وزارة التعليـم العالـي والبحـث العلمـي

جامعـة قاصـدي مربـاح ورقلـة

كليـة الرياضيات وعلـوم المـادة

قسـم الكيمياء

مذكـرة مقدمة لنيل شهادة ماستر أكاديمي

فـي الكيـمياء

التخصص: كيمياء محيط

من إعداد: خيشة مريم

بعنـوان

إزالة عوامل التلوث العضوي من مياه الصرف الصحي باستخدام نبات «*Canna indica*» طريقة التدفق المهجن (شاقولي+ أفقي) لمنطقة تقرت

نوقشت علنا يوم: 31/05/2022 **أمام لجنة المناقشة:**

زنخري لويزة	أستاذ محاضر- أ- جامعة قاصدي مرباح - ورقلة	رئيسا
ذوادي علي	أستاذ تعليم عالي- جامعة قاصدي مرباح- ورقلة	مناقشا
العابد إبراهيم	أستاذ تعليم عالي- المدرسة العليا للأساتذة– ورقلة	مساعد مؤطر
بن زاهي خديجة	أستاذ محاضر- أ- المدرسة العليا للأساتذة – ورقلة	مؤطر

السنة الجامعية : 2021 / 2022

الإهداء

*إلى فيض الحب ووافر العطاء بلا انتظار ولا مقابل إلى من كانت سندا لي في مخاض هذا العمل وميلاده, إلى من غمرتني بحنانها وحبها إلى" **أمي**" التي مهما قلت فيها لن أوفيها حقها, التي أتمنى لها دوام الصحة والعافية.*

*إلى من كان شمعة تنير دربي ومن علمني الاجتهاد والمثابرة وحب الإطلاع والسير على خطى الحبيب المصطفى عليه الصلاة والسلام إلى" **أبي**" الحبيب أطال الله في عمره.*

إلى فرحة البيت وقرة العين وسندي في الحياة إخوتي

""مراد, إسماعيل الخليل, عبد المحسن, مبروكة, خالصة, ابتسام"

إلى توأم روحي ورفيقة دربي ...إلى صاحبة القلب الطيب والنوايا الصادقة

"منال"

إلى أحبتي وإخوتي التي لم تلدهم أمي الذين تقاسمت معهم أحزاني وأفراحي

"روميصاء, فاطمة, غفران, فتيحة, لحسن"

إلى منارة العلم والعلماء.....جامعة قاصدي مرباح ورقلة

إلى الذين حملو أقدس رسالة هذه الحياة .....الأساتذة الأفاضل لهم كل الشكر والامتنان.

"خيشة مريم"

شـــــكـــر وتـــــقـــديـــر

نحمد الله عز وجل الذي ألهمنا الصبر والثبات وأمدنا بالقوة والعزم على مواصلة مشوارنا الدراسي وتوفيقه في إنجاز هذا العمل, فنحمدك اللهم ونشكرك على نعمتك وفضلك ونسألك البر والتقوى, ومن العمل ما ترضى, وسلام على حبيبه وخليله الأمين عليه أزكى الصلاة والسلام

نتقدم بجزيل الشكر والتقدير للأساتذة الأفاضل ونخص بالذكر الأستاذة المشرفة ***خديجة بن زاهي*** *والأستاذ المساعد* ***إبراهيم العابد*** *الذي كانا لنا نعم الموجهان وعلى حرصهم أن يكون هذا العمل في صورة كاملة لا يشوهه أي نقص, نسأل الله أن يجزيهم عنا كل الخير على المجهودات التي بدلوها من أجلنا, والنصائح والتوجيهات العظيمة التي كان يضعاها نصب أعيننا وهي تتبع هذا البحث بكل اهتمام ...جعل الله ذلك في ميزان حسناتهم*

كما لا ننسى أن نوجه الشكر والعرفان لكلي موظفي مؤسسة الديوان الوطني للتطهير والعاملين بها بتقرت ***(ONA)***

كما نتوجه بالشكر الجزيل إلى أساتذتنا الكرام لجنة المناقشة البروفيسور ***ذوادي علي*** *والدكتورة* ***زنخري لويزة*** *على قبولهم مناقشة هذه المذكرة وإفادتنا بتصحيحاتهم وإثرائنا بتوجيهاتهم القيمة.*

كما نتقدم بخالص الشكر والتقدير لكل من ساهم وقدم لنا يد العون من أساتذة وطلبة ولكل من دعمنا ودعا لنا.

قـــــــــــائـــمـــة الـــــــجـــداول

الرقم	العـــــنـــــوان	الصـفـحة
01	قيم الحد الأقصى لمعالم صرف نفايات الوحدات الصناعية	7
02	أهم آليات الإزالة الرئيسية للملوثات وفعالية أحواض المعالجة بالنباتات	18
03	معامل تغير قيمة DBO_5 بدلالة حجم العينة المستعملة	27
04	القيم المتوسطة للوسائط المقاسة للمياه المستعملة (الداخلة) لمحطة التصفية	31
05	قيم معامل التحلل البيولوجي للمياه المستعملة الداخلة لمحطة التصفية	32
06	القيم المتوسطة للوسائط المقاسة للمياه الخارجة (المعالجة) من محطة التصفية	33
07	قيم الحد لمحتوى المواد الضارة في مياه الصرف الصحي بخلاف المياه المعالجة المنزلية في وقت تصريفها في نظام الصرف الصحي أو المحطة المعالجة.JORA 2009	49
08	مواصفات مياه الصرف الصحي المعالج المستخدم لأغراض الري قرار وزاري مشترك بتاريخ 02 جانفي 2012	50
09	معايير منظمة الصحة العالمية لمياه الصرف الصحي(1971)OMS	51
10	التطورات الزمنية للوسائط الفيزيوكيميائية المقاسة للماء الداخل والخارج للأحواض سنة 2021	52

قـــــــــــائـــمـــة الـمـخـــطـــطـــات

الـــرقـم	الـــعـــنـــوان	الصـفـحـة
01	**مراحل معالجة مياه الصرف بالنباتات**	**12**

قـــــــــــــــــائـــمـــة الأشـــــــــكـــال

الرقـــــم	الـــعـنـــــوان	الصـفـحـة
01	نبات *Juneus effusus*	14
02	نبات البردي *Cypyrus papyrus*	14
03	نبات *Typha latifolia*	14
04	حوض معالجة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر	15
05	حوض معالجة بالنباتات بجريان تحت السطحي أفقي	15
06	حوض معالجة بالنباتات بجريان تحت السطحي الشاقولي	16
07	حوض معالجة بالنباتات بالجريان المتنوع(المهجن)	17
08	خريطة توضح الموقع الجغرافي لمدينة تقرت	19
09	محطة الديوان الوطني للتطهير ONA تقرت	20
10	العتاد التجريبي	21
11	نبات القنا *Canna indica*	22
12	الكواشف المستعملة لقياس DCO	26
13	جهاز التسخين	26
14	جهاز Spectrophotomètre	26
15	القارورات المستعملة لقياس DBO_5	28
16	الحاضنة	28
17	التطور الزمني لدرجة الحرارة للمياه الداخلة والخارجة من المحطة	34
18	التطور الزمني للأس الهيدروجيني للمياه الداخلة والخارجة للمحطة	35
19	التطور الزمني للأكسجين المنحل للمياه الداخلة	36

20	التطور الزمني للناقلية الكهربائية للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد	37
21	التطور الزمني للملوحة للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد	38
22	التطور الزمني للمواد العالقة للمداخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد	39
23	التطور الزمني للطلب الكيميائي للأكسجين DCO للمدخل والمخرج لكل من الأحواض الشاهدة والمزروعة	40
24	التطور الزمني للطلب البيوكيميائي للأكسجين (DBO_5) عند المدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد	41
	والخارجة من المحطة	

قـــائـــــــمـــة الاختصـــــارات

التسميـــــــــــــــــــــــــــة	الـــرمـــــــــــز
Conductivité électrique **الناقلية الكهربائية**	**CE**
Demande biochimique en oxygène (05 jours) **الطلب البيوكيميائي للأكسجين**	**DBO_5**
Demande chimique en oxygène **الطلب الكيميائي للأكسجين**	**DCO**
Matières en suspension **المواد العالقة**	**MES**
Matières organiques **المواد العضوية**	**MO**
Nitrate **النترات**	**NO_3^-**
Nitrite **النتريت**	**NO_2^-**
Oxygène dissous **الأكسجين المذاب**	**O_{2diss}**
Organisation mondiale de la Santé **منظمة الصحة العالمية**	**OMS**
Office nationale d'assainissement **الديوان الوطني للتطهير**	**ONA**
Potentiel d'hydrogène	**pH**
Ortho phosphore	**PO_4^{-3}**

الفهرس

الإهداء	I
شكر وتقدير	II
قائمة الجداول	III
قائمة المخططات	III
قائمة الأشكال	IV
قائمة الاختصارات	VI

الرقم	العنوان	الصفحة
	مقدمة عامة	1
	الجزء النظري	
I	الفصل الأول: تلوث المياه وطرق معالجتها	
1.I	عموميات حول المياه الملوثة	2
1.1.I	تعريف التلوث	2
2.1.I	مصادر تلوث المياه	2
3.1.I	أنواع ملوثات الماء	2
1.3.1.I	التلوث الفيزيائي	2
2.3.1.I	التلوث الكيميائي	3
3.3.1.I	التلوث البيولوجي	4
2.I	مياه الصرف الصحي	4
1.2.I	تعريفها	4
2.2.I	مصادر أنواع مياه الصرف الصحي	5
3.I	مقاييس تصنيف الملوثات في مياه الصرف الصحي	5
4.I	المعايير والتراكيز المسموح بها	7
5.I	مراحل المعالجة في الميدان	8
1.5.I	محطات تصفية المياه المستعملة بطريقة الحمأة المنشطة	8
1.1.5.I	المعالجة الأولية (المعالجة الفيزيائية)	8
2.1.5.I	المعالجة البيولوجية	9
2.5.I	المعالجة بالبحيرات	10
3.5.I	معالجة المياه القدرة بواسطة النباتات	10
II	الفصل الثاني: معالجة المياه المستعملة بواسطة النباتات	
1.II	مقدمة	11
2.II	تعريف عملية التنقية بالنباتات	11
3.II	محطات المعالجة بالنباتات	11
4.II	النباتات المائية المستخدمة ضمن محطات المعالجة بالنباتات	12
1.4.II	نبات البردي *Cyperus papyrus*	13
2.4.II	نبات *Juneus effusus*	13
3.4.II	نبات *Typha latifolia*	13
5.II	أحواض النباتات المستعملة في تنقية مياه الصرف الصحي	14
1.5.II	أحواض النباتات ذات الجريان السطحي الحر	16

2.5.II	الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الأفقي	15
3.5.II	الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الشاقولي	16
4.5.II	أحواض النباتات ذات الجريان المتنوع المهجن	17
6.II	دور مختلف مكونات النظام (الركيزة)	17
7.II	آليات إزالة الملوثات وفعالية أحواض المعالجة بالنباتات	18
	الجزء العملي	
III	الفصل الثالث: طرق وأدوات	
1.III	تقديم منطقة الدراسة (تقرت)	19
2.III	تقديم محطة التصفية (تقرت)	19
3.III	العتاد التجريبي	20
4.III	النبات المائي المستعمل في التنقية	22
1.4.III	التصنيف العلمي للنبات	22
2.4.III	وصف نبات القنا	22
3.4.III	استعمالات نبات القنا	22
5.III	تحديد الوسائط الفيزيوكيميائية المقاسة	23
1.5.III	تحديد المواد العالقة	23
2.5.III	تحديد الطلب الكيميائي للأكسجين	25
3.5.III	تحديد الطلب البيوكيميائي للأكسجين	26
4.5.III	قياس كمية الأكسجين المنحل	28
5.5.III	قياس الأس الهيدروجيني	29
6.5.III	قياس درجة الحرارة	29
7.5.III	قياس الناقلية الكهربائية	30
IV	الفصل الرابع: نتائج ومناقشة	
1.IV	مقدمة	31
2.IV	معامل التحلل البيولوجي	31
3.IV	تحديد خصائص مياه الصرف الصحي (المستعملة) الداخلة لمحطة التصفية	31
4.IV	أداء و كفاءة إزالة الملوثات	33
5.IV	مناقشة النتائج للوسائط الفيزيوكيميائية المقاسة للمياه المعالجة	34
1.5.IV	تطور درجة الحرارة	34
2.5.IV	تطور الأس الهيدروجيني	35
3.5.IV	تطور الأكسجين المنحل	36
4.5.IV	تطور الناقلية الكهربائية	37
5.5.IV	تطور الملوحة	38
6.5.IV	تطور المواد العالقة	38
7.5.IV	التطور الزمني للطلب الكيميائي للأكسجين	39
8.5.IV	التطور الزمني للطلب البيوكيميائي للأكسجين	40
	خلاصة عامة	42
	المراجع	43
	الملحق	49

مـــــــــــقدمـــــة

I. مقدمة عامة

تعد المياه احد أهم عوامل التنمية المستدامة لذا فإن الحاجة ماسة لترشيد استخدام المتاح من هذه الموارد المائية وبشكل خاص في الدول العربية و التي تعاني شحا و ندرة في الموارد المائية المتاحة بها نظرا لأن معظم أراضيها في المناطق القاحلة و شبه القاحلة التي تتسم بانخفاض الأمطار لذا فقد تنامت أهمية معالجة وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي و الصناعي و اتجهت معظم دول العالم إلى التخطيط و الإدارة السليمة المتكاملة لإعادة استخدام مياه الصرف بعد معالجتها بكفاءة بالتخلص منها عن طريق صرفها على المسطحات المائية [1].

إن الغرض من معالجة مياه الصرف الصحي هو إسراع العملية الطبيعية التي تحدث لتلك المياه تحت ظروف محكمة و بشكل صغير و من الأسباب الهامة لتطوير طرق معالجة تلك المياه تأثيرها على الصحة العامة والبيئة حيث اعتمد سابقا العديد من أساليب المعالجة منها أسلوب المعالجة بالحماة المنشطة الذي يتميز بالبساطة وسهولة التشغيل إلا أن هذا النظام يعاني من العديد من المشاكل منها كفاءته المحدودة في إزالة المواد العضوية الجزئية فيه للمغذيات و لكن بمرور الوقت و نتيجة للتطور العلمي الحاصل في هذا المجال ظهرت عملية و هي استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة بالنباتات و هي من أهم الطرق المستعملة حديثا بنظام طبيعي صديق للأحياء الدقيقة المسببة للأمراض [2].

مما جعل هذا الأسلوب حلا امثل للمشاكل الحاصلة في الأسلوب التقليدي إذا ساعد هذا الأسلوب الذي تعتمد في تشغيله على توفير ظروف هوائية ولا هوائية متتابعة و ضمن خطة مناسبة للتشغيل على تحسين عملية الإزالة البيولوجية للمغذيات [3].

ويهدف عملنا هذا لقياس مدى قدرة نبات ***Canna indica*** على تنقية المياه المستعملة الحضرية بطريقة التدفق المهجن (شاقولي +أفقي) لمنطقة تقرت.

يتضمن عملنا هذا أربعة فصول جزئين نظري وجزئين عملي

الفصـــل الأول: ملـــوثـــات الميـــاه وطـــرق معـالـجتهـا

الفصـــل الثـاني: معالـــــجة الميـــاه باســـتعمـــال النبـاتـات

الفصـــل الـثالـث: طـــرق وأدوات

الفصـــل الـرابـع: نتـــائـــج و منـــاقشـــة

الفصـــــــــل الأول:

تـلوث المـــــياه وطرق معالـــــــجتها

I.1. عموميات حول المياه الملوثة

I.1.1. تعريف تلوث المياه: يقصد بتلوث المياه وجود تغيير في مكونات المجرى أو تغيير حالته بطريقة مباشرة أو غير مباشرة, بسبب نشاط الإنسان بحيث تصبح المياه أقل صلاحية للاستعمالات الطبيعية المخصصة للشرب أو الزراعة [04].

I.1.2. مصادر تلوث المياه: تتعدد مصادر التلوث والتي تؤذي إلى تخريب الموارد المائية ونقص جودتها حيث تعاني المياه من العديد من مصادر التلوث يمكن تقسيمها إلى :

- مصادر طبيعية: وتشمل الجو, المعادن الذائبة, تحلل المواد النباتية والجريان السطحي للأملاح والكيماويات.

- مصادر زراعية: تشمل الانجراف المائي للتربة, مخلفات حيوانية, أسمدة كيماوية ومبيدات ومياه الري.

- مياه الصرف الصحي: وتشمل الصرف الصحي, الصرف الصناعي, المركبات البحرية والحوادث البحرية.

- مصادر متنوعة: مثل أنشطة البناء, المناجم, الماء الجوفي.....الخ [05].

I.1.3. أنواع ملوثات الماء:

I.1.3.1. التلوث الفيزيائي:

- **التلوث الحراري:** ويحدث بسبب استخدام المياه كمبرد لمحطات الطاقة والصناعات إذ تضيف هذه المنشآت إلى المسطحات المائية ماء ذا درجة حرارة أعلى يقل دعم الأكسجين وذلك بناء على فرق درجة الحرارة مما يؤثر تماما على التركيب البيئي [06].
- **التلوث الإشعاعي:** يحدث نتيجة لإلقاء المخلفات النشطة إشعاعيا في المسطحات المائية ومع مرور الزمن يتم تراكم المواد الملوثة بهذه المسطحات ونظرا لطول فترة نصف العمر لبعض المواد المشعة فإنها تبقى نشطة وتنتقل إلى الإنسان إذا تناول هذه الكائنات (أسماك , أحياء بحرية أخرى) ومن أهم الآثار الخطيرة الناتجة عن هذا التلوث التحولات التي تحدث في الجينات الوراثية للبشر الدين يستهلكون هذه الكائنات الملوثة[07].

I.1.3.1.2. التلوث الكيميائي:

- **التلوث الصناعي:** يحدث نتيجة صرف المنشات الصناعية لمخلفاتها ونواتجها الثانوية بدون معالجة في المجاري المائية ومن بين هذه الصناعات, الصناعات الالكترونية, الصناعات الغذائية, صناعة الصابون ومواد التنظيف...الخ. حيث يعمل التنوع والاختلاف الكبيرين في الكم الهائل من الفضلات التي تطرحها هذه المصانع إلى زيادة نسب بعد العناصر في الماء, من بين أهم الملوثات الناتجة عن هذه الصناعات البروم, الرصاص, والزئبق, الكروم, الكلوريدات, الكربونات, الكبريتات, النحاس, النترات ...الخ. حيث أي تغير (زيادة أو نقصان) في نسب بعض هذه العناصر في الماء الذي يستعمله الإنسان يسبب خللا في التوازن الطبيعي لوظائف بعض الأعضاء والعديد من الأمراض [08].
- **التلوث بالمبيدات وبالأسمدة الزراعية:** تستخدم المبيدات الحشرية في مجالات الزراعة والصحة العامة للقضاء على الآفات والحشرات وبصفة عامة يؤدي استخدام المبيدات إلى اختلال التوازن البيئي من خلال تلويث البيئة المختلفة من تربة وماء ونبات بشكل يصعب إعادة توازنها, وهذا ما يحصل مع الأسمدة الزراعية والتي قد تضر بالحيوان والإنسان بطريقة مباشرة أو غير مباشرة [09].
- **التلوث بالمخلفات النفطية:** يحدث التلوث النفطي عندما تتسرب المواد النفطية إلى المسطحات المائية خاصة البحرية منها والتي لم تقتصر على المناطق الساحلية فقط, بل تمتد لتصل إلى سطح مياه المحيطات وطبقات المياه العميقة [10]. تتعدد أسباب التلوث النفطي للمياه لتتضمن حوادث ناقلات النفط ومنتجاته وحوادث استخراج النفط من الآبار البحرية, خاصة أثناء عملية فصل الماء عن الزيت فصلا كاملا أو نتيجة تسرب النفط في الآبار المجاورة للشواطئ البحرية أو بسبب تلف أنابيب نقل النفط من أباره البحرية للشواطئ, وأيضا حوادث إلقاء النفايات والمخلفات النفطية في البحر من ناقلات النفط أثناء سيرها, خاصة تلك المخلوطة بالمياه التي استخدمت في غسيل خزاناتها, خاصة المصاحبة لتفريغ مياه توازن السفن [11].
- **التلوث بالأمطار الحمضية:** أي أنها تكون ملوثة بالغازات الحمضية, مثل أكسيد الكبريت وأكسيد الأزوت, اللذان يتحولان إلى الكبريتيك والنتريك, المنبعثة من البراكين واحتراق الوقود, ومنه تعود إلى التربة وباقي مصادر المياه في الطبيعة, فتضر جميع المسطحات المائية وخاصة منها المغلقة, فتعمل على رفع درجة حموضتها مما يؤثر على الكائنات الحية التي تعيش داخلها. كذلك تؤثر الأمطار الحمضية على مياه الشرب عن طريق تسببها في تأكل بعض القنوات فتزداد نسبة الرصاص في مياه الشرب. كما تتسبب هذه الأمطار بإذابة بعض المعادن الثقيلة والمواد السامة مثل: الرصاص, الزئبق, الألمنيوم, النترات من التربة حاملة إياها إلى الأنهار, البحار والبحيرات, وكذلك المياه الجوفية مسببة أضرار

للكائنات الحية, وتؤثر على صحة الإنسان من خلال شرب هذه المياه الملوثة, والتغذي على الأسماك والكائنات البحرية [12].

I.3.3.1. التلوث البيولوجي :

- **التلوث بمياه الصرف الصحي:** يشمل هذا النوع من المياه الملوثة العديد من الملوثات الخطيرة, سواء كانت عضوية أو مواد كيماوية (كالصابون, والمنظفات الصناعية), وبعض أنواع البكتيريا والميكروبات الضارة بالإضافة إلى المعادن الثقيلة السامة والمواد الكربوهيدراتية [11]. تحتوي مياه الصرف الصحي على بكتيريا كثيرة جدا تسبب أمراضا عديدة,فمثلا في الجرام الواحد من مخرجات الجسم (عرق, بول, أو براز) يحتوي على 10 مليون فيروس وبالإضافة إلى مليون من البكتيريا [13] مثال ذلك: بكتيريا الشيجلا فتسبب مرض الكوليرا, تسبب تلك أنواع البكتيريا وغيرها الأمراض المختلفة نتيجة للتعامل مع المياه الملوثة بالصرف الصحي, سواء بالشرب أو الاستحمام أو حتى تناول الأسماك التي تم اصطيادها من هذه المياه.
- **التلوث بالطحالب:** تحتوي المياه السطحية على الكثير من الكائنات الحية النباتية كالطحالب التي تغير من طبيعة المياه (الطعم,الرائحة, اللون). حيث يعرف صرف مياه المجاري في الأنهار والبحيرات بأنه يعمل على نمو الطحالب وزيادتها بدرجة هائلة وذلك لأن المخلفات تعمل كسماد جيد للطحالب مما يؤذي إلى تكاثرها [12].
- **التلوث بالبكتيريا:** ويقصد به وجود ميكروبات مرضية بالماء من بين هذه الأمراض (التيفود, التهابات معوية ...الخ) [14].

I.2.مياه الصرف الصحي:

I.1.2. تعريفها: هي المياه العادمة التي استخدمت من طرف الإنسان في مختلف المجالات تكون هذه المياه ملوثة بواسطة مواد تغير من خصائصها الكيميائية أو تغير من طبيعتها مما يجعلها غير صالحة للإنسان أو الحيوانات أو النباتات أو الكائنات التي تعيش في البحار أو المحيطات [15].

_ مياه الصرف عبارة عن سوائل ذو تركيبة غير متجانسة غنية بالمواد بالعضوية والمواد المعدنية تكون عالقة أو منحلة وقد تكون ذو خاصية سامة [16].

_ الماء المستعمل هو الماء الملوث الذي تدخل عليه المواد الغريبة, فتفسد خواصه الكيميائية والفيزيائية, أو تغير من طبيعته مما تجعله غير صالح للاستعمال من طرف الإنسان أو الحيوان أو النبات, والكائنات التي تعيش في البحار والمحيطات.

2.2.I. مصادر و أنواع مياه الصرف:

- ❖ **مياه الأمطار الملوثة:** تحتوي مياه الأمطار بعد تجميعها على المواد التي تحملها الأمطار أثناء سقوطها وجريانها فوق أسطح المباني والأرض, وتختلف ما تحمله مياه الأمطار من أتربة ورمال ومواد عضوية طبقا لعدة عوامل كثيرة منها طبيعة الأسطح التي تسقط عليها الأمطار ومدى تكرار سقوط الأمطار ومدتها وقد تحتوي مياه الأمطار في بعض الأحيان على تركيز عال من المواد العالقة التي تجرفها المياه من الأسطح التي تسقط عليها بالإضافة إلى بعض الغازات الذائبة في الأمطار أثناء هطولها, وفي البلاد شحيحة المياه يفضل إنشاء شبكات منفصلة لتخزين مياه الأمطار لاستخدامها في أعمال الري أو في أي استخدامات أخرى.
- ❖ **مياه غسيل الشوارع:** وهذه المياه تصرف في البالوعات ومنها إلى شبكة الصرف حاملة معها بعض الرمال والورق والزيوت والشحومات.
- ❖ **مياه الرشح:** تمثل مياه السيلان التي تدخل إلى مواسير الصرف خلال الوصلات غير متقنة أو من خلال غطاء الماسورة نفسها إذا كان مساميا.
- ❖ **المياه الصناعية:** تشمل مياه صرف المصانع المختلفة في المدينة و تختلف كمياتها من مصنع إلى أخر. وهي تختلف في طبيعتها عن المياه المنزلية لاحتوائها على مواد كيميائية و مواد سامة الآتية من المصانع وكذلك المخابر والمستشفيات, وتطلق روائح كريهة وسامة خاصة عند ارتفاع درجة الحرارة.
- ❖ **مياه الصرف الصحي:** تشمل المياه المستعملة في التجهيزات الصحية المنزلية والمراحيض, وأحواض المطابخ, والأجهزة الأخرى, ويتضح من ذلك أن نوعية الشوائب في هذه المياه هي مخلفات الطعام والفضلات الآدمية بالإضافة إلى المواد الناتجة عن الاستحمام ونظافة الملابس والأواني والأرضيات وأعمال النظافة الأخرى, وتختلف نوعية مياه الصرف الصحي المنزلي طبقا للعوامل التالية: نظام شبكات التجمع, مستوى المعيشة, معدلات استهلاك المياه, خصائص مياه الشرب.

3.I. مقاييس تصنيف الملوثات في مياه الصرف الصحي:

- ✓ **اللون:** يكون لون مياه الصرف الصحي في بدء سريانها في شبكة الصرف الصحي رمادي وتتحول تدريجيا إلى اللون الداكن عند حدوث التعفن والتحلل اللاهوائي. أما إدا كان لونها خلاف ذلك فهذا يعني اختلاط مياه الصرف الصناعي بمياه الصرف الصحي.
- ✓ **الرائحة:** تنبعث الروائح عادة من الغازات المتولدة من تحلل المواد العضوية أو من المواد المضافة إلى مياه الصرف الصحي وقد تحتوي مياه الصرف الصناعي على مركبات ذات رائحة أو على مركبات تنبعث منها رائحة أثناء عملية المعالجة.

- ✓ **درجة الحرارة:** تعد معرفة درجة حرارة الماء شيء ضروري لحياة الكائنات الحية في الماء لذا يؤذي تغيرها إلى تغير خصائص الماء, حيث يعود التغير المفاجئ في درجة الحرارة إلى طرح مخلفات صناعية منها الكيميائية والبترولية وبعض المعادن الثقيلة [17].
- ✓ **الرقم الهيدروجيني pH:** هو قياس تركيز شوارد الهيدروجين في الماء, فهو يلعب دورا هاما في تنقية مياه الصرف والنمو البكتيري حيث تتم النترجة المثلى فقط عند قيم درجة الحموضة بين 5.7و9 [18]. ويكون في الحالة الطبيعة بين (8.5- 6) ويشكل وسط واقي أي غير قابل للتحولات السريعة في لـpH كون مياه الصرف الصناعية تغير في قيمة المجرى المائي فمثلا مياه الصرف الناتجة عن مصانع الغازات يكون pH مابين (3-3.5) [17].
- ✓ **الناقلية الكهربائية CE:** تحتوي المياه الطبيعية على تراكيز خفيفة من الأملاح المعدنية المتشردة, وبالتالي فجميعها تشارك في الناقلية الكهربائية فهي تعتبر انتقال شوارد الأملاح أي انتقال الالكترونات [19].
- ✓ **المواد العالقة MES:** تمثل المواد غير الذائبة الموجودة في مياه الصرف, وتضم المواد العضوية والمعدنية حيث تعتبر نسبة 30غ/لتر من المواد المعلقة طبيعية وجيدة في المياه السطحية, بينما إذا تجاوزت 70غ/لتر فإن الماء يصبح ملوثا تترسب المواد العالقة عندما تنخفض سرعة جريان الماء وتكون طبقة من الطمي في قاع المجرى المائي, وتكون تلك الطبقة وسطا مناسبا للتفاعلات اللاهوائية نتيجة احتوائها على المركبات العضوية وانعدام الأكسجين المنحل تؤذي تلك التفاعلات إلى نشوء مركبات سامة (كبريتية, أمينية, فسفورية ...) [19].
- ✓ **المواد العضوية MO:** تتكون من مجموعة مركبات تحتوي غالبا على الكربون والأكسجين والهيدروجين والنيتروجين, بالإضافة إلى الكبريت والفسفور من أهم هذه المركبات البروتينات والكربوهيدرات والدهون.
- ✓ **الطلب الكيميائي الحيوي للأكسجين:** يعرف بأنه كمية الأوكسجين الضرورية لتحلل المركبات العضوية المنحلة في الماء بواسطة الأجسام الحية الدقيقة المتواجدة في الوسط المائي مع استهلاك الأوكسجين المنحل. حيث تقدر كمية الأكسجين المفقود بحساب (DBO_5), كما يعبر عن درجة التلوث العضوي للمياه [20].
- ✓ **الطلب الكيميائي للأوكسجين (DCO):** يعبر عن كمية الأكسجين المستهلكة من قبل المركبات العضوية والمعدنية المنحلة في الماء والقابلة للأكسدة ولذلك فإنه يستعمل كعامل مقارنة بين ماء مصفى ونفس الماء قبل التصفية لمعرفة فعالية عملية التصفية ويمثل أيضا إحدى دلائل التلوث [21].

- ✓ **النترات (NO_3^-):** تتواجد النترات بكميات كبيرة في معظم المياه وفي المياه الجوفية توجد بمستويات عالية وهي نواتج أكسدة النتروجين العضوي بالجراثيم الموجودة في التربة والماء وهي تمثل المرحلة النهائية لأكسدة المركبات العضوية الآزوتية ووجودها في المياه الطبيعية بفعل جريان المياه على سطح التربة في مرحلة تشكل الأنهار أو نتيجة التوسع الكبير في استعمال الأسمدة الآزوتية والكيماوية.
- ✓ **النتريت (NO_2^-):** موجود بمستويات أقل بكثير من النترات, وتتكون عن طريق الأكسدة الجرثومية غير الكاملة للنتروجين العضوي وشوارد النتريت المتواجدة في الوسط المائي تمثل مرحلة انتقالية ناتجة عن إرجاع النترات أو عن أكسدة شوارد الأمونيوم [22].
- ✓ **ارتو فوسفات (PO_4^{-3}):** يعتبر الفسفور ضروري لنمو الطحالب وغيرها من الكائنات البيولوجية ويكون الفسفور العضوي أحد أهم المكونات للمياه الملوثة كمياه الصرف والحمأة [21]. حيث يعتبر الفوسفات المنحل في مياه الري مادة مغذية للنباتات غير أن ارتفاع نسبته أكثر من 60ملغ/ل يؤذي إلى تغير في بنية بعض النباتات كما أن الأسماك تتغذى بالفوسفات المنحل في المياه [23].

4.I. المعايير والتراكيز المسموح بها:

في إطار المحافظة على البيئة والصحة العامة قامت الجزائر بفرض معايير من خلالها تحديد قيم الحد الأقصى لمعايير الصرف نفايات الوحدات الصناعية السائلة(مؤرخ في 25 شعبان 1433 الموافق ل 15 جويلية 2012 ينظم النفايات السائلة) الموضحة في الجدول أدناه:

جدول رقم (1): قيم الحد الأقصى لمعالم صرف نفايات الوحدات الصناعية

المقـــاييـــس	القـــــيمة
درجة الحرارة	30C°
pH	6.5_8.5
المواد العالقة MES	30mg\l
الطلب الحيوي للأكسجين DBO_5	30 mg\l
الطلب الكيميائي للأكسجين DCO	90mg\l
الآزوت N	30 mg\l
الفوسفات	02mg\l
الزنك	10 mg\l
الكروم	01mg\l
المنظفات	01mg\l

الزيوت والدهون	20mg\l
الأكسجين المنحل	05_02mg\l
النتريت	01mg\l

I.5. مراحل المعالجة في الميدان: هناك عدة طرق معتمدة لمعالجة المياه المستعملة, سنحاول التطرق إلى أنجع الطرق في تصفية المياه.

I.1.5. محطات تصفية المياه المستعملة بطريقة الحمأة المنشطة: إن عمليات المعالجة معرفة مبدئيا تبعا لصفات مياه الصرف وطبيعة الوسط المستخدم, تتضمن عمليات تصفية المياه المستعملة بطريقة الحمأة المنشطة ثلاثة مراحل متتابعة وهي على التوالي :

I.1.1.5. المعالجة الأولية (المعالجة الفيزيائية)Traitement Primaire: هي أولى مراحل المعالجة تهدف إلى تحسين مواصفات مياه الصرف المتدفقة إلى المحطة, وذلك بتقليل كمية المواد الملوثة بها مما يساعد على رفع كفاءة المعالجة لمياه الصرف في المراحل التالية وتتم المعالجة الأولية عن طريق فصل المواد الطائفة غير العضوية كالأخشاب وقطع البلاستيك, وفصل الرمال وإزالة المواد العالقة السطحية (بما ذلك الدهون والشحوم) [24].

- **المرحلة الأولى (الغربلة)**

تؤدي تصفية المياه الملوثة إلى إزالة الملوثات الكبيرة الحجم وكذلك الألياف غير القابلة للانحلال بنسبة 20 إلى 30% بالغربلة أو الترسيب البسيط أو غير البسيط بإضافة عوامل كيميائية مخثرة, بهدف حماية أسفل المجرى ومنع المواد العائمة من دخول خزانات الترسيب, وتتألف أجهزة التصفية من قضبان متوازية أو شبكة أسلاك أو صفائح مثقوبة أو غيرها, ويجرى التخلص من المواد المزالة بالتصفية إما بدفنها أو حرقها أو إرجاعها بعد عملية التنقية [25]. فتنزع المواد الكبيرة الحجم (Le dégrillage) بوسائل ميكانيكية بتصفيتها في مصافي معدنية, وينزع الرمل (Ledéssablage) بالترسيب بحركة هرمية دائرية, ويتم التخلص من 50% من المواد الصلبة 40%_60% من الجزيئات الثقيلة بطريقة الترسيب.

- **المرحلة الثانية**

تترسب في هذه المرحلة المواد الصلبة الدقيقة فتمر المياه في ثلاثة أحواض. الحوض الأول حوض إزالة الرمال وهو حوض ذو زمن مكوث قصير لإزالة الرمال الدقيقة وثقيلة الوزن سريعة الترسيب. والحوض

الثاني حوض الترسيب الأولي لإزالة المواد الصلبة بطيئة التركيد. والحوض الثالث حوض نزع الزيوت حيث يتم نزع الدهون والزيوت والمواد الطافية الأخرى بواسطة كاشطات متحركة على سطح الماء [26].

I.2.1.5. المعالجة البيولوجية Traitement biologique

يتم فيها التخلص من المواد العضوية القابلة للتحلل سواء كانت عالقة أو ذائبة عن طريق إضافة كائنات حية دقيقة.

ومن أهم وسائل المعالجة البيولوجية:

- **الأسرة البكتيرية (Les lits Bactériens/lits filtrants)**

تتكون من طبقات تتدرج من جزيئات كبيرة الحجم مثل الأحجار حتى الجزيئات الدقيقة, وتمر فيها المياه ثم تغطى بطبقة غشائية لزجة تحتوي على كائنات دقيقة مختلفة تؤكسد المادة العضوية [27].

- **الحمأة المنشطة (Les Boues Activées)**

وهي الطريقة الأكثر تجاوبا وبفضل التخلص الممتاز من الملوثات تصل بكفاءة أكبر من 95% مقارنة بالطرق الأخرى, ولكي تتم هذه العملية يجب توفر التهوية الجيدة والمستمرة, الكائنات الحية الدقيقة, والمادة العضوية وبعد مرور مياه الصرف بالمرحلة الأولية الفيزيوكيميائية تخضع للمرحلة الثانية (المعالجة البيولوجية) وهي المرحلة الفعالة في المعالجة وأثناء هذه المرحلة تمر المياه بعدة مراحل وهي :

- **حوض الترسيب الابتدائي:** ويتم فيه إزالة حوالي 40% من المواد العضوية, وتصل نسبة إزالة المواد العالقة MES إلى حوالي 60% [26].
- **أحواض التهوية:** نتيجة تعرض مياه الصرف الناتجة من الحوض الأول لتهوية شديدة يتم أكسدة المادة العضوية بواسطة الكائنات الحية الدقيقة "بكتريا هوائية ", تترسب وتعطي حمأة منشطة.
- **حوض الترسيب الثانوي:** تنزل الحمأة المنشطة التي تشكلت سابقا أسفل حوض الترسيب ثم يرجع جزءا منها إلى أحواض المعالجة البيولوجية حيث تعود إلى نشاطها وبذلك تشهد المعالجة نهايتها وتصبح المياه المطهرة طافية على السطح, ويدوم هذا الترسيب حوالي 3 ساعات.أما الأوحال المتبقية تعرض للتخمر اللاهوائي .
- **التخمر اللاهوائي:** تجرى هذه العملية ضمن حوض مغلق لا يدخله الهواء ويسمى المخمر, تمتلك عملية التخمر الميثاني قدرة عالية على تفكيك الجزيئات العضوية و تحويلها إلى غازات بسيطة كالميثان CH_4 وبخار الماء. تتجاوز تكاليف بناء المخمر مثيلتها بطريقة التثبيت الهوائي على نحو

كبير وهذا من أهم مساوي تلك الطريقة, كما أنها حساسة جدا لتغيرات قيم pH الوسط أو الحمولة العضوية أو درجة الحرارة.ونظرا لانعدام الهواضم اللاهوائية ببلادنا وذلك لتكاليفها الباهضة فإن معظم محطات تنقية المياه المستعملة بالجزائر تعتمد مباشرة على تجفيف الأوحال الناتجة عوضا عن تخميرها وذلك بأسرة التجفيف [19].

I.2.5. المعالجة بالبحيرات Lagunage

تعتمد طريقة المعالجة بالبحيرات على مبدأ التدفق والسيلان البطيء للماء في أحواض كبيرة.حيث تبدأ معالجة المياه المستعملة في هذه البحيرات بمعالجة أولية حيث تنزع الفضلات كبيرة وصغيرة الحجم والرمال والزيوت والدهون من المياه ثم تدخل المياه إلى الحوض الأول يكون مجهز بآلات لتهويته وهذا بغرض توفير الظروف المناسبة للكائنات الحية الدقيقة, والطحالب اللذان يعملان على تفكيك وتحطيم الملوثات والمواد العضوية التي تحملها المياه المستعملة كما يسمح عمق الحوض ومدة مكوث المياه لمدة أسبوع أو أكثر فيه بترسب المواد العالقة في المياه وتمر المياه من الحوض الأول إلى الأحواض الأخرى ببطء والتي تكون أقل عمقا منه ومجهزة بآلات التهوية لتصل إلى المياه إلى آخر حوض صافية [28].

I.3.5. معالجة المياه القدرة بواسطة النباتات:

نظرا لارتباط هذا النوع من التقنية بموضوع الرسالة سوف نتطرق له بالتفصيل في الفصل الثاني

الفصـــــــــل الـثـانـــــــي:

معـــالـــــجة الميـــــاه

المستعملـــــة بـــــواسطـــــة

النبـــــاتـــــات

II.1. مقدمة:

لقد ظهرت عدة تقنيات بديلة سهلة, وفعالة من أجل تصفية المياه المستعملة من بينها التصفية الطبيعية التي تعتمد على النباتات والتي تعرف بالتصفية النباتية حيث ظهرت هذه التقنية في غرب أوروبا مستندة على أبحاث سيدال الذي بدأها في فترة التسعينات. كما نلاحظ أن تدخل الإنسان في هذه التقنية جد محدود وتثبيتها لا يكلف كثيرا. وشهدت تطورا ملحوظا سنة 1997 [29].

II.2. تعريف عملية التنقية بالنباتات:

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

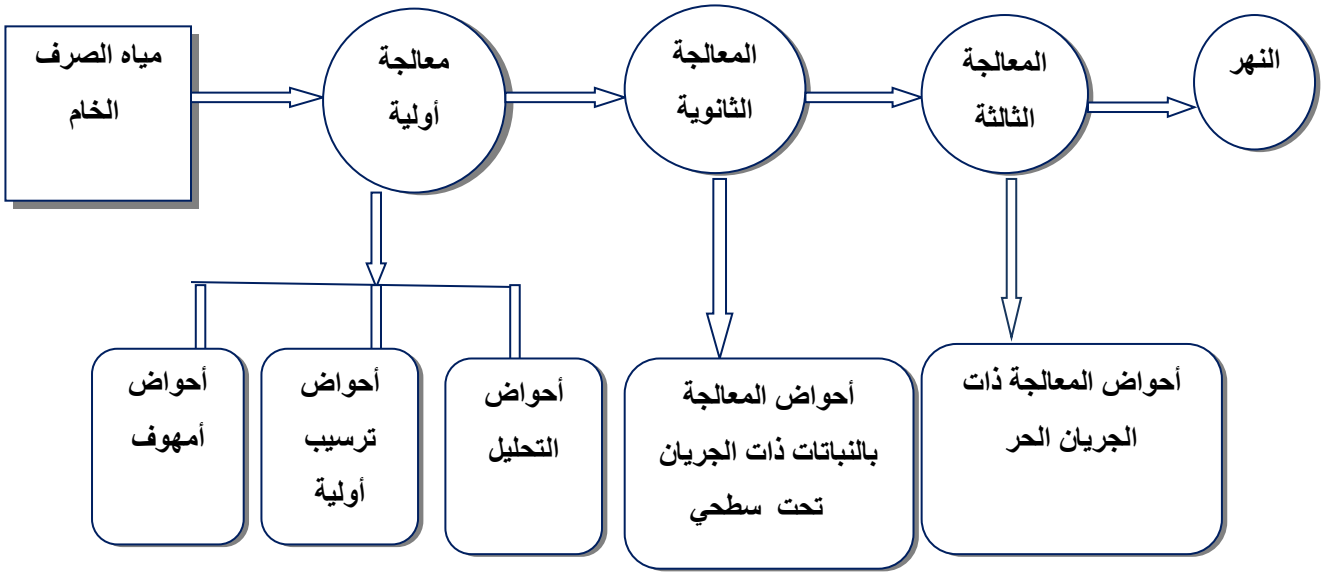
المبدأ بسيط: تحول البكتيريا الهوائية المواد العضوية إلى مواد معدنية يمكن استعابها بواسطة النباتات. في المقابل النباتات المائية توفر الأكسجين من خلال جذورها البكتيرية [30].

II.3. محطات المعالجة بالنباتات:

يطلق على محطات المعالجة بالنباتات والتي تمر فيها المياه الملوثة المعالجة أوليا عبر أحواض مزروعة بالنباتات بالأراضي الرطبة المصطنعة. تكون أحواض المعالجة في هذه الأنظمة مملوءة بوسط حصوي, أو رملي أو مزيج منهما معا وبترتيب معين والهدف من استعمال ذلك أن يكون كدعامة لجذور النباتات. 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 ثالثة حسب الاستخدام للأحواض المختلفة, على اعتبار أن المياه الملوثة الداخلة إليها تكون قد عولجت بشكل أولي.

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 عليه اسم بيريفايتون يكمن دور البيريفايتون والعمليات الفيزيائية والبيولوجية والكيميائية الطبيعية التخلص من 90٪ تقريبا من الملوثات بينما تقوم النباتات نفسها بإزالة ما بين 7- 10٪ من الملوثات فقط, كما أن النباتات تقوم بدور المصدر الكربوني للميكروبات عندما تتحلل هذه النباتات بعد موتها. إن

النباتات المائية تكون قادرة على استنفاذ المعادن الثقيلة وإن كان ذلك بمعدلات مختلفة حسب نوع النبات [31].



المخطط رقم (1): مراحل معالجة مياه الصرف الصحي بالنباتات

II.4. النباتات المائية المستخدمة ضمن محطات المعالجة بالنباتات:

النباتات المائية الغاطسة:

وهي النباتات التي تنمو كليا تحت سطح الماء ولا يظهر منها خارج الماء سوى الأزهار أحيانا, وتكون عادتا ذات أوراق شريطية رفيعة أو خيطية طويلة أو تكون الأوراق مجزأة إلى أجزاء صغيرة ورفيعة.

النباتات المائية البارزة:

وهي النباتات التي تكون جميع أو بعض أعضائها الخضرية بارزة خارج سطح الماء [32]. ولها القدرة على رفع أوراقها دون الحاجة إلى مساندة الماء ويكون اعتمادها على الماء جزئيا أي فقط في المراحل الأولى من النمو ومن الأمثلة عن هذه النباتات القصب ونبات البردي.

النباتات المائية الطافية: وهي النباتات التي تكون جميع أو بعض أوراقها الخضرية طافية على سطح الماء وهي نوعين [33]:

- **النباتات الطافية الحرة(الطليقة):**

وهي نباتات صغيرة وتكون طليقة في الماء وجذورها تمتد ضمن الماء وهذه الجذور تكون إما قصيرة أو طويلة نوعا ما [32, 33].

أمثلة عن هذا النوع Eichhornia crassipes (Water hyacinth) ,Lemnaceac (Duckweeds)

- **النباتات الطافية ذات الجذور الممتدة داخل التربة:**

وهي نباتات ذات جذور متميزة قوية ومغروسة في القاع عادة وذات أوراق طافية على سطح الماء وأزهار بارة وتكون الأوراق كبيرة ودائرية عادة كما في أنواع زنابق الماء.

II.4.1. نبات البردي *Cyperus papyrus*

وهو نبات معمر ينتمي إلى الفصيلة السعدية, رقيق عشبي طويل الساق من نباتات المستنقعات شبيه بالقصب يكثر في المياه الطحلة, له استعمالات عديدة من بينها صناعة الورق والتزين والأواني وصناعة القوارب القصبية وكذلك الأحذية.

II.4.2. نبات *Juneus effusus*

وهو نوع نباتي عشبي معمر من الفصيلة الأسلية Juncaceae يوصف بأن له لون وردي ينتشر بالجذامير وله سيقان كثيرة من القاعدة اسطوانية رقيقة وقائمة, يتميز بعيشه في الظروف الرطبة مع إمكانية عيشه في الأماكن الأقل رطوبة التي تتميز بأراضي نصف مشبعة, أستعمل في تقليل نسبة المعادن في المياه الملوثة.

II.4.3. نبات *Typha latifolia*

نوع نباتي من جنس البوط من الفصيلة البوطية يعيش في البيئات المائية كمجاري المياه والمستنقعات, تتكاثر هذه النبتة بكثرة بطريقة سريعة الانتشار استعملت قديما كغذاء وتستعمل في معالجة النفايات البشرية والزراعية والصناعية وكذلك امتصاص الفضلات الصلبة.

الشكل (1): نبات *Juneus effusus*

الشكل (2): نبات البردي *Cypyrus papyrus*

الشكل (3): نبات *Typha latifolia*

II.5. أحواض النباتات المستعملة في تنقية مياه الصرف الصرف:

هناك أربعة أنظمة تستخدم في معالجة المياه المستعملة [30]:

*الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر.

*الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الأفقي.

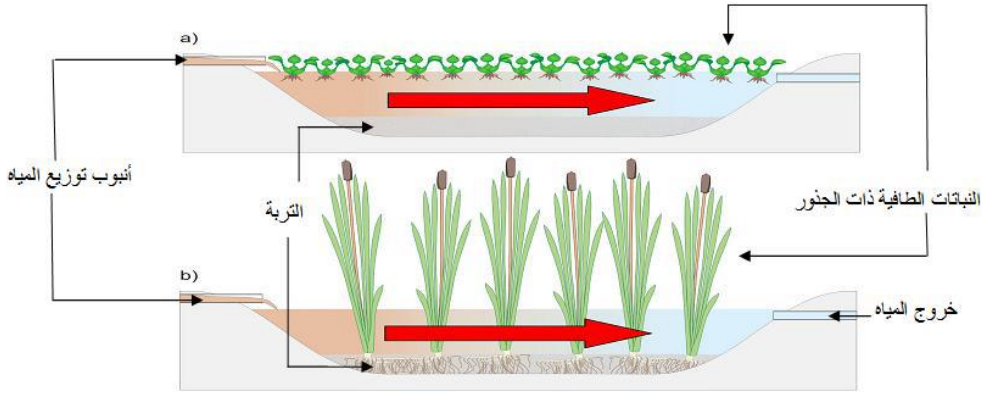
*الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان الشاقولي.

*الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان المتنوع (المهجن) "افقي+ شاقولي".

II.5.1. أحواض النباتات ذات الجريان السطحي الحر

تتم معالجة المياه داخل هذا النوع من الأحواض من خلال عمليات الترسيب والترشيح والأكسدة والإرجاع والتحويل إلى مواد غير منحلة, بحيث تكون في هذه الأحواض نباتات ذات سيقان مغروسة في الطبقة العلوية لمواد التعبئة ويكون سمك المياه داخل الحوض حوالي 40 سم, ويعد هذا النوع من الأحواض مناسبا لمعالجة

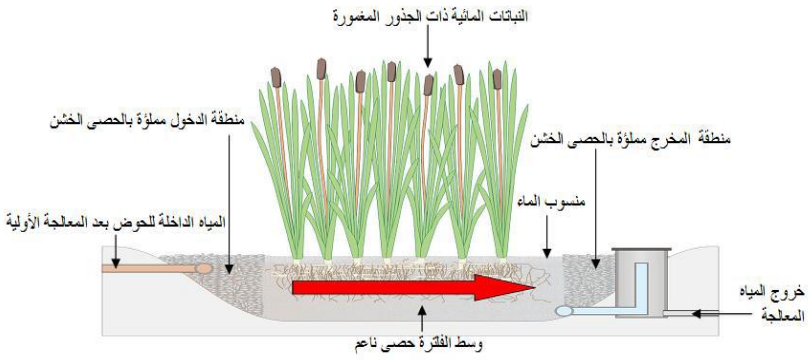
مياه الصرف الصحي والزراعي والصناعي بسبب قدرتها على التكيف مع مختلف التدفقات المائية والارتفاعات المائية الواصلة إليها, كما لها القدرة على نزع الكثير من المعادن الثقيلة, ويكون دور النبات في المعالجة ضمن هذه الأحواض في تخفيض سرعة الجريان مما يساعد على عملية الترسيب, ونمو الطبقة البيولوجية على سطح جذور وسوق هذه النباتات.



الشكل (4): حوض معالجة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر

II.2.5. الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الأفقي

هي أحواض مملوءة بطريقة متجانسة بالرمل الخشن أو بالحصى والتربة التي تغرس فيها النباتات, يجري الماء في الحوض بشكل أفقي متخلخلا بين حبيبات الحصى والرمل وجذور وسوق النباتات حيث تضاف المياه لهذه الأحواض بعد إجراء معالجة أولية للمياه قبل دخولها للحوض حيث تعد المعالجة ضمن هذا الحوض معالجة ثانوية, ويستخدم هذا النوع بشكل شائع للمعالجة الثانوية للمياه الناتجة عن المنازل الصغيرة أو القرى المنعزلة أو التجمعات الصغيرة [34].



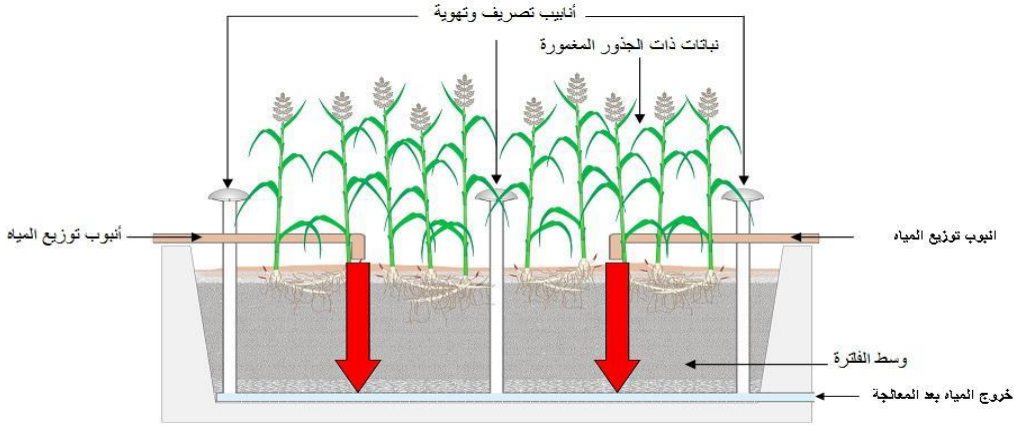
الشكل (5): حوض معالجة بالنباتات بجريان تحت السطحي أفقي.

ومن الشائع استخدام الحصى الخشن والناعم أو الرمل الخشن, مما يعطي مساحات واسعة تنمو الطبقة البيولوجية المؤكسدة للملوثات (Bioflim) [35].

ويستحسن أن لا يتعدى عمق الحوض 1 متر 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 [36, 37].

II.3.5. أحواض النباتات ذات الجريان تحت السطحي الشاقولي

هي الأحواض المملوءة بالحصى بشكل متجانس وتحتوي على طبقة علوية من الرمل تغرس فيها النباتات المائية بحيث تمر المياه المعالجة بشكل أولي من أعلى السطح عبر شبكة أنابيب إلى أسفل الحوض عبر الوسط الحصوي الرملي, يتم جمع المياه المعالجة عبر شبكة أنابيب سفلية للتصريف, وتتم تغذية الحوض بشكل متقطع بحيث إن الفراغات بين الوسط الرملي أو الحصوي في فترة الراحة تعود وتمتلئ بالهواء, لذا فإن الأكسجين اللازم لعملية النترجة يكون متوفرا بشكل أفضل, وتحصل عملية النترجة بشكل كامل ضمن هذه الأحواض ومع ذلك فإن جزءا بسيطا من النترات يتم تحويله إلى غاز النتروجين [35].

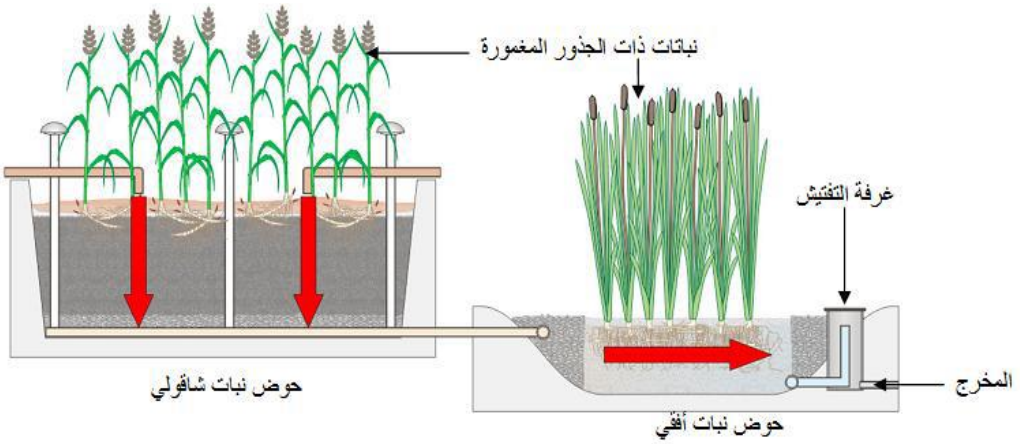


الشكل (6): حوض معالجة بالنباتات بجريان تحت السطحي الشاقولي.

يلعب النبات دورا مهما في هذه الأحواض من خلال تأمين مساحة لنمو الطبقة البيولوجية و إيصال الأكسجين إلى الماء عبر الجذور وإفراز مواد كيماوية وتوفير بكتريا عن طريق الجذور, وتختلف كفاءة المعالجة من نبات لآخر. ونظرا للكفاءة المحدودة لنظام الجريان تحت السطحي الأفقي في معالجة الأمونيا والنتروجين بسبب قلة التهوية للمياه ووسط المعالجة استخدم نظام الجريان السطحي الشاقولي حيث يعد أكثر كفاءة في معالجة نترات الأمونيا.

II.4.5. أحواض النباتات ذات الجريان المتنوع المهجن (افقي +شاقولي):

النظام المهجن هو مزيج من المرشحات العمودية والأفقية الهدف منه الحصول على نترجة جيدة في المرشحات العمودية المؤكسدة جيدا.



الشكل (7): حوض معالجة بالنباتات بالجريان المتنوع (المهجن).

II.6. دور مختلف مكونات النظام (الركيزة)

دور مواد التعبئة:

وتشمل الركائز المستخدمة في بناء المستنقعات التربة, الرمل, الحصى, والصخور ومواد عضوية كالسماد, تتراكم الرواسب والمخلفات في الفلتر بسبب انخفاض مستويات المياه والإنتاجية العالية النموذجية للأهوار. حيث تلعب مواد التعبئة دورا مهما في إزالة المواد العالقة من مياه الصرف, لذلك يعتبر معرفة نوع وحجم مكوناتها وكذا نوع التدفق أمرا بالغ الأهمية لنجاح عمل حوض المعالجة بالنباتات.

دور النبات:

للنبات عدة أدوار(مباشرة وغير مباشرة) نلخصها فيما يلي:

* النباتات تمتص الفسفور والازوت للاستعمال الذاتي أو التخزين بكمية قليلة بالنسبة للتصفية.
* امتصاص الروائح الكريهة ومنع الانسدادات في الأحواض ذات الجريان الشاقولي.
* النباتات تحد من نفاذ الضوء إلى الماء مما يقلل من نمو الطحالب.
* تلعب النباتات دورا مهما في العزل الحراري للحوض.
* تعمل الجذور وأشباه الجذور ضمن وسط الفلترة على تحرير الأكسجين مما يساعد على النترجة.

* تطرح أنسجة النبات المغمور بالماء الأكسجين للوسط المائي مما يزيد التحلل الهوائي للملوثات.

دور الكائنات الدقيقة (الأجسام المجهرية):

تعمل الكائنات الدقيقة على هدم المواد العضوية وإزالة النتروجين في منطقة جذور النباتات,كما تعمل البكتريا على عمليات الأكسدة الإرجاعية, حيث المعالجة بواسطة الكائنات الحية يخلق انبعاث الأكسجين بواسطة جذور الخلايا الكبيرة مناطق مؤكسدة حول الجذور [38].

II.7. آليات إزالة الملوثات وفعالية أحواض المعالجة بالنباتات:

آليات الإزالة مرتبطة بأنظمة فيزيائية وكيميائية فيزيوكيميائية وأيضا بيولوجية الملخصة في الجدول أدناه

الجدول (2): أهم آليات الإزالة الرئيسية للملوثات وفعالية أحواض المعالجة بالنباتات.

الملوثات	آلية الإزالة الرئيسية
المواد العضوية	_ التحليل البيولوجي (هدم ميكروبي هوائي ولا هوائي).
المواد الصلبة العالقة	_ الترسيب الفيزيائي, الفلترة الفيزيائية والتحلل البيولوجي.
النيتروجين	_ النترجة وإزالة النترجة البيولوجية. _ عملية الامتصاص الفيزيائية والكيميائية ضمن وسط الفلترة ومن طرف النبات.
الفوسفور	_ عمليات الامتصاص الفيزيائية والكيميائية ضمن وسط الفلترة ومن طرف النبات.
المعادن	_ امتصاص وتبادل الكاتيونات. _ تشكيل المركبات. _ ترسيب _ امتصاص من طرف النبات. _ أكسدة وإرجاع من طرف النبات.

الفصل الثالث:

طرق وأدوات

1.III. تقديم منطقة الدراسة (تقرت) [39]

الموقع الفلكي:

تقع مدينة تقرت بمنخفض وادي ريغ في نقطة

تقاطع بين:

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

الموقع الجغرافي [39, 40]:

تقع مدينة تقرت في المنطقة الشرقية للجزائر يحدها:

- من الجنوب مدينة ورقلة على الطريق الوطني 32 ب160 كلم.
- من الشرق الوادي على الطريق رقم 16 ب 95 كلم.
- من الشمال مدينة بسكرة على الطريق الوطني رقم 03 ب 220 كلم.
- من الجنوب الغربي مدينة غرداية على طريق القرارة وبريان ب 350 كلم ومدينة الجلفة على طريق مسعد ب 380 كلم, وتبعد عن الجزائر العاصمة ب 650 كلم.

تتميز منطقة تقرت بشتاء بارد, كما يتكون الصقيع في بعض أيام الشتاء, وصيف حار وجاف, كما تهب على المنطقة رياح تدعى محليا بالشهيلي (السروكوSirocco)

الشكل (8): خريطة توضح الموقع الجغرافي لمدينة تقرت [27]

2.III. تقديم محطة التصفية (تقرت):

تقع محطة تصفية المياه المستعملة لمدينة تقرت على خط طول 06.04º شرقا و خط عرض33.16° شمالا بحي بني أسود ببلدية تبسبست بالقرب من الطريق الوطني رقم 16 بين مدينة تقرت ومدينة الوادي, تتربع المحطة على مساحة 5 هكتار, تم استئناف عملها سنة 2004.

الشكل (9): محطة الديوان الوطني للتطهير ONA تقرت

3.III. العتاد التجريبي:

يتكون العتاد التجريبي من حوض التغذية سعته 80L مملوء بمياه الصرف الصحي, يغذي الأحواض بطريقة التدفق الشاقولي بمعدل التحول الهيدروليكي $0.057m^2/j$ حيث يتكون العتاد من حوضين مملوءين بالحصى من الأسفل إلى الأعلى بعمق 20cm بطبقات أحادية مابين (4mm إلى 25mm) الحوض الأول مزروع بنبات *Canna indica* بسيقان حديثة العمر (36 ساق/m^2) أخذ هذا المعيار من دراسات سابقة. والحوض الثاني غير مزروع (شاهد), حيث تتصل الأحواض الشاقولية بأحواض أخرى تغذى بطريقة التدفق الأفقي من الأحواض الأولى. الأحواض الشاقولية تغذى مرة واحدة في اليوم كل أسبوع بوتيرة منتظمة بعد مكوث الماء فيها خمسة أيام تغذي به الأحواض الثانية بطريقة التدفق الأفقي بعد مكوث الماء في الأحواض الثانية خمسة أيام تجمع المياه المعالجة من أجل التحاليل المخبرية.

الشكل (10): العتاد التجريبي

- **الخصائص الفيزيائية لمواد التعبئة:**

يتميز بالأس الهيدروجيني pH=7.14 وسط متعادل, والناقلية الكهربائية CE=3.88mS/cm

4.III. النبات المائي المستعمل في التنقية (*Canna indica*)

1.4.III. التصنيف العلمي لنبات *Canna indica*:

الشكل (11): نبات القنا *Canna indica*

المملكة: النباتات	Plantea
الشعبة: كاسيات البذور	Zingiberales
الصف: أحاديات الفلقة	Magnoliophyta
الرتبة: الزنجبيليات	Liliopsid
الفصيلة: القنيات	Cannaceae
النوع:	Indica
الاسم العلمي:	*Canna indica*

2.4.III. وصف نبات القنا:

نبات *Canna indica* هو نوع نباتي ينتمي إلى جنس القنا canna من فصيلة Cannaceae [41]. وهي نبتة معمرة مستديمة الخضرة نموها سريع, أوراقها كبيرة الحجم قد يصل طولها نصف المتر أو يزيد, محب للرطوبة العالية خاصة في الصيف, وتظهر أزهارها في الربيع والصيف وتحمل على ساق أسطوانية الشكل في قمة النبات, تتميز أزهارها باللون الأصفر أو الأحمر أو البرتقالي.

3.4.III. استعمالات نبات القنا:

تم استخدام القنا *Canna indica* لعلاج الملاريا وكعلاج للإسهال, وفي علاج الكدمات والجروح [42]. كما تم استخدامه في علاج الحمى والاستسقاء [43]. كما أنه استخدم لمعالجة المياه المستعملة الصناعية من خلال الأراضي الرطبة المصطنعة وهو فعال لإزالة الحمولة العضوية واللون والمركبات العضوية المكلورة من مياه الصرف الصحي الآتية من مصانع الورق مثلا [41].

III.5. تحديد الوسائط الفيزيوكميائية المقاسة:

طريقة أخذ العينات:

نأخذ المياه الخام قبل السقي ثم نسقي الأحواض الشاقولية, بعد مكوثها خمسة (5) أيام نأخذ العينات من أجل التحليل ثم الماء نسقي به الأحواض الأفقية, بعد مكوثها 5 أيام نأخذ المياه الخارجة من الأحواض الأفقية حيث تكون عملية الأخذ على الساعة الثامنة صباحا وذلك باستخدام حاويات صغيرة.

III.5.1. تحديد المواد العالقة MES:

الطريقة المتبعة لقياس المواد العالقة MES (NF ;T90-105) تمت وفق طريقتين:

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

❖ **الأدوات والأجهزة المستعملة**:

- الحاضنة Etuve (105Cº).
- جهاز نزع الرطوبة Dessiccateur.
- ميزان إلكتروني.
- جهاز الطرد المركزي ذو معدل سرعته (2800-3200) دورة في الدقيقة.
- جهاز الترشيح تحت ضغط (rampe de filtration).
- حوجلة عيارية.
- بوتقات (Capsuls).
- أوراق ترشيح (GF/C).

طريقة الترشيح:

- نبلل ورقة الترشيح بالماء المقطر ثم نضعها داخل الحاضنة على درجة حرارة 105Cº بضعة دقائق.
- نخرج ورقة الترشيح ونتركها تبرد بعيدا عن الرطوبة داخل جهاز نزع الرطوبة Dessiccateur.
- نزن ورقة الترشيح وهي فارغة ونسجل وزنها M_0.

- نأخذ حوجلة ذات سعة 100ml نغسلها جيدا بالماء العادي ثم بالماء المقطر.
- نأخذ100ml من العينة ثم نسكبها على ورقة الترشيح في جهاز الترشيح.
- بعد نهاية الترشيح نأخذ ورقة الترشيح ونضعها داخل الحاضنة على درجة حرارة C°105 لمدة ساعتين.
- بعد نهاية الترشيح من الحاضنة ونتركها تبرد بعيدا عن الرطوبة داخل Dessiccateur لمدة 15 دقيقة.
- نزن ورقة الترشيح ونسجل وزنها M_1.

حساب النتيجة: كمية المواد العالقة MES نحسب النسبة بين الفرق في الوزن وحجم العينة المستعمل انطلاقا من العلاقة التالية وتعطي (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 ml.

طريقة الطرد المركزي:

- نأخذ 100ml من العينة ونضعها داخل إناء post ذو سعة 100ml.
- نخضعها لطرد مركزي لمدة 20 دقيقة حتى نحصل على الراسب.
- ننزع الماء العالق ثم نغسل الراسب بالماء المقطر ثم نخضعه مرة أخرى للطرد المركزي لمدة 20 دقيقة.
- نزن بوتقة نظيفة (Capsule) ونسجل وزنها M_0.
- نسكب الراسب داخل Capsule ثم نضعها داخل الحاضنة (Etuve) على درجة حرارة 105°C حتى نتحصل على وزن مستقر.
- نخرج البوتقة (Capsule) من الحاضنة ونتركها تبرد جيدا بعيدا عن الرطوبة داخل Dessiccateur
- نزن البوتقة (Capsule) مع الراسب الجاف ونسجل وزنها M_1.

حساب النتيجة: تركيز MES يحسب بالعلاقة التالية:

$$MES = (M_1 - M_0) \times 1000$$

ويعطى بوحدة (mg/l).

M_0: وزن البوتقة قبل الاستعمال (mg).

M_1: وزن البوتقة بعد الاستعمال (mg).

V: حجم الماء المستعمل مع العينة (ml).

III.2.5. تحديد الطلب الكيميائي للأكسجين (DCO):

تم تحديد DCE بطريقة الأكسدة بواسطة بيكرومات البوتاسيوم في وسط حمضي بوجود سلفات الفضة Ag_2SO_4 وسلفات الزئبق $HgSO_4$ بواسطة جهاز (Spectrophotomètre , DR3900) بطريقة Digestion par réacteur في قياسنا لـ DCO استعملنا كبسولات تحتوي على الكاشف التجاري محضر سابقا.

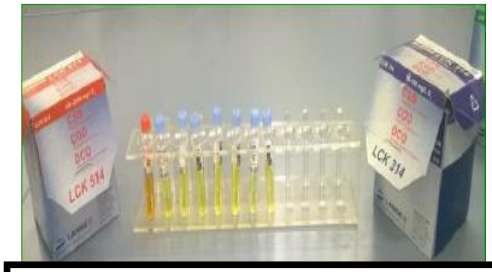
❖ **الأدوات والأجهزة المستعملة:**

- جهاز Spectrophotomètre, DR3900.
- مولد الحرارة Thermo réacteur.
- كاشف, حامل, كأس بيشر, ماصة, ماء مقطر.

طريقة العمل:

- نرج كبسولة تحتوي على المتفاعلات جيدا من أجل مزج المواد المترسبة في القاع.
- نأخذ2ml من العينة بواسطة ماصة 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 الكبسولة جيدا ثم نتركها تبرد على درجة حرارة عادية (زمن التبريد حوالي 30 دقيقة أو أكثر).
- بعد انتهاء وقت التبريد نضع الكبسولة داخل جهاز Spectrophotomètre, DR3900.
- نقرأ قيمة DCO من الجهاز مباشرة بعد استقرارها يعبر عنها mg/l.



الشكل (12): الكواشف المستعملة لقياس DCO

الشكل (13): جهاز التسخين

الشكل (14): جهاز Spectrophotomètre

III.3.5. تحديد الطلب البيوكيميائي للأكسجين (DBO_5)

تم تحديد كمية DBO_5 باستعمال جهاز DBO (MF120) (ISO5813) بطريقة Manométrique.

❖ **الأدوات والمواد المستعملة:**

- جهاز قياس الضغط DBO(MF120) Manométrique de mercure.
- جهاز الرج المغناطيسي.
- حاضنة 20°C.
- قارورة الحضن عازلة لضوء ذات سعة 500ml مزودة بغطاء داخلي وغطاء خارجي.
- ملقط, حوجلة, عيارية.

- مثبط 1 alkyle- 2- Thio- urée (C4H8N2S)
- هيدروكسيد الصوديوم.

طريقة العمل:

إن تحديد تركيز لـ DCO أمر ضروري لمعرفة الحجم الذي سوف يتم تحليله من أجل تحديد الـ DBO_5

- يتم تحديد حجم المأخوذ لحساب DBO_5 بالعلاقة التالية:

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

نحصل على قيمة نسقطها في الجدول التالي ونتحصل على الحجم المراد تحليله

الجدول (3): معامل تغير قيمة DBO_5 بدلالة حجم العينة المستعملة

مجال القياس	حجم العينة	المعامل	المثبط
40 -0	432	1	9
80 -0	365	2	7
200-0	250	5	5
400 -0	164	10	3
800 -0	97	20	2
2000 -0	43.5	50	1
40000 -0	22.7	100	0.5

- نقيس بواسطة دوارق مدرجة كمية العينة اللازمة للتحليل, ثم نسكبها داخل قارورة الحضن نظيفة.
- نضع القضيب المغناطيسي داخل القارورة ثم نضيف قطرات من مثبط البكتيريا.
- بواسطة ملقط نضيف قرصين من هيدروكسيد الصوديوم أو هيدروكسيد البوتاسيوم في غطاء داخلي للقارورة ونغلق القارورة بإحكام.
- نضغط على الزرين (S+M) في وقت واحد لمدة 3 ثواني حتى يظهر على الشاشة القيمة 00.
- نضع القارورة داخل الثلاجة على درجة حرارة 20C° ونتركها لمدة 5 أيام.
- نقرأ القيمة المعروضة على الشاشة بعد خمسة أيام ونحسب قيمة DBO_5 بالعلاقة التالية:

قراءة القيمة × المعامل =DBO_5

قيمة القيمة: هي القيمة المتحصل عليها من الجهاز.

المعامل: يتم تحديده من خلال الجدول السابق الذي يربط العلاقة بين قيمة DBO_5 بدلالة حجم العينة لأن كمية الطلب البيوكيميائي للأكسجين للعينة يتعلق بكمية المواد العضوية العالقة, قيمة DBO_5 تمثل نسبة 80٪ من قيمة DCO.

الشكل (15): القارورات المستعملة لقياس DBO_5

الشكل (16): الحاضنة

III.4.5. قياس كمية الأكسجين المنحل O_{2diss}:

- تم قياس كمية الأكسجين المنحل داخل العينة بالطريقة الأمبيرومترية Ampérométrique.
- جهاز القياس Oxymétrie BPL Inola.

طريقة العمل:

- نفتح الجهاز ونغسل قطبه بالماء المقطر.
- نأخذ 100ml من العينة ونضعها داخل كأس بيشر.
- نغمس قطب الجهاز في بيشر ونتركه حتى يستقر.
- نسجل من الجهاز النتائج (التركيز, التشبع, الضغط الجزئي للأكسجين) عند ثبوتها على الجهاز بحيث تأخذ القراءة مباشرة على الجهاز.

III.5.5. قياس الأس الهيدروجيني pH:

تم قياس pH بواسطة جهاز pH متر

طريقة قياس pH:

- ضبط وتشغيل جهاز pH متر.
- غسل القطب بالماء المقطر.
- نضع داخل كأس بيشر صغير محلول موقي pH=7.
- ضبط جهاز الرج على أقل سرعة.
- ندخل قطب الجهاز داخل المحلول الموقي ونتركه مدة قصيرة حتى يستقر ويظهر على الجهاز طلب إدخال المحلول الموقي الثاني.
- نسحب القطب ثم نغسله جيدا بالماء المقطر ثم ندخله في كأس بيشر رقم 2 يحتوي على محلول موقي pH=4 أوpH=10 حسب طبيعة الوسط المراد قياسه.
- نسحب قطب الجهاز ونغسله بالماء المقطر.

III.6.5. قياس درجة الحرارة:

في قياس درجة الحرارة استعملنا جهاز متعدد القياسات Analyseur multi paramètres كما يمكن استعمال جهاز قياس الناقلية والملوحة في قياس درجة الحرارة في الوسط المائي.

طريقة العمل:

- نشغل الجهاز.
- نوصل قطب الجهاز بمكانه المخصص.
- نقوم بغمس قطب الجهاز داخل العينة.
- نقرأ القيمة مباشرة من الجهاز بعد استقرارها.

III.7.5. قياس الناقلية الكهربائية CE:

تم قياس الناقلية الكهربائية بواسطة جهاز قياس الناقلية من نوع Conductivité sension5

طريقة العمل:

- 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 إستقرارها

الفصل الرابع:

نتائج

ومناقشة

1.IV. مقدمة:

في هذا الفصل قمنا باختبار مدى قدرة نبات *Canna indica* على معالجة المياه المستعملة بطريقة التدفق المهجن وهو عبارة عن نظام مزدوج بين التدفق الشاقولي والتدفق الأفقي, كما سنخصص العوامل الفيزيائية والكيميائية للمياه الخام الداخلة لمحطة التصفية بتقرت وتقيم معايير المياه المعالجة الخارجة منها.

2.IV. معامل التحلل البيولوجي (نسبة $DCO=DBO/DBO_5$):

تحدد قيمة المعامل K لاختيار عملية المعالجة التي يتم اعتمادها, حيث تحدد نسبة (DCO/DBO_5) المعبر عنها بالمعامل K قابلية التحلل الحيوي للمادة العضوية في مياه الصرف الصحي المستقبلة من طرف المحطة, فإذا كانت النسبة تساوي أو تزيد عن 3 فإن المواد القابلة للأكسدة غير قابلة للتحلل, وعلية يتم تطبيق المعالجة الفيزيوكيميائية [44]. كما يمكن الاستنتاج من خلال هذه النسبة ما إذا كانت مياه الصرف المراد معالجتها لها خصائص مياه الصرف المنزلية (حضاريا) [45, 46].

3.IV. تحديد خصائص مياه الصرف الصحي (المستعملة) الداخلة لمحطة التصفية:

من أجل تحديد خصائص مياه الصرف في محطة التصفية (تقرت) تم إجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية لمعايير التلوث, وأخذنا القيم المتوسطة للوسائط المقاسة لمياه الصرف الصحي المستعملة في المحطة لموسم 2021 فكانت النتائج كالتالي:

الجدول (4): القيم المتوسطة للوسائط المقاسة للمياه المستعملة (الداخلة) لمحطة التصفية

الوسائط	عدد العينات	القيمة العظمى	القيمة الدنيا	القيمة المتوسطة
T°C	15	34	22.5	29.88
O_{2diss}	15	0.38	0.09	0.244
pH	15	7.89	7.56	7.68
CE	15	5.01	4.04	4.68
Sal	15	2.7	2.1	2.5
MES	15	195	95	138.6
DCO	15	274	194	224.83
DBO_5	15	150	80	108.6

الجدول (5): قيم معامل التحلل البيولوجي للمياه المستعملة الداخلة لمحطة التصفية

الأشـــهر	$K=DCO/DBO_5$
أوت	2.425
سبتمبر	2.107
أكتوبر	1.334
نوفمبر	2.25
ديسمبر	2.715

- تظهر نتائج التحليل الجدول (4) واعتمادا على المعايير الوطنية التي وضعتها الجريدة الرسمية لمياه الصرف الحضرية (جدول7) نستنتج ما يلي:
- يبلغ متوسط الوسيط DCO=224.83mg/l, بحد أقصى 274mg/l وحد أدنى 194mg/l ومتوسط الوسيط DBO_5=108.6mg/l, بحد أقصى150mg/l وحد أدنى 80mg/l ومنه فإن قيم الوسيطين (DCO ; DBO_5), لا تتجاوز قيم مياه الصرف الحضرية (500mg/l و1000mg/l) على التوالي في موسم الدراسة.
- أظهرت نتائج متوسط قيم MES=138.6mg/l بحد أقصى 195mg/l وحد أدنى 95mg/l وهي ضمن معايير مياه الصرف الصحي حسب الجريدة الرسمية (جدول7).
- تبين نتائج معامل التحلل البيولوجي المعبر عنه $K=DCO/DBO_5$ الجدول (5) في المياه الداخلة للمحطة أن القيمة المتوسطة مساوية 2.16 أي أقل من القيمة الموصى بها من طرف الجريدة الرسمية لمياه الصرف المنزلية.
- من خلال هذه النتائج نستخلص أن المياه الداخلة لمحطة التصفية هي مياه صرف صحي حضرية خلال فترة الدراسة في موسم 2021 وعليه فإن الملوثات سهلة التحلل بيولوجيا فهي بحاجة إلى معالجة بيولوجية.

4.IV. أداء و كفاءة إزالة الملوثات:

- من خلال النتائج المتحصل عليها من إجراء التحاليل الفيزيوكيميائية التي تظهر قيم بعض الوسائط التي تم الكشف عنها بأن كل من درجة الحرارة T(°C) وpH وDCO (تركيز الطلب الكيميائي) وDBO_5, والمواد العالقة (MES), والأكسجين المنحل في كل من الأحواض (شاقولية+ أفقية) ضمن الحدود المسموح بها للمياه المعالجة حسب المعايير الوطنية الدولية الجزائرية للجريدة الرسمية 2012 (الجدول:8), والمعايير العالمية الدولية 1971(الجدول:09).
- أما بالنسبة لـ CE فهي خارج المعايير الوطنية والدولية المسموح بها.

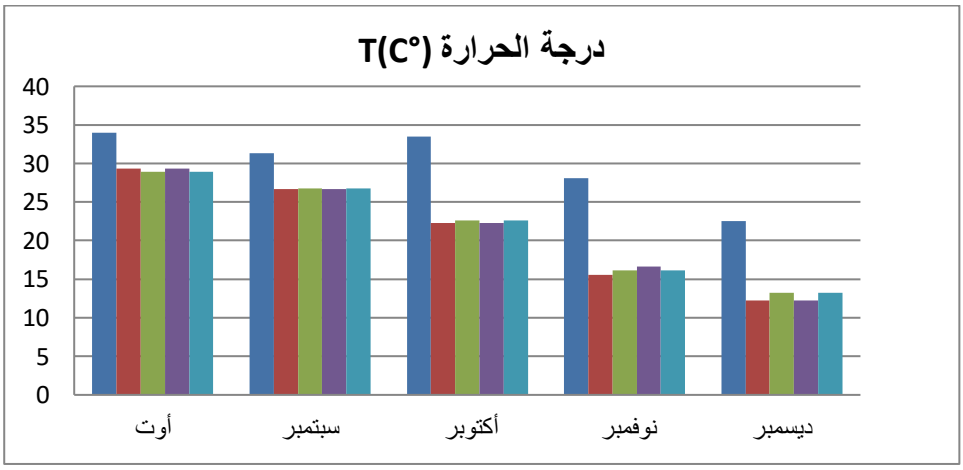
الجدول (6): القيم المتوسطة للوسائط المقاسة للمياه الخارجة (المعالجة) من محطة التصفية

القيم المقاسة	التدفق الشاقولي						التدفق الأفقي					
	حوض الشاهد			حوض النبات			حوض الشاهد			حوض النبات		
	قيم متوسطة	قيم دنيا	قيم عظمى	قيم متوسطة	قيم دنيا	قيم عظمى	قيم متوسطة	قيم دنيا	قيم عظمى	قيم متوسطة	قيم دنيا	قيم عظمى
T(C°)	21.52	13.2	28.9	21.32	12.2	29.3	21.5	13.2	29	21.22	12.2	29.3
pH	8.09	8	8.29	7.016	6.59	7.2	7.67	7.22	8.05	7.43	6.98	7.78
$O_{2\ diss}$	2.85	0.91	4.74	3.55	1.66	5.12	2.90	2.34	3.57	2.55	2.19	2.85
CE	7.56	5.03	10.36	9.46	5.99	11.92	10.78	5.5	11.99	11.55	6.4	17.28
Sal	4.18	2.7	5.9	5.68	3.3	8.6	5.86	3	9	6.64	3.5	10.2
DCO	73.48	47	110	70.84	36.6	105	44.12	23	65.5	38.5	17.5	58.1
DBO_5	27.2	10	56	21.2	10	38	11.8	5	18	10	6	16
MES	27.8	18	39	24.4	14	35	16	9	25	17	12	22

5.IV. مناقشة النتائج للوسائط الفيزيوكيميائية المقاسة للمياه المعالجة:

1.5.IV. تطور درجة الحرارة T(C°)

من خلال الشكل (17): نلاحظ أن القيم المتوسطة لدرجة الحرارة مرتفعة في المياه المستعملة مع اختلافها بين الأشهر في مختلف الأحواض مقارنة بالمياه المعالجة في مختلف أحواض النظام المهجن(تدفق شاقولي+ تدفق أفقي), حيث سجلت أعلى قيمة في شهر أوت 34C° وأدنى قيمة 22.5C° في شهر ديسمبر بمتوسط 29.88C°, كما نلاحظ أن بعد مكوث الماء خمسة أيام في أحواض التدفق الشاقولي سجلت أعلى قيمة لدرجة الحرارة حيث قدرت بـ29.3C° و28.9C° وأدنى قيمة 12.2C° و13.2C° بمتوسط 21.32C° و21.52C° لكل من النبات والشاهد على التوالي, وبعد استخدام التدفق الأفقي سجلت أعلى قيمة لدرجة الحرارة 29.3C° وأدنى قيمة 21.22C° و21.52C° لكل من النبات والشاهد على الترتيب. هذه القيم ضمن نطاق القيم الحدية للتصريف المباشر في بيئة الاستقبال (لا تتجاوز درجة حرارة المياه النقية30C°).



الشكل (17): التطور الزمني لدرجة الحرارة للمياه الداخلة والخارجة من المحطة

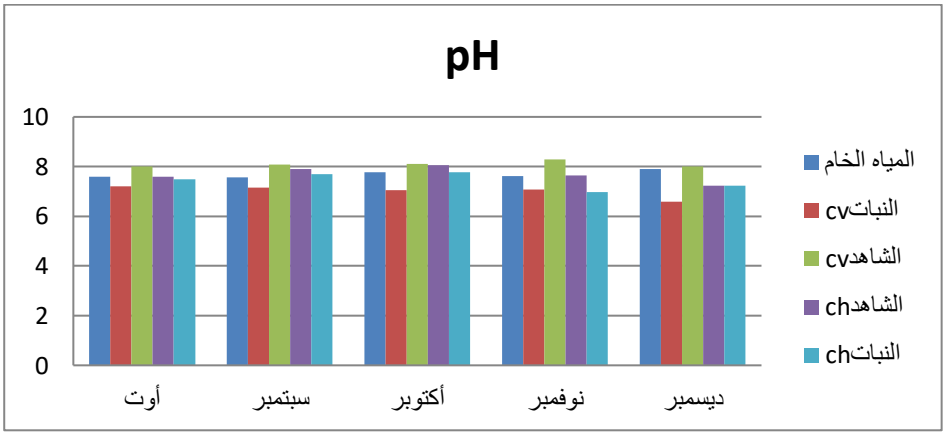
التفسير: يفسر اختلاف درجة الحرارة بين الأشهر إلى ما يتميز بيه مناخ المنطقة (الظروف المناخية) من تفاوت بارز في درجات الحرارة بين الفصول وخاصة في فصل الشتاء والصيف وفترات النهار والليل. أما انخفاض درجة الحرارة في الأحواض المعالجة (حوض النبات + حوض الشاهد) في حالة النظام المهجن (التدفق الشاقولي+ التدفق الأفقي) مقارنة بالمياه الخام يمكن تفسير ذلك من خلال ملامسة الماء المعالج للهواء [47] يعود إلى تناقص البكتيريا والتفاعلات البيوكيميائية [48].

2.5.IV. تطور الأس الهيدروجيني pH:

من خلال الشكل (18): نلاحظ أن قيمة pH المتوسط ينخفض في المياه المعالجة بالنسبة للأحواض المزروعة بالنبات في حالة النظام المهجن (تدفق شاقولي+ تدفق أفقي) مقارنة بالمياه المستعملة حيث يبلغ أعلى قيمة في شهر ديسمبر 7.89 وأدنى قيمة 7.56 في شهر سبتمبر بمتوسط 7.68, في حين يبلغ متوسط المياه المعالجة ما يلي:

- ✓ في حالة التدفق الشاقولي8.09 و 7.016 لكل من حوض الشاهد والنبات على التوالي.
- ✓ حالة التدفق الأفقي يبلغ معدل المياه المعالجة 7.67 ; 7.43 على التوالي لكل من الشاهد والنبات.

كما نلاحظ ارتفاع قيمة pH في حوض الشاهد مقارنة بالنبات. هذه القيم ضمن المعايير الوطنية الجزائرية (2012) والمعايير العالمية (1971).



الشكل (18): التطور الزمني للأس الهيدروجيني للمياه الداخلة والخارجة للمحطة

متوسط الأس الهيدروجيني في الأحواض المزروعة في حالة التدفق المهجن أقل من الأحواض الشاهدة (الشاهدcv و الشاهدch) هذه النتيجة مشابهة للنتيجة التي توصل إليها vincent et al(1994) [49]. حيث أن انخفاض الأس الهيدروجيني يعود إلى أكسدة المركبات العضوية و المعدنية (أكسدة DCO ينتج عنها CO_2 والنتريت إلى نترات) مما يؤذي إلى حموضة الوسط وقد يرجع ذلك إلى:

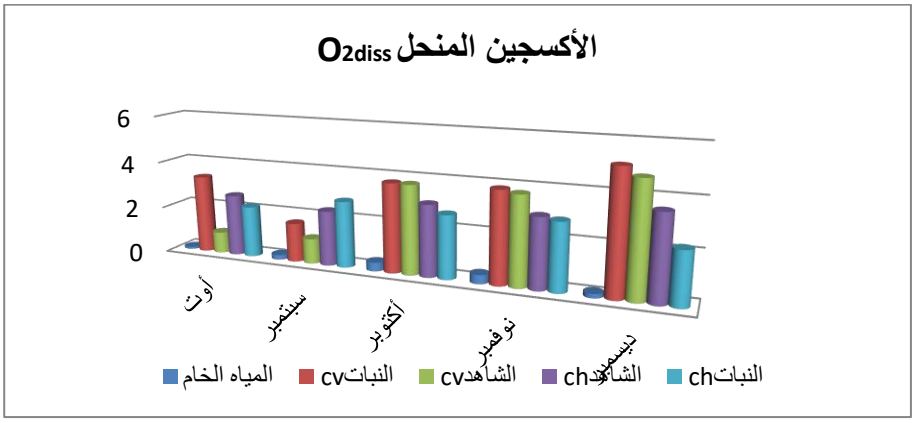
- تكتل الهيدروجين وفق نشاط البكتيريا المسؤولة على النترجة.
- تجمع CO_2 نتيجة ميتابوليزم النبات وهدم المواد العضوية من طرف البكتيريا [50, 51].

- إصدار أحماض عضوية من طرف جذور النبات [52].
- إنتاج أيونات H^+ من طرف النبات لتعويض بعض الكاتيونات الداخلة في التغذية المعدنية للنبات [53].

3.5.IV. تطور الأكسجين المنحل O_{2diss}:

نلاحظ من خلال الشكل (19): أن كمية الأكسجين المنحل في المياه المستعملة منخفض جدا مقارنة بالمياه المعالجة في مختلف أحواض النظام المهجن. حيث نسجل أعلى قيمة 0.2mg/l في شهر سبتمبر وأدنى قيمة 0.09mg/l في شهر أوتبمتوسط0.24mg/l في المياه الخام. أما بالنسبة للمياه المعالجة سجل مايلي:

- في حالة التدفق الشاقولي بلغت أقصى قيمة 5.12mg/l و 4.74mg/l لكل من النبات والشاهد وأدنى قيمة 1.66mg/l و 0.91mg/l بمتوسط 3.55mg/l و 2.85 mg/l لكل من النبات والشاهد على التوالي.
- في حالة التدفق الأفقي بلغت أقصى قيمة 2.85mg/l و3.55mg/l وأدنى قيمة 2.19mg/l و2.34mg/l بمتوسط 2.55mg/l و 2.90mg/l لكل من النبات والشاهد على التوالي.



الشكل (19): التطور الزمني للأكسجين المنحل للمياه الداخلة والخارجة من المحطة

يفسر انخفاض كمية الأكسجين المنحل بوجود كم هائل من الكائنات الحية الدقيقة (البكتيريا, الفطريات...), بحيث تعمل على استهلاك كميات كبيرة من الأكسجين لاستعماله في نشاطها وعملها (عمليات الأكسدة), بالإضافة إلى ارتفاع مستوى العكارة التي أدت إلى إعاقة نفاذية الأكسجين الهوائي داخل مياه الصرف [54].

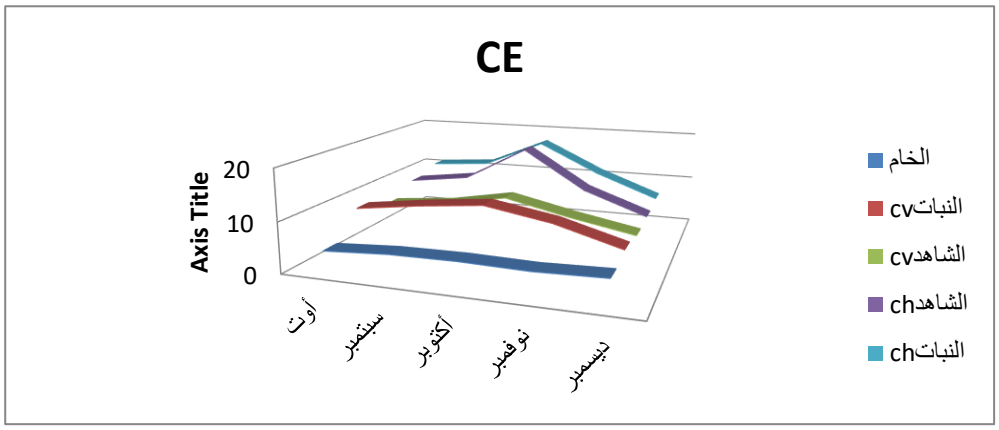
كما يفسر زيادة تركيز الأكسجين في المياه المعالجة على طرحه من طرف النبات في الحوضين بالإضافة إلى امتصاص الماء لكمية من أكسجين الهواء في حالة التدفق الشاقولي بالمقارنة بالتدفق التحت السطحي الأفقي.

4.5.IV. تطور الناقلية الكهربائية (CE):

نلاحظ من خلال الشكل (20): ارتفاع الناقلية في مختلف الأحواض المعالجة بالنسبة للنظام المهجن مقارنة بالمياه الخام, حيث سجلت أعلى قيمة للمياه الخام في شهر ديسمبر 5.01mS/cm وأدني قيمة 4.04mS/cm في شهر أوت, بمتوسط 4.68mS/cm, في حين يبلغ متوسط المياه المعالجة مايلي:

- بالنسبة للتدفق الشاقولي **9.46mS/cm** و **7.56mS/cm** في حوض النبات والشاهد على التوالي.
- بالنسبة للتدفق الأفقي يبلغ المتوسط **11.5mS/cm** و **10.78mS/cm** لكل من النبات والشاهد على التوالي

كما نلاحظ وجود فرق بين الحوض المزروع والشاهد في كل من التدفق الشاقولي والتدفق الأفقي. هذه القيم تجاوزت الحد المسموح به وفق المعايير الوطنية الدولية الجزائرية (2012), والمعايير العالمية (1971).



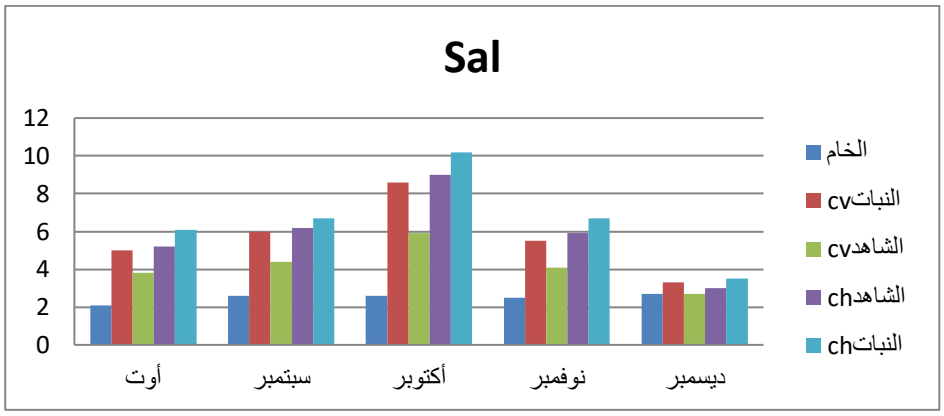
الشكل (20): التطور الزمني للناقلية الكهربائية للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد

يعود ارتفاع الناقلية الكهربائية في حوض النبات مقارنة بالشاهد كون أن البكتيريا التي تتشكل على جذور النباتات تعمل على تحطيم المواد العضوية وتحويلها إلى مواد معدنية مما يعمل على زيادة الناقلية.

IV.5.5. تطورالملوحة:

نلاحظ من خلال الشكل (21): ارتفاع الملوحة في مختلف الأحواض المعالجة بالنسبة للنظام المهجن مقارنة بالمياه الخام, حيث سجلت أعلى قيمة للمياه الخام في شهر ديسمبر 2.7mg/l وأدنى قيمة 2.1mg/l في شهر أوت بمتوسط 2.5mg/l, في حين يبلغ متوسط المياه المعالجة ما يلي:

- بالنسبة للتدفق الشاقولي يبلغ المتوسط 5.68mg/l و 4.18mg/l لكل من النبات والشاهد على التوالي.
- بالنسبة للتدفق الأفقي يبلغ المتوسط 6.64mg/l و 5.86mg/l لكل من النبات والشاهد على الترتيب.



الشكل (21): التطور الزمني للملوحة للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهدة

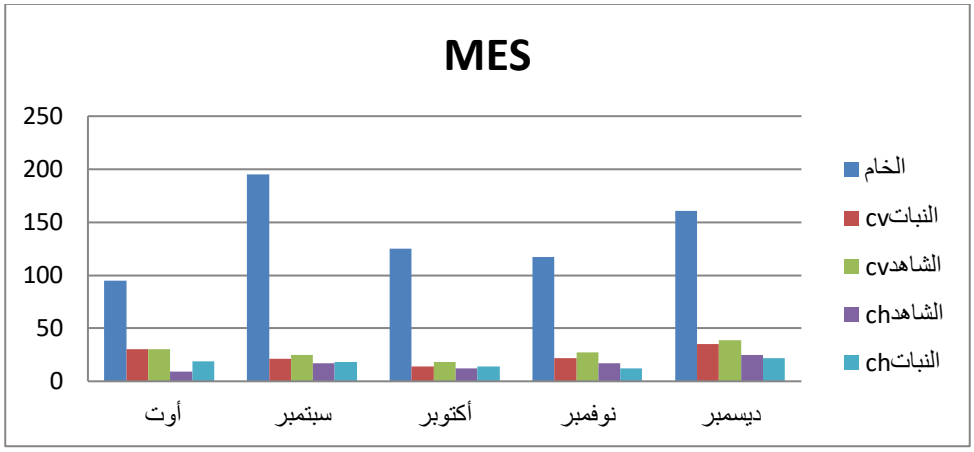
يفسر ارتفاع الملوحة في الأحواض المعالجة نتيجة لتبخر بدرجة الحرارة العالية في المنطقة, وكذلك طبيعة المياه الخام والتي كان أصلها مياه حضرية التي تحتوي على المشتقات الكلورية التي ترفع من ملوحة المياه. كما قد يرجع الزيادة في الملوحة إلى أن مياه الصرف المنزلي قبل دخولها إلى محطة محطة التنقية تختلط مع مياه الصرف الزراعي.

IV.6.5. تطور المواد العالقة MES:

نلاحظ من خلال الشكل (22): أن قيم المواد العالقة للمياه المستعملة مرتفعة مقارنة بالمياه المعالجة في مختلف أحواض النظام المهجن, حيث سجلت أعلى قيمة في شهر سبتمبر 195mg/l وأدنى قيمة 95mg/l في شهر أوت بمتوسط 138.6mg/l بالنسبة للمياه الخام, أما في المياه المعالجة يبلغ متوسط المواد العالقة مايلي:

- ✓ بالنسبة للتدفق الشاقولي 24.4mg/l و 27.8mg/l بمردود 82.39٪ و 79.94٪ في كل من حوض النبات والشاهد على التوالي.
- ✓ بالنسبة للتدفق الأفقي يبلغ متوسط كل من النبات والشاهد 17mg/l و 16mg/l بمردود 87.73٪ و88.45٪ على الترتيب.

أظهرت مقارنة هذه النتائج بالمعايير الجزائرية للري 2012 وبمعايير منظمة الصحة العالمية1971 بأنها ضمن الحد المسموح به.



الشكل (22): التطور الزمني للمواد العالقة للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد

تناقص المواد العالقة MES في مختلف أحوض المياه المعالجة ناتج على المعالجة الفيزيائية مثل الترشيح [51]. حيث المواد الخشنة تبقى عالقة والمواد الدقيقة تحجز في مسامات المصفاة أو بالتفاعل الكيميائي Van Der waals [55].

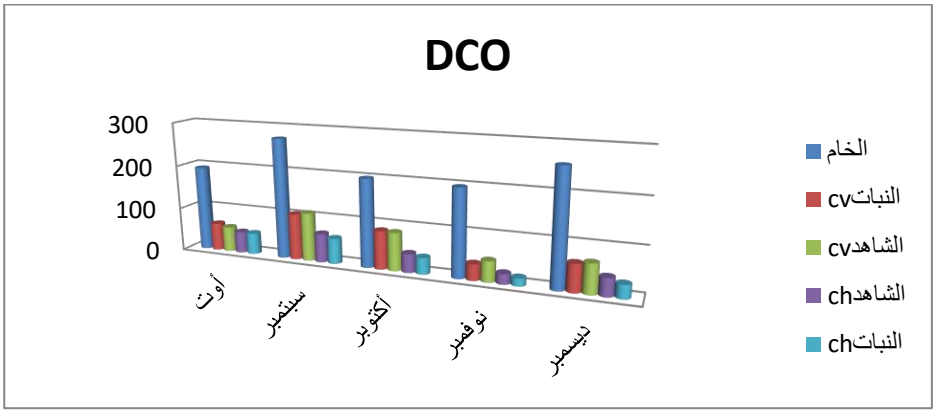
IV.7.5. التطور الزمني للطلب الكيميائي للأكسجين DCO:

يبين الشكل (23): تطور الطلب الكيميائي للأكسجين حيث نلاحظ ارتفاع تركيز DCO في المياه الخام مقارنة بالمياه المعالجة في مختلف أحواض النظام المهجن حيث تبلغ أعلى قيمة 274mg/l في شهر سبتمبر وأدنى قيمة 194mg/l في شهر أوت بمتوسط 224.83mg/l بالنسبة للمياه الخام, في حين يبلغ متوسط الإزالة في المياه المعالجة ما يلي:

- بالنسبة للتدفق الشاقولي 70.84mg/l و 73.48mg/l لكل من النبات والشاهد بمردود 68.49% و67.31% على التوالي.

- بالنسبة للتدفق الأفقي يقدر معدل كل من النبات والشاهد 38.5mg/l و 44.12mg/l بمردود 82.87% و 80.37% على التوالي.

هذه النتائج ضمن الحدود المسموح بها للمياه الموجهة للري وفق المعايير الوطنية 2012.



الشكل (23): التطور الزمني للطلب الكيميائي للأكسجين DCO للمدخل والمخرج لكل من الأحواض الشاهدة والمزروعة.

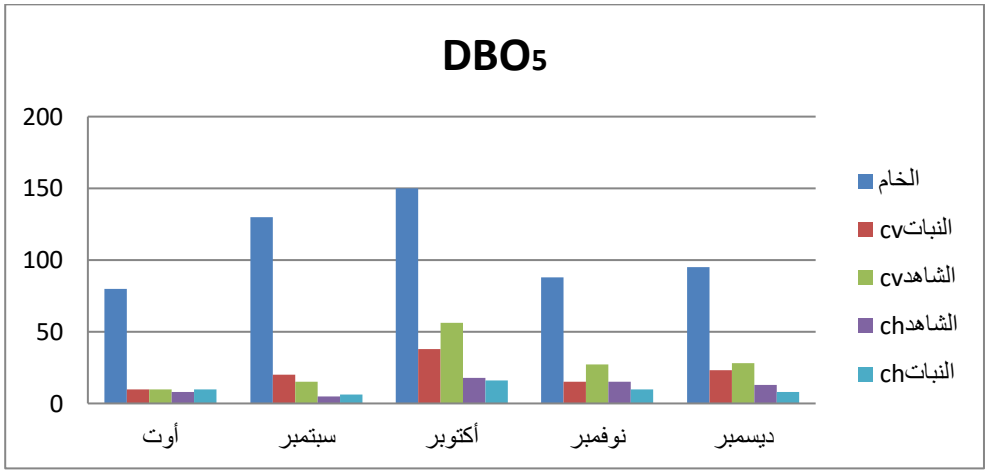
انخفاض DCO سببه وجود النبات الذي يوفر شروط فيزيولوجية يؤمن الأكسجين للوسط عن طريق الأوراق إلى السيقان بواسطة الكائنات البكتيرية التي تسبب أكسدة DCO [56, 27].

IV.8.5. التطور الزمني للطلب البيوكيميائي للأكسجين (DBO_5):

يبين الشكل (24): التطور الزمني للطلب البيوكيميائي للأكسجين حيث نلاحظ انخفاض تركيز المياه المعالجة في مختلف أحواض النظام المهجن مقارنة بالمياه الخام حيث تبلغ أعلى قيمة 150mg/l في شهر أكتوبر وأدنى قيمة 80mg/l في شهر أوت بمتوسط 108.6mg/l, في حين يبلغ معدل المياه المعالجة في أحواض النظام المهجن ما يلي:

- في حالة التدفق الشاقولي يبلغ متوسط كل من النبات والشاهد 21.2mg/l و 27.2mg/l بمردود 80.47٪ و 74.95٪ على الترتيب.
- في حالة التدفق الأفقي يبلغ معدل كل من النبات والشاهد 10mg/l و11.8mg/l بمردود تنقية 90.79٪ و89.13٪ على التوالي.

كما نلاحظ وجود فرق بين الأحواض المزروعة بالنباتات وحوض الشاهد (التدفق الشاقولي+ التدفق الأفقي).



الشكل (24): التطور الزمني للطلب البيوكيميائي للأكسجين (DBO_5) عند المدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد

وجود فرق بين الأحواض المزروعة والشاهد سببه وجود النباتات المائية التي تمتلك خاصية امتصاص الأكسجين في الجو لتحريره عبر جذورها في المنطقة المحيطة بالجذور, هذا الأكسجين ينشط البكتيريا حيث تعمل على أكسدة وتحطيم المواد العضوية وتدميرها [57].

خلاصة عـامة:

أظهر عملنا هذا قدرة نبات *Canna indica* على تنقية مياه الصرف الصحي في حالة النظام المهجن بالنسبة للتلوث العضوي حيث وصلت نسبة إزالة (%68.49)DCO, (%80.47)DBO_5, (%82.39)MES, بالنسبة للتدفق الشاقولي, في حين بلغت نسبة الإزالة في التدفق الأفقي (%82.87)DCO, (%90.79)DBO_5, (%87.73)MES.

فيما يخص الوسائط الفيزيائية قدرة الحوض المزروع بالنبات أحسن من الحوض الشاهد(غير مزروع)

الهدف من هذه الدراسة إظهار مدى قدرة أداء النبات المزروع في معالجة المياه المستعملة الحضرية, في مناخ شبه جاف, وذلك بتزويد الحوض بتدفق مهجن (شاقولي+ أفقي), حيث كان مكوث الماء خمسة أيام داخل الحوض كاف لإزالة الملوثات بشكل مقبول.

هذه الدراسة أظهرت أن وجود النبات له تأثير إيجابي على النشاط البيولوجي باستعمال السقي المتنوع كما أظهرت هذه النتائج المتحصل عليها أن النبات أبدئ تأقلم وتعايش باستعمال المياه في مناخ المنطقة شبه الجاف, كما أنه أثبت كفاءته وقدرته على تحقيق المواصفات المرغوبة لتنقية مياه الصرف عن طريق إنقاص الملوثات والعوامل الممرضة والوصول إلى الحدود المسموح بها لاستخدام المياه الناتجة من أحواض المعالجة بالنباتات في الزراعة (سقي الأشجار, الفواكه, الحبوب), التي لها القدرة على تحمل ملوحة هذه المياه بدون استخدام المحاليل الكيميائية وبتكلفة أقل بالمقارنة مع غيرها من تقنيات المعالجة.

الآفاق المستقبلية لهذا العمل:

تطبيق هذا النوع من التقنيات في المناطق النائية.

دراسة أنواع أخرى من النباتات الصحراوية التي لها القدرة على العيش في وسط مشبع بالماء

دراسة مكونات الجذور المسؤولة على تخفيض العوامل المسببة للتلوث

المراجع باللغة العربية:

[01] منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك) , دولة الكويت – ابريل/ نيسان2019.

[02] غشوة لطيفة , وانيس حياة, مذكرة ماستر جامعة ورقلة 2017-2018.

[03] فتيحة جهرة, مذكرة ماستر جامعة بسكرة 2019.

[04] م. د منتظر فاضل البطاط, مجلة القادسية العلوم الإدارية والاقتصادية المجلد 11 العدد 4 لسنة 2009.

[05] الشرابي نجم الدين, هابيل منير, أبو لبدة, أساسيات الأحياء الدقيقة :الجزء العملي, المطبعة الجديدة دمشق 1987.

[06] السعدي حسين علي, أساسيات علم البيئة والتلوث, دار اليازوي العلمية:عمان 2006.

[07] محمد رشاد الطوبي (وجعلنا من الماء كل شيء حي), سلسلة كتاب اقرأ, العدد507 دار المعارف ط2, 1992.

[08] المجلة الدولية للعلوم والتقنية أفريل 2017/العدد10.

[09] أبو سعد ونجيب إبراهيم, التلوث البيئي ودور الكائنات الدقيقة إيجابيا و سلبيا دار الفكر العربي القاهرة 2000.

[10] محمد كمال عبد العزيز, الصحة والبيئة_ التلوث البيئي والخطر الداهم على صحتنا الهيئة المصرية العامة للكتاب, القاهرة 1999 ص63.

[11] فتحي محمد مصيلحي