتائج القيم المتوسطة للوسائط المقاسة للمياه الصرف الصحي المستعملة في المحطة لموسم 2021

الوسائط	عدد العينات	القيمة العظمة	القيمة الدنيا	القيمة المتوسطة
Température	15	34	22.50	29.88
$O_{2dissous}$	15	0.36	0.09	0.24
PH	15	8.13	7.56	7.73
Conductivité (ms/cm)	15	5.01	4.04	4.69
Salinité	15	2.90	2.10	2.54
MES (mg/l)	15	161	95	123
DCO (mg/l)	15	274	194	228
DBO_5 (mg/l)	15	150	80	108

4-3 حساب معامل التحلل البيولوجي (نسبة $K = DCO/DBO_5$) :

لتحديد نوع المعالجة المطبقة على المياه يرتبط بمدى قابلية الماء على التحلل البيولوجي، حيث تحدد نسبة(DCO/DBO_5) المعبر عنها بالمعامل**K** قابلية التحلل الحيوي للمواد العضوية في مياه الصرف الصحي المستقبلة من طرف المحطة، فإن النسبة التي تساوي أو تزيد عن 3 توضح ضعف التحلل البيولوجي، والذي يمكن أن يفسر بمقاومة المادة العضوية في المياه أو لاحتوائها على عناصر تمنع نمو البكتيريا في الماء مثل الأملاح المعدنية، المنظفات , الفينولات و الهيدروكربونات ..... الخ, ومنه فان المياه بحاجة إلى استخدام طرق أكثر فعالية في المعالجة.

و من خلال هذه النسبة أيضا يمكن استنتاج ما إذا كانت مياه الصرف مراد معالجتها لها خصائص مياه الصرف حضاريا(المنزلية)[40][41].

جدول (07): يوضح قيم معامل التحلل البيولوجي K

الأشهر	DBO_5	DCO	$K = DCO/BOD_5$
أوت	80	194	2.43
سبتمبر	130	274	2.11
أكتوبر	150	216	1.44
نوفمبر	85	198	2.33
ديسمبر	95	258	2.72
القيمة المتوسطة	108	208	1.92

بالإضافة إلى الوسائط المقاسة قمنا بحساب قيم معامل التحلل البيولوجي $K = DCO/DBO_5$ نتائج تحليل الجدول رقم(07) يبين أن هذه المياه هي مياه صرف حضري حيث تبين أغلب النتائج أن كل القيم تدخل في مجال مياه الصرف الحضري

4-4خصائص المياه المعالجة لمحطة التصفية بتقرت:

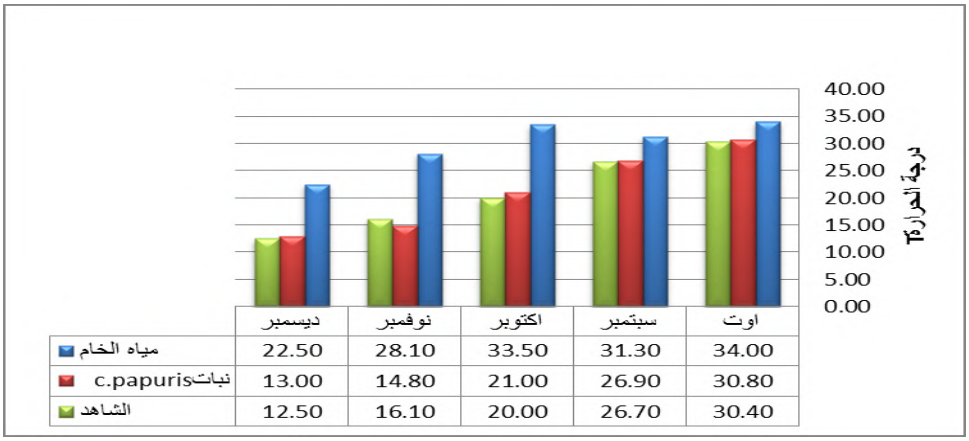
الجدول(08): قيم الخصائص الفيز وكيميائية المقاسة للمياه المستعملة في المحطة:

الوسائط المقاسة	عدد العينات	حوض الشاهد			حوض النبات (Cyperus papyrus)		
		القيمة القصوى	القيمة الوسطى	القيمة الدنيا	القيمة القصوى	القيمة الوسطى	القيمة الدنيا
Température (c°)	15	30.40	21.14	12.50	30.80	21.30	13
$O_{2dissous}$	15	4.48	3.30	1.70	5.21	4.63	3.78
PH	15	8.24	7.89	7.32	7.21	7.03	6.60
Conductivité (ms/cm)	15	8.11	6.75	5.01	20.90	17.62	9.95
Salinité	15	4.50	3.72	2.70	12.50	10.42	5.60
MES(mg/l)	15	42	21.60	10	42	21.80	09
DCO (mg/l)	15	95	64.40	41	65	45.40	27
DBO_5(mg/l)	15	38	26.60	19	27	19.40	14

5-4 مناقشة النتائج:

1-5-4 تطور درجة الحرارة(c°) T:

من خلال الشكل (15) نلاحظ أن القيم المتوسطة لدرجة الحرارة **T(C°)** تنخفض في المعالجة بالنسبة لحوض النبات مقارنة بالحوض الشاهد, توضح النتائج أعلى قيمة30.8C° في شهر أوت وأدنى قيمة 13C° في شهر ديسمبر بالنسبة لحوض النبات أما حوض الشاهد فكانت أعلى قيمة 30.40C°في شهر أوت وأدنى قيمة 12.50C°في شهر ديسمبر, أي درجة الحرارة المتوسطة محصورة بين القيمتين 21.30C° و21.14C° وهده القيم ضمن معايير مياه الصرف المنزلي حسب الجريدة الرسمية 2006 (الملحق04) وبالتالي فهي مياه حضرية.



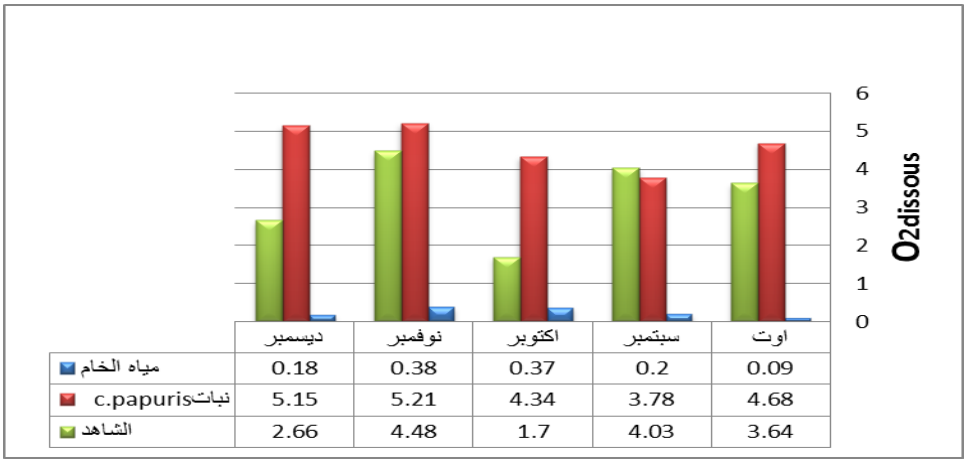
	ديسمبر	نوفمبر	اكتوبر	سبتمبر	اوت
مياه الخام	22.50	28.10	33.50	31.30	34.00
نباتc.papuris	13.00	14.80	21.00	26.90	30.80
الشاهد	12.50	16.10	20.00	26.70	30.40

الشكل(15): يوضح التطور الزمني لدرجة حرارة°T C المياه الداخلة والخارجة لكل من الحوض المزروع والشاهد خلال خمسة أشهر.

نفسر تطور درجات الحرارة بالاختلافات الموسمية. بحيث تبقى درجة الحرارة مقترنة بأوقات أخذ العينات والظروف المحلية (مناخ ,أشعة الشمس) وهذا الانخفاض راجع لتناقص البكتيريا ونقص التفاعلات البيو كيميائية [67].

2-5-4 تطور الأكسجين المنحل ($O_{2dissous}$):

من خلال الشكل (16) نلاحظ أن قيم الأكسجين المنحل في المياه المعالجة تزداد في الأحواض المزروعة والشاهد مقارنة بالمياه المستعملة (أحواض مياه الخام), حيث نلاحظ أن قيم الأكسجين المنحل متغيرة بين أصغر قيمة 3.78mg/l في شهر سبتمبر وأكبر قيمة 5.21mg/l في شهر نوفمبر بالنسبة للحوض المزروع أما في حوض مياه الخام أصغر قيمة 0.09mg/l في شهر أوت وأكبر قيمة 0.2mg/l في شهر سبتمبر.



	ديسمبر	نوفمبر	اكتوبر	سبتمبر	اوت
مياه الخام	0.18	0.38	0.37	0.2	0.09
نباتc.papuris	5.15	5.21	4.34	3.78	4.68
الشاهد	2.66	4.48	1.7	4.03	3.64

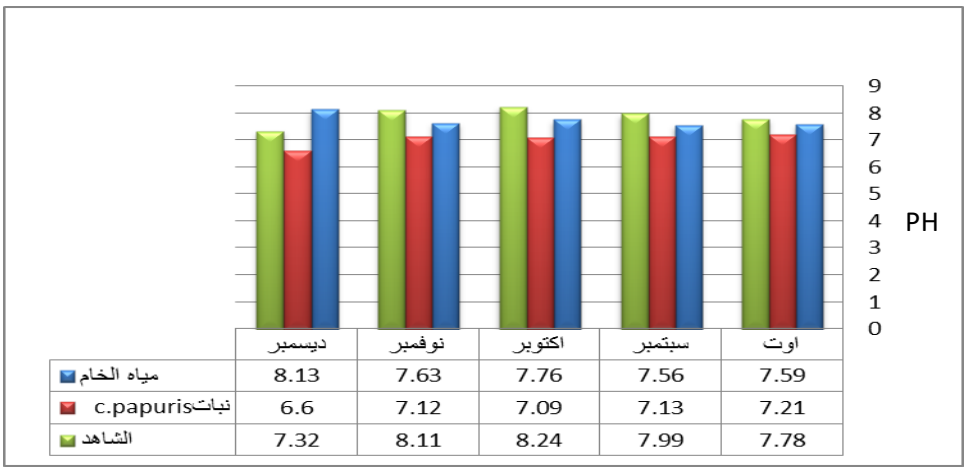
الشكل(16): يوضح التطور الزمني للأكسجين المنحل $O_{2dissous}$ للمياه الداخلة والخارجة لكل من الحوض المزروع والشاهد خلال خمسة أشهر.

نفسر انخفاض الأكسجين المنحل لوجود العدد الهائل من الكائنات الحية الدقيقة (البكتيريا ,الفطريات ....) التي تقوم باستهلاك كمية كبيرة من الأكسجين لاستغلاله في عملها ونشاطها المتمثل في عمليات الأكسدة , أما الارتفاع في الأكسجين يعود إلى أن المياه تمت لها مرحلة المعالجة (الشاهد والمزروع), حيث تؤخذ كمية الأكسجين عادة كمعيار لتحديد مدى صلاحية المياه, ويعود ذلك لوجود النبات الذي يقوم بعملية الطاقة التي يقوم بنقل الأكسجين من الهواء إلى داخل الحوض من الأوراق إلى السيقان ثم الجذور[68].

4-5-3- تطور الأس الهيدروجيني لPH:

قياس الرقم الهيدروجيني مرحلة مهمة جدا بالنسبة لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي خاصة في مرحلة المعالجة البيولوجية ,تعتمد المعالجة في هذه المحطة عل نشاط الكائنات الحية الدقيقة (البكتيريا) والكائنات الأولية في معالجة وأكسدة المواد العضوية إلى مواد غير عضوية ويجب توفير رقم هيدروجيني مناسب لضمان نمو ونشاط هذه الكائنات المناسبة للمعالجة البيولوجية من (6.5–8.5) حسب المعايير الجزائرية الملحق رقم (03).

نلاحظ من خلال الشكل (17) بأن قيمة ال PH تنخفض في المياه المعالجة في كل من الحوض المزروع والشاهد بنسبة 6.6 في شهر ديسمبر مقارنة بالمياه المستعملة في الحوض الخام تنخفض بنسبة 56.7 في شهر سبتمبر أما باقي الأشهر نلاحظ أن النتائج شبه متساوية في كل الأحواض حيث تتراوح القيمة المتوسطة بين (7.73,7.03,7.89) بالنسبة للأحواض الشاهد, المزروع, الخام على الترتيب.



	ديسمبر	نوفمبر	اكتوبر	سبتمبر	اوت
مياه الخام	8.13	7.63	7.76	7.56	7.59
نباتc.papuris	6.6	7.12	7.09	7.13	7.21
الشاهد	7.32	8.11	8.24	7.99	7.78

الشكل (17):يوضح التطور الزمني للأس الهيدروجيني PH للمياه الداخلة والخارجة لكل من الأحواض المزروعة والشاهد خلال خمسة أشهر.

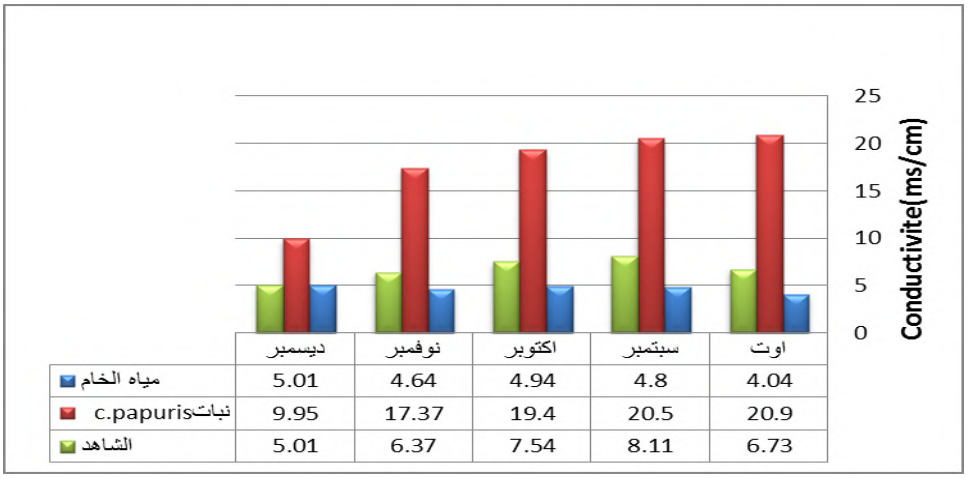
نفسر هذا الانخفاض في الأس الهيدروجيني (درجة حموضة الوسط)منها أكسدة النتريت إلى نترات و أكسدة المواد العضوية التي ينتج عنها CO_2 بدوره يؤدي إلى حموضة الوسط ويعود سبب ذلك إلى: تجمعCO_2

نتيجة هدم المواد العضوية من طرف البكتيريا وذلك حسب المعايير الجزائرية المسموح بها في المجال(6.5–8.5) وهذا يدل على أن المحطة تشتغل في الظروف العادية وفق الملحق (03) تجمع الهيدروجين نتيجة نشاط البكتيريا المسؤولة على النترجة .

$$NO_3^- + 2H^+ + H_2O + e \longrightarrow NH_4^+ + 2O_2$$

4-5-4- تطور الناقلية الكهربائية CE:

نلاحظ من خلال الشكل (18)الناقلية الكهربائية للمياه المعالجة بالحوض المزروع مرتفعة مقارنة بحوض الخام حيث سجلت أعلى نسبة 20.9ms/cm في شهر أوت وأقل قيمة 9.95ms/cm في شهر ديسمبر بالنسبة للحوض المزروع أما في الحوض الخام نلاحظ شبه ثبات في قيم الناقلية الكهربائية خلال الخمسة الأشهر حيث القيمة المتوسطة محصورة بين (4.69ms/cm -17.57) وهذه القيم مرتفعة مقارنة مع معايير الجريدة الرسمية (الملحق رقم(03) و معايير المنظمة الصحة العالمية (OMS, 1971)الملحق رقم(02).



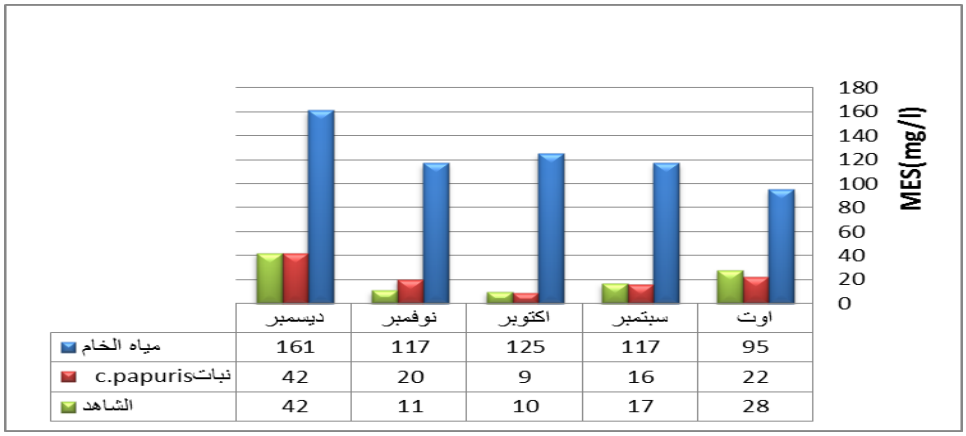
	ديسمبر	نوفمبر	اكتوبر	سبتمبر	اوت
مياه الخام	5.01	4.64	4.94	4.8	4.04
نباتc.papuris	9.95	17.37	19.4	20.5	20.9
الشاهد	5.01	6.37	7.54	8.11	6.73

الشكل (18):يوضح التطور الزمني للناقلية الكهربائية CE للمياه الداخلة والخارجة لكل من الحوض المزروع والشاهد خلال خمسة أشهر.

ويعود سبب ارتفاع الناقلية الكهربائية نتيجة تحلل المواد العضوية إلى مواد معدنية وتحولها إلى بعض أنواع الأملاح التي زادت من قيمة الناقلية الكهربائية , في هذه الحالة نسجل ارتفاع في الناقلة الكهربائية [69]. كما يمكن تفسير ذلك بأن قيم الناقلية يسيطر في تباينها عملية تبخر الماء على مستوى الأحواض نتيجة لارتفاع درجة الحرارة[70].

4-5-5- تطور المواد العالقة MES:

يبين الشكل (19) قيمة المواد العالقة MES , بحيث نلاحظ ارتفاع تدريجي في هذه الكمية المياه المستعملة (الحوض الخام) القيمة الدنيا 95mg/l في شهر أوت والقيمة القصوى 161mg/l في شهر ديسمبر, أما بالنسبة للمياه المعالجة (الحوض المزروع) كانت أقل قيمة 9 mg/l في شهر أكتوبر وأكبر قيمة 42 mg/l في شهر ديسمبر, حيث تم تسجيل مردود الإزالة في الحوض المزروع ب 82.28% و بمردود 82.44% في الحوض الشاهد وهدا يتوافق مع المعايير الجريدة الرسمية والصحة العالمية الملحق رقم (02.03).



	ديسمبر	نوفمبر	اكتوبر	سبتمبر	اوت
مياه الخام	161	117	125	117	95
نبات c.papuris	42	20	9	16	22
الشاهد	42	11	10	17	28

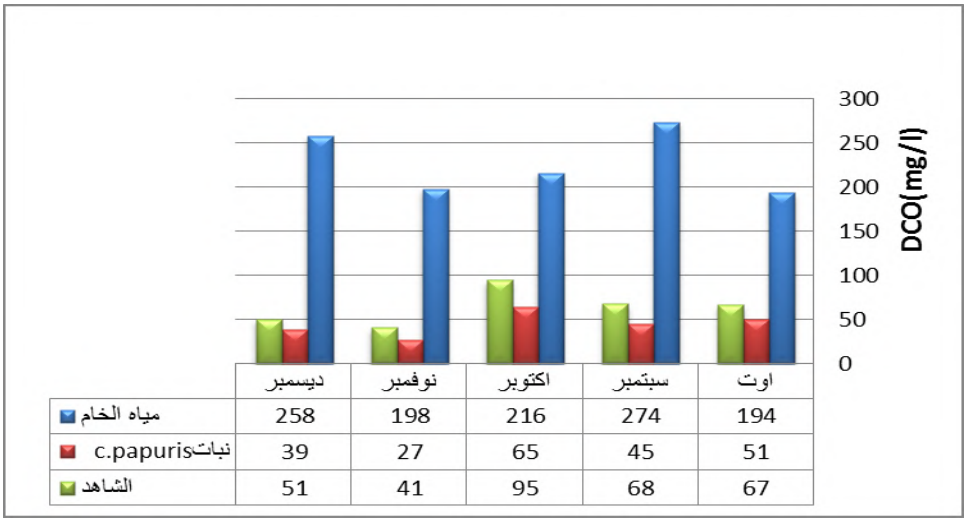
الشكل (19):يوضح التطور الزمني للمواد العالقة MES للمياه الداخلة والخارجة لكل من الحوض المزروع والشاهد خلال خمسة أشهر.

يعود انخفاض قيم المواد العالقة في الأحواض المياه المعالجة (الحوض المزروع والشاهد) بسبب قدرة النبات على ترشيح وترسيب المواد العالقة حيث تعمل هذه النباتات كمرشح حيوي Biofilterعن طريق جذب هذه المواد العالقة والذائبة بالماء ودفعها للقاع وهذا يفوق ما وجده الباحث (Kardec and Knight.1996)[71] حيث يظهر ذلك في نسبة الإزالة العالية والمقدرة ب 82.28%.

4-5-6- تطور الطلب الكيميائي للأكسجين (DCO):

من خلال الشكل (20) نلاحظ أن القيم المتوسطة لكمية الأكسجين المطلوبة لتأكسد الكيميائي للمواد العضوية (القابلة والغير قابلة لتحلل)**DCO** منخفضة في المياه المعالجة (الحوض المزروع والشاهد) مقارنة بالمياه المستعملة (الحوض الخام) حيث أظهرت النتائج أن التراكيز خلال الخمسة أشهر ل **DCO** في مياه الخام تتراوح بين أقل قيمة 194 mg/l في شهر أوت و أكبر قيمة 274mg/l في شهر سبتمبر وبمتوسط 228mg/l, أما فيما يخص المياه المعالجة سجلنا أقل قيمة 27mg/l في شهر نوفمبر وأعلى قيمة 65mg/l في شهر أكتوبر بمتوسط 45.5mg/l , و بعد حساب مردود الإزالة في أحواض المعالجة نجد أنه في الحوض المزروع أكبر مما هو في الشاهد حيث كانت النتائج80.09% و71.75% على الترتيب

فكانت هذه المعايير في الحدود المسموح بها وفق المنظمة العالمية للصحة(OMS) لسنة 1971 وضمن المعايير الوطنية لسنة 2012



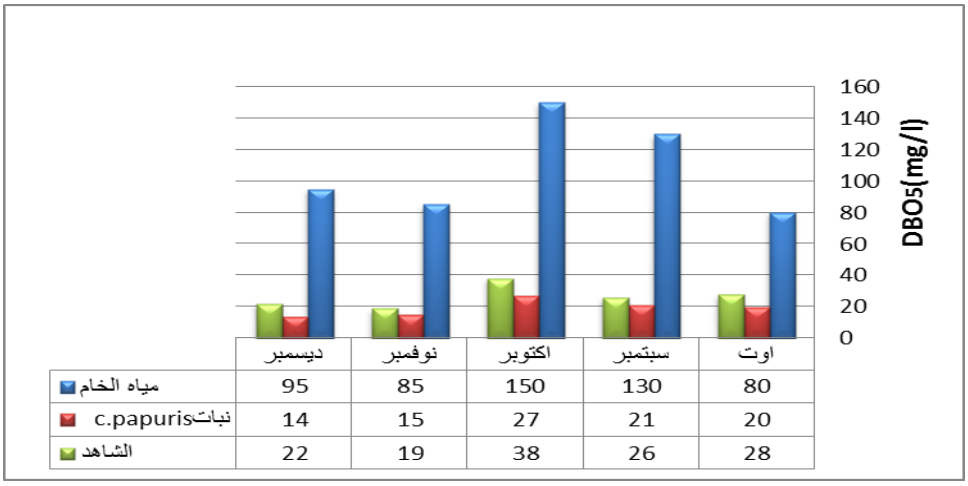
	ديسمبر	نوفمبر	اكتوبر	سبتمبر	اوت
مياه الخام	258	198	216	274	194
نبات c.papuris	39	27	65	45	51
الشاهد	51	41	95	68	67

الشكل(20): يوضح التطور الزمني للطلب الكيميائي للأكسجين DCO للمياه الداخلة والخارجة لكل من الحوض المزروع والشاهد خلال خمسة أشهر.

التفسير : من خلال قيم ال **DCO** لم تتجاوز المياه المعالجة (الحوض المزروع و الشاهد) الحد الأقصى للمعايير الوطنية ومنظمة العالمية للصحة , أما بالنسبة لمياه الخام تجاوزت الحدود المسموح بها وذلك راجع إلى نقص الأكسجين المنحل في المياه وزيادة الملوثات خاصة الزيوت والشحوم التي تمنع تلامس الأكسجين مع سطح الماء, وأن هذه الإزالة الكبيرة للمتطلب الكيميائي للأكسجين تشير إلى القدرة العالية التي يتمتع بها هذا النبات على أكسدة المواد العضوية الموجودة في المياه المعالجة (Jensen1993)[72].

4-5-7- تطور الطلب البيو كيميائي للأكسجين DBO_5:

وفقا للنتائج التي تم الحصول عليها في الشكل (21) نلاحظ أن تركيز الطلب البيو كيميائي للأكسجين **DBO_5**يتغير بين 80mg/l و150mg/l في المياه المستعملة (الحوض الخام) بمتوسط 108mg/l, وأعلى كمية سجلت في شهري سبتمبر وأكتوبر بنسبة للمياه المعالجة (لحوض المزروع) وأدنى نسبة كانت في شهر ديسمبر بمتوسط 19.4mg/l و منه نجد تركيز **DBO_5** في المياه المستعملة اكبر من تركيز**DBO_5** في المياه المعالجة حيث ينخفض نسبة التركيز**DBO_5** بمعدل14mg/lو27mg/l بالنسبة للحوض المزروع والشاهد على التوالي يعطى بمردود 82.04%و75.37% على الترتيب.



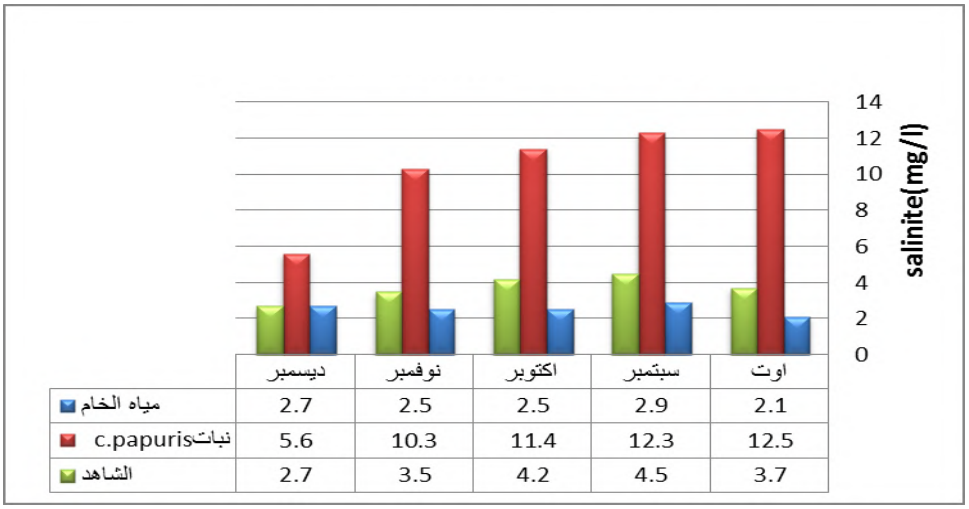
	ديسمبر	نوفمبر	اكتوبر	سبتمبر	اوت
مياه الخام	95	85	150	130	80
نبات c.papuris	14	15	27	21	20
الشاهد	22	19	38	26	28

الشكل(21):يوضح التطور الزمني للطلب البيو كيميائي للأكسجين DBO_5 للمياه الداخلة والخارجة لكل من الحوض المزروع والشاهد خلال خمسة أشهر.

نفسر انخفاض الطلب البيو كيميائي للأكسجين بشكل كبير في المياه المعالجة مقارنة بالمياه المستعملة مما يدل على وجود الكائنات الحية الدقيقة بنسب قليلة للطلب البيو كيميائي للأكسجين التي تتم خلال المعالجة وأن فاعلية الميكروبية Microbia lactivity التي هي السبب الرئيسي في تقليل المركبات العضوية المذابة بواسطة التحطيم Dégradations وهنا تبرز آلية المعالجة الجذرية Rhizoremedation ويوفر هذا النبات الأكسجين حول المنطقة الجذرية وهذا بدوره يشجع نشاط الأحياء المجهرية على تحطيم المركبات العضوية [71] مقارنة مع المعايير الجريدة الرسمية للجزائر ومعايير الصحة العالمية وجدنا أنها في الحد المسموح به.

4-5-8- تطور الملوحة (Salinité):

من خلال نتائج الشكل(22) نلاحظ أن قيم الملوحة تتراوح بين أقل قيمة 5.6mg/l في شهر ديسمبر وأعلى قيمة 12.5mg/l في شهر أوت بمتوسط 10.42mg/l بالنسبة لمياه المعالجة (الحوض المزروع), في حين سجلت في المياه المستعملة (الحوض الخام) تناقص كبير مقارنة بالمياه المعالجة حيث تتراوح بين المجال(2.9/2.1mg/l) خلال 5 أشهر بمتوسط 2.54mg/L .



	ديسمبر	نوفمبر	اكتوبر	سبتمبر	اوت
مياه الخام	2.7	2.5	2.5	2.9	2.1
نباتc.papuris	5.6	10.3	11.4	12.3	12.5
الشاهد	2.7	3.5	4.2	4.5	3.7

الشكل (22):يوضح تطور الملوحة salinité للمياه الداخلة والخارجة لكل من الأحواض المزروعة والشاهد خلال خمسة أشهر.

التفسير: من خلال الدراسة بينت أن حوض مياه الخام تتناقص بنسب معتبرة في الملوحة مقارنة بالحوض المزروع حيث تتبع نفس اتجاهات الناقلية الكهربائية ويرجع ذلك على أساس ترسيب الأملاح الذائبة في الماء في قاع الحوض.

الخلاصـــــــة العامـــــة:

الخلاصة العامة:

الهدف المرجو من هذه الدراسة هو إظهار مدى قدرة أداء النبات المزروع *Cyperus papyrus* في معالجة المياه المستعملة الحضرية في مناخ شبه جاف, وذلك بتزويد الحوض بتدفق أفقي تحت السطحي حيث كان مكوث الماء خمسة أيام داخل الحوض كاف لإزالة الملوثات بشكل مقبول,حيث وصلة نسبة إزالة MES(80.09%) .DBO_5 (82.04%). DCO(82.28%).

هذه الدراسة أظهرت أن وجود النبات له تأثير إيجابي على النشاط البيولوجي باستعمال السقي تحت السطحي الأفقي ,ولها إيجابيات عدة أهمها عدم التكلفة وعدم استخدام يد عاملة كبيرة وتكون خاصة في المناطق الريفية وبمقارنة هذه الدراسة مع الدراسة التي أجريت على نبات *Cyperus papyrus* في نفس المنطقة وبنفس شروط العمل كانت نسبة إزالة الملوثات العضوية DCO(84.64%) DBO5(88%) إلا أن هذه الدراسة دامت سنة (من جانفي إلى ديسمبر) كاملة بالمقارنة بدارستنا التي دامت خمسة أشهر فقط من شهر أوت إلى ديسمبر, وهنا يكون لمراحل نمو النبات (تأثير النشاط البيولوجي لنبات) تأثير على قيم المعايير الكيميائية والفيزيائية للمياه المعالجة.

أظهرت هذه النتائج أن العامل الأساسي المؤثر على النشاط البيولوجي هو وجود النبات و الكائنات المجهرية وتطور النبتة بحد ذاتها, ومن خلال النتائج المتحصل عليها وبالمقارنة مع معايير تصنيف المياه المعالجة المحددة في الملحق(05) [73], تصنف المياه المعالجة في هذه الدراسة ضمن الصنف 3 والذي ينص على أن نوعية المياه المعالجة تكون متموضعة تستخدم للري والتبريد

النبات أثبت كفاءته وقدرته على تحقيق المواصفات المرغوبة لتنقية مياه الصرف عن طريق إنقاص نسبة الملوثات والعوامل الممرضة والوصول إلى الحدود المسموحة لاستخدام المياه الناتجة من أحواض المعالجة بالنباتات في الزراعة (سقي الأشجار والحبوب والفواكه) التي لها القدرة على تحمل ملوحة هذه المياه بدون استخدام المحاليل الكيميائية وبكثافة أقل بالمقارنة مع غيرها من تقنيات المعالجة

الأفاق المستقبلية:

1. توسيع هذه الدراسة واستغلالها في مجالات تنمية كالزراعة وتوليد الطاقة الكهربائية والصمود في مواجهة الكوارث والصحة البيئية.
2. تقليل من الأمراض المسببة للوفيات نتيجة سوء خدمات الصرف الصحي وغياب الصحة العامة.
3. تعزيز وحماية الموارد المائية.
4. المساهمة في التقليل من استغلال مياه الشرب في مختلف المجالات.

قائمة المراجع:

المراجع باللغة العربية:

[4]	بقلم سيد عبد النبي محمد, التلوث البيئي وباء عصر العولمة ,وكالة الصحافة العربية ,الجيزة جمهورية العربية (2019)مصر
[5]	العابد إبراهيم,معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منقية محلية, أطروحة دكتوراه ,جامعة ورقلة 2015 ,ص 21,18,11,8,7,1
[6]	جمال عطية, إزالة التلوث العضوي من مياه الصرف الصحي بمنطقة الوادي باستخدام المعادن الطينية ,مذكرة دكتوراه ,كلية الرياضيات وعلوم المادة ,جامعة قاصدي مرباح ورقلة(2018)
[7]	هاني عبد القادر عمارة 2011, كتاب الماء بين العلم والإيمان, الطبعة الأولى دار زهرات للنشر والتوزيع ص306-307-308
[9]	كنعان علي عبد الفتاح ,2014 كتاب الاعلام البيئي ,دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع
[11]	سعيدة كاكي ، ازدهار ب لحسن ، مذكرة ماستر ، جامعة ورقلة ، 2016 ، ص 2 -7.
[15]	زغدي سعد, مذكرة دكتوراه تحديد محطات التنقية المحلية واستخدامها في تطهير المياه العادمة في منطقة الواد,(2016)ص14و 15 ,جامعة ورقلة
[16]	محمد احمد السيد خليل (خصائص عمليات تنقية المياه و استعمالاتها2006)ص58
[17]	المهندس محمد معن برادعي دليل التصميم محطات معالجة مياه الصرف ,صادر عن مؤسسة زايد, الطبعة الأولى, الإمارات العربية المتحدة, ص[112,636] (1140ه -2018م)
[18]	عبد الرزاق محمد سعيد التركماني, (2009) محطات معالجة بالنباتات, موقع الهندسة البيئية دليل تخطيط وتصميم وتنفيد محطات المعالجة بالنباتات ,شبكة خبراء المياه السوريين ,ص22,28
[25]	الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية وزارة التعليم العالي و البحث العلمي جامعة قاصدي مرباح ورقلة كلية الرياضيات وعلوم المادة أطروحة قسم الكيمياء-مح.htm
[31]	جوراء محمد خضير الزبيدي, محطات معالجة مياه الصرف الصحي ودورها في التقليل من المخاطر البيئية في محافظة الديوانية ,بحث مقدم لاستكمال متطلبات نيل درجة البكالوريوس ,كلية العلوم ,جامعة القدس –(2017)
[45]	عبد الرحمان ابن خلدون 1983 كتاب العبر و ديوان المبتدأ أو الخبر المجلد السابع ببيروت و لبنان ج13 ص98
[46]	عبد الرحمان الجيلاني ، 1980 تاريخ الجزائر العام دار الثقافة بيروت ج 1 ص138
[47]	عبد الحميد إبراهيم قادري ، 1999 التعريف بوادي ريغ منشورات جمعية الوفاء للشهيد تقرت الآمال للطباعة –الوادي ص9/06/05
[48]	إبراهيم بن محمد السياسي العوامر ، 1977 الصروف في تاريخ الصحراء و سوف –الدار التونسية للنشر ص78
[70]	ليفة نعسان ، دراسة ملوثات مياه مصاب الصرف الصناعي في مدينة حلب ، بحث علمي لنيل درجة الماجستير في الهندسة المدنية ، كلية الهندسة المدنية ، جامعة حلب ، صفحة 79 ،2015م
[73]	د.نصر الحايك (2017), مدخل إلى كيمياء المياه (تلوث, معالجة, تحليل), منشورات المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجية, سوريا.

المراجع باللغة الأجنبية:

[1]	HO: 2003. Guidelines for Safed recreational water environments; Vol. 1, Coastal and fresh waters. World Health Organization, Geneva, Switzerland. pp 3 -5
[2]	BRIX H., 1993. Macrophyte-mediated oxygen transfer in wetlands: Transport mechanisms and rates. Reprint from Constructed wetlands for water quality Improvement (G. A. Moshiri, editor). Lewis Publishers. Boca Raton. Ann Arbor. London, Tokyo, pp 9-22
[3]	BIDDLESTONE Q. J., GRAY K. R., JOB G. D., 1991. Treatment of dairy farm wastewaters in engineerd reed beb systems. Process Biochemistry, 26., pp 265-268.
[8]	Mr metahri mohammed said èliminations imultanèe de la pollution azotèe et phosphtèe des eauxuséestraitées,par des procèdès mixtes cas de la step est de la ville de Tizi-ouzou thèse de doctorat2012.
[10]	Zahra bakiri(traitement des eaux usees par des procedes biologiques classiques :experimentation et modelisation) universite ferhat abbas – setif ufas (algerie) magister03/03/2007
[12]	RODIER JEAN ,1999.L'analyse De L'eau (chimie.physico- chimie microbiologie biologie .interprètation des rèsultats) DUNOD paris ,8^{e}èditio
[13]	HASLAY. C,LECLERC.H,1993.Microbiogie des eaux d'alimentation (londres NEW York) 11,ruelavoisier
[14]	KONED ; 2002. Epuration des usées par lagunage a microphytes et à macrophytes en afrique de l'Ouest et de centre : Etat des lieux performances épuration et critères de dimensionnement. Thèse

	N°2653. Lausanne EPFL. pp 17-30-31
[19]	Laatra (M2013)
[20]	AL-MAYAH,A A.and AL-HAMIN,F,i.1991. Aquatic plants and the Algae Univresity of Basrar(in arabic),pp699-701
[21]	AL-MAYAH, A. A. 1994. The Aquatic plants of the Marshes of southern Iraq MarinSci Cent. 18: pp127-143
[22]	REJSEK FRANCK 2002, Analyse des eaux aspects reglementaires et techniques CRDP d'Aquitaine
[23]	VYMAZAL JAN and LENKA KROPFELOVA., 2008. Wastewater Treatment in Constructed wetlands with Horizontal Sub-Surface Flow, pp 203-322
[24]	Riemer,1989
[26]	ARMSTRONG J. and ARMSTRONG W. 1990. Pathways and mechanisms of oxygen transport in Phragmitesaustralis (Cav.) Trin ex Steud. In : Constructed Wetlands in Water Pollution Control, P.F. Cooper and B.C. Findlater (Eds), Pergamon Press, pp 529-534.
[27]	BRIX H. AND SCHIERUP H.H .1990. Soil oxygenation in constructed reed beds: the rôle ofmacrophyte and soil-atmosphere interface oxygen transport. In : Constructed Wetlands in Water Pollution Control, P.F. Cooper and B.C. Findlater (Eds), Pergamon Press, pp 53-66.
[28]	HABERL R., PERFLER R. 1990. Seven years of research work and experience with wastewater treatment by a reed bed system. In : Constructed Wetlands in Water Pollution Control, P.F. Cooper and B.C. Findlater (Eds), Pergamon Press, pp 215-214.
[29]	ARMSTRONG J. and ARMSTRONG W. 1988. Phragmitesaustralis – preliminary study of soiloxidising sites and internal gas transport pathways. New Phytol., **108**, pp373-382.
[30]	MITCHELL R. and NEVO Z. 1964. Effect of bacterial poysaccharide accumulation on infiltration of water through sand, Appl. Microbiol. **12**, pp 219-223.
[31]	RONNER A. B. and WONG A. C. 1994. Microbial clogging of wastewater infiltration systems. In : Proceedings of the Seventh International Symposium on Individual and Small Community Sewage Systems, Atlanta, Georgia, pp 559-56
[32]	KIM, Y. and KIM, W. J. 2000. "Roles of water hyacinths and their roots for reducing algal concentration in the effluent from waste stabilization ponds." Wat. Res..**34(13)**: pp3285-3294.
[33]	KIM, Y., KIM, W. J., Chung, P. G. and Pipes, W. O. 2001. "Control and separation of algae particles from WSP effluent by using floating aquatic plant root mats." Wat.Sci.Tech. **43(11)**: pp315-322.
[34]	WOLVERTON, B. C., Barlow, R. M. and McDonald, R. C. 1975. "Application of Vascular Aquatic Plants For Pollution Removal, Energy and Food Production in a Biological System." *National Aeronautics and Space Administration, Washington. TM X* **72726**. p 15
[35]	WOLVERTON, B. C. and McDonald, R. C. 1979. "Upgrading facultative lagoons with vascular aquatic plants." *J. Wat. Pollut. Contr. Fed.***51**(2): pp 305-313.
[36]	ARMSTRONG J., ARMSTRONG W.& BECKETT P.M. 1992. Phragmitesaustralis: venturi – and humidity – induced pressure flows enhance rhizome aeration and rhizosphere oxidation. New Phytol.,**120**,pp197-207.
[37]	BRIX H and Schierup H.H 1989. The use of aquatic macrophytes in water pollution control. Ambio, **18**, pp 100-107.
[38]	REDDY, K. R. and TUCKER, J. C. 1983. "Productivity and Nutrient-Uptake of Water Hyacinth, Eichhornia- Crassipes .1. Effect of Nitrogen-Source." *Econ. Bot.***37(2)**: pp 237-247.
[39]	TUCKER, C. S. and DEBUSK, T. A. 1983. "Seasonal-Variation in the Nitrate Content of Water Hyacinth (Eichhornia-Crassipes [Mart] Solms)." *Aquatic Botany***15(4)**: pp 419-422.

[40]	CHEHMA A. 2006: catalogue des plantes spontanées du sahara septentrional algérien , bibliotheque nationale, p.94
[41]	OZENDA 1991 : flore de sahara (3 édition mise à jour et augmenté); Paris edition du CNRS; p.136, 137.
[42]	QUEZEL P et SANTA C, 1962: nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. C.NRS.,Paris, 2 vol. p .184
[43]	LARRIDON,I., HUYGH, REYNDERS, M.,A.MUASYA,A.,GOVAERTS, R., SIMPSON , D., GOETGHEBEUR, p.2011. Nomenclature and typification of names of genera and subdivisions of genera in Cypereae (Cyperaceae):2. Names of subdivisions of Cyperus. Taxon , Volume 60 , Number 3 ,pp. 868-884 (17).
[44]	Huygh,W., LARRIDON, I.,REYNDERS,M., MUASYA, A., GOVAERTS, R., SIMPON , D., GOETGHEBEUR , p . 2010. Nomenclature and typification of names of genera and subdivisions of genera in the Cypereae (Cyperaceae) : 1. Names of genera in the Cyperus clade. Taxon , Volume 59**(8)6**, pp.1 883-1890.
[49]	IMAGE,CNES ASTRIUM.2022.google earth.
[50]	TOURNAY,R.1950. La Nomenclature et la synonymie des sous-espèces de Cyperus L.. Bulletin de 1 Société Royale de Botnique de Belgique, Tome 82 , p.345.
[51]	REYNDERS,M.,HUYGH, W., LARRIDON, I., MUASYA, A.; GOVAERTS, R.,SIMPON , D., GOETGHEBEUR, P . 2011. Nomenclature and typification of names of genera and subdivisions of genera in the Cypereae (Cyperaceae) : 3. Names in segregategener of Cyperus . Taxon , Volume 60 **(11) 3**, pp. 885-895.
[52]	ONA-Station d'épuration des eaux usées Touggourt.
[53]	BOULOS L . 2005 . Flora of Egypt: volume 4 . Monocotyledons Alimataceae –OrchidaceaeCairo : Al Hadara Publishing. Cairo Egypt. p 617
[54]	SERAG ,M. S. 2003 . Ecology and biomass production of Cyperus papyrus L. on the Nile ban katdamietta Egypt. Journal of MediterraneanEcology , **4** , pp 15-24.
[55]	TERER , T., TRIEST, L.,MUASYA , AM.2012 . Effects of harvesting Cyperus in undisturbed wetland Lake Naivasha Kenya. Hydrobiologia , **680**, pp 135-148.
[56]	HAKUNO, D., 2005. Medicinal Plants aandPhytomedicines. In : The Cultural History of Plants. (consulting Editor: Ghillean Prance, Scientific Editor:M. Nesbitt). Taylor and Francis, New york, Routledge , pp.205-238
[57]	GAUDET , JOHAN . 1980 . Papyrus and the ecology of Lake Naivasha . National Geographie Society Resarch Reports. **12**:pp 267-272
[58]	BOAR,R.R.,D.M.HARPER and C.S.ADAMS.1999 . Biomass Allocation in Cyperus papyrus in a Tropical Wetland , Lake Naivasha,Kenya .1999. Biotropica**3**:p 411 .
[59]	HARPER, D . 1992 . The ecological relationships of aquatic plants at Lake Naivasha , Kenya. Hydrobiologia .**232**:pp 65-71.
[60]	CHAPMAN,L.J.,C.A.CHAMPMAN,R OGUTU –OHWAYO,M.CHANDDLER,L. KAUFMAN and A.E.KEITER.1996.Refugia for endangeredfishes form an antroduced predator in Lake Nabugabo,Uganda. J.Biocon**10**:pp 554-561.
[61]	CHAPMAN ,L.J.,C.A.CHAPMAN .P.J.SCHOFIELD,J.P. OLOWO, L . KAUFMAN ,O . SEEHAUSEN and R . OGUTU-OHWAYO. 2003. Fish faunal resurgence in Lake Nabugabo , East Africa. J.Biocon**17**: pp 500-511.

[62]	MACLEAN , I. M. D.,M. HASSALL .R. BOAR .R. AND O. NASIRWA.2003. Effects of habitat degradation on avian guilds in East African papyrus Cyperus papyrus L. swamps. Bird conservation Internationl.**13**: pp 283-297.
[63]	MACLEAN , I. M. D.,M. HASSALL .M.R. BOAR and I. LAKE .2006 . Effects of disturbance and habitat loss on papyrus-dwelling passerines. J.Biocon.,**131**:pp 349-358
[64]	OWINO, A.O. AND P.G.RYAN . 2006. Habitat associations of papyrus specialist birds at three papyrus swamps in western Kenya. Afr. J. Ecol. **44**:pp 438-443.
[65]	DAHLGREN, R.M.T, Clifford, H.T, Yeo, P.F 1985, the families of theMonocotyledons. Structure, evolution and taxonomy. Speringer, berlin. pp 179-182
[66]	Choudhary A. K. et al., Performance of constructed wetland for the treatment of pulp andpaper mill wastewater, 2011, Palm Springs, California
[67]	AFNOR, 1983. recueil de normes françaises: eau, méthodes d'essai, 2ème édition, Pa
[68]	Rodier J, Legube B, Merlet N, Brunet R et coll, Analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Dunod, 9ème éd. Paris ; 2009. p.945-1020, 1113, 1411, 1579.
[69]	Zobeidi Ammar, Épuration des eaux uséés urbaines par lagunage aéré en zone Aride-Cas de la région d'EL-Oued paramétras influents et choix des conditions optimales. Ouargla : Université KasdiMerbah , 2017
[71]	Kadlec, R.H and Knight, R.L., (1996).Treatment Wet land.CRC press Inc. Lewis Publishers, Boca Raton ,Florida . pp893.
[72]	Jensen, P, P; Maehlum, T. and Krogstad, T.(1993). Potential constracted wetland for waste water treatment in Northern environments. Wat. Sci.Tech.,28(10):149-157.

الملحـــــــــــــــق:

جدول رقم (01):يوضح نتائج المتحصل عليها خلال الدراسة من شهر أوت إلى غاية شهر ديسمبر2021

الأشهر	الخام	T(c)	OD	ph	comd	Sel	MES	DCO	DBO_5
أوت	مياه الخام	34	0.09	7.59	4.04	2.1	95	194	80
	نباتc.papuris	30.8	4.68	7.21	20.9	12.5	22	51	20
	الشاهد	30.4	3.64	7.78	6.73	3.7	28	67	28
سبتمبر	مياه الخام	31.3	0.20	7.56	4.80	2.9	117	274	130
	نباتc.papuris	26.9	3.78	7.13	20.5	12.3	16	45	21
	الشاهد	26.7	4.03	7.99	8.11	4.5	17	68	26
أكتوبر	مياه الخام	33.5	0.37	7.76	4.94	2.5	125	216	150
	نباتc.papuris	21	4.34	7.09	19.4	11.4	9	65	27
	الشاهد	20	1.70	8.24	7.54	4.2	10	95	38
نوفمبر	مياه الخام	28.1	0.38	7.63	4.64	2.5	117	198	85
	نباتc.papuris	14.8	5.21	7.12	17.37	10.3	20	27	15
	الشاهد	16.1	4.48	8.11	6.37	3.5	11	41	19
ديسمبر	مياه الخام	22.5	0.18	8.13	5.01	2.7	161	258	95
	نبات c.papuris	13	5.15	6.60	9.95	5.6	42	39	14
	الشاهد	12.5	2.66	7.32	5.01	2.7	42	51	22

الجدول رقم (02): يوضح معايير تصريف مياه الصرف الصحي حسب منظمة الصحة العالمية (OMS.1971)

Paramètres	Bonne ou trés bonne qualité	Qualité acceptable	Qualité médiocre	Mauvaise ou trés mauvaise
O_2 dissous mg/l	>5	≥3	≥1	<1
O_2 dissous %	≥70	≥50	≥10	<10
DBO_5 mg / l	≤5	≤10	25	>25
DCO mg / l	≤25	≤40	80	>80
NO_3 mg / l	≤25	≤50	80	>80
NH_4^+ mg / l	≤0.5	≤2	8	>8
NO_2^- mg / l	≤0.3	≤1	>1	-
NTK mg / l	≤2	≤3	10	>10
PO3-4 mg / l	≤0.5	≤1	2	>2
MES mg / l	≤70	-	>70	-
Phosphore total mg / l	≤0.3	≤0.6	1	>1
Conductivité	≤2	-	2000	-
Ph	≥6.5 et ≤ 8.5	-	<6.5 ou >8.5	-

الجدول رقم (03):يوضح قيم الحد الأقصى لمعايير مياه الصرف الصحي المعالجة (الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية 2012).

1. Paramètres physico-chimiques

PARAMETRES		UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
Physiques	pH	—	6.5 ≤ pH ≤ 8.5
	MES	mg/l	30
	CE	dS/m	3
	Infiltration le SAR = o - 3 CE	dS/m ou mS/cm	0.2
	3 - 6		0.3
	6 - 12		0.5
	12 - 20		1.3
	20 - 40		3
Chimiques	DBO5	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	CHLORURE (CI)	meq/l	10
	AZOTE (NO3 - N)	mg/l	30
	Bicarbonate (HCO3)	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

(*) : Pour type de sols ‡ texture fine, neutre ou alcalin.

الجدول رقم (04):يوضح قيم الحدية لعمليات التفريغ في بيئة الاستقبال (الجريدة الرسمية الجزائرية2006)

PARAMETRES	VALEURS LIMITES	UNITES
Température	30	C°
PH	6,5 à 8,5	-
MES	35	mg /1
DBO5	35	mg/1
DCO	120	mg/1
Azote kjeldahl	30	mg/1
Phosphates	02	mg/1
Phosphore total	10	mg/1
Cyanures	0,1	mg/1
Aluminium	03	mg/1
Cadmium	0,2	mg/1
Fer	03	mg/1
Manganèse	01	mg/1
Mercure total	0,01	mg/1
Nickel total	0,5	mg/1
Plomb total	0,5	mg/1
Cuivre total	0,5	mg/1
Zinc total	03	mg/1
Huiles et Grasses	20	mg/1
Hydrocarbures totaux	10	mg /1
Indice phénols	0,3	mg/1
Fluor et composés	15	mg/1
Etain total	02	mg/1
Composés organiques chlorés	05	mg/1
Chrome total	0,5	mg/1
(*)Chrome III+	03	mg/1
(*)Chrome VI+	0,1	mg/1
(*)Solvants organiques	20	mg/1
(*)Chlore actif	1,0	mg/1
(*)PCB	0,001	mg/1
(*)Détergents	2	mg/1
(*)Tensioactifs anioniques	10	mg/1

الجدول رقم(05): يوضح معايير النوعية لكل أصناف الماء [73]

الخاصية	الوحدة	الصنف A1	الصنفB2	الصنف 2	الصنف3
الناقلية	µS/Cm	400> <	750_ 400	1500_750	3000_1500
درجة الحرارة	M	20>	22_ 20	25_22	30_25
PH	-	6 .5 _8.5	6.5 _8.5	6_9	5.5_9.5
DBO_5	mg/L	3>	5_ 3	10_5	25_10
DCO	mg/L	20>	20_ 25	25_ 40	40_80

الملخـــــــــــــــــــص:

الهدف من هذه الدراسة هو إثبات قدرة أداء النبات *Cyperus papyrus* على تصفية المياه المستعملة بنظام ذات الجريان تحت السطح الأفقي, ومناخ جاف وحار, شملت هذه الدراسة مقارنة بين مجموعتين من الأحواض حوض مزروع وأخر شاهد على قدرة نبات *Cyperus papyrus* على تصفية المياه المستعملة

الدراسة منجزة عبر نموذج تجريبي في محطة المعالجة بالنباتات الديوان الوطني لتطهير ONA بتقرت يتكون النموذج من أحواض دائرية ذات سعة L80 مملوءة من الأسفل إلى الأعلى على سمك بحصى (mm 25/15) بارتفاع cm20 الحوض المزروع بالنبات *Cyperus papyrus* حديثة العمر بكثافة (36ساق/m^2) وحوض غير مزروع كشاهد .عملية تزويد الأحواض بالمياه المستعملة الحضرية بعد المعالجة الأولية (المعالجة الفيزيائية) ب L15 في اليوم بطريقة التدفق الأفقي بوتيرة منتظمة تكون مرة واحدة في الأسبوع والماء المتحصل عليه بعد مكوثه في الأحواض المزروع والشاهد لمدة 5أيام يتم حفظه في قارورة بعد هذه الدراسة التي دامت 5أشهر من شهر أوت إلى شهر ديسمبر 2021 تحصلنا على إزالة الملوثات بالنسب التالية DCO(82.28%). DBO5(82.04%). MES(80.09%)

كلمات دالة : المناخ الجاف, مياه الصرف الصحي , المعالجة بالنباتات المائية , النباتات Cyperus papyrus, ولاية تقرت

Abstract:

The aim of this study is to prove the ability of the plant Cyperus papyrus to filter waste water with a horizontal subsurface flow system, and a dry and hot climate.

The study was carried out through an experimental model in the phyto-treatment plant Al-Dwain National for disinfection of the ONA in Toqourt. The model consists of circular basins with a capacity of L80 filled from bottom to top on a thickness of gravel (25/15 mm), height 20 cm, massively modern. Not planted as a control. The process of supplying urban waste water to basins after primary treatment (physical treatment) with L15 per day by horizontal flow method at a regular pace once a week. The water obtained after staying in the cultivated and control basins for 5 days is kept in a flask after this study. That lasted 5 months, from August to December 2021; we obtained the removal of pollutants with the following percentages (80.09%) DCO (82.28%) DBO5 (82.04%) MES.

Key words: a For a dry climate sewage ,hydro treated ,plant Cyperus papyrus, Touggourt.

Résumé :

Le but de cette étude est de prouver la capacité de la plante Cyperus papyrus à filtrer les eaux usées avec un système d'écoulement souterrain horizontal et un climat sec et chaud.

L'étude a été réalisée à travers un modèle expérimental dans la station de phyto-traitement Al -Dan National pour la désinfection de l'ONA à Yogourt. Le modèle est constitué de bassins circulaires d'une capacité de L80 remplis de bas en haut sur une épaisseur de gravier (25/15 mm), hauteur 20 cm Massivement moderne. Non planté comme témoin. Le processus d'approvisionnement en eaux usées urbaines des bassins après traitement primaire (traitement physique) avec L15 par jour par méthode d'écoulement horizontal à un rythme régulier une fois par semaine. L'eau obtenue après séjour dans les bassins cultivé et témoin pendant 5 jours est conservée dans un flacon après cette étude. Cela a duré 5 mois, d'août à décembre 2021, nous avons obtenu l'élimination des polluants avec les pourcentages suivants (80,09 %) DCO (82,28 %) DBO5 (82,04 %) MES.

Mots clés : a Pour une station d'épuration en climat sec, station hydro traitée , Cyperus papyrus, Touggourt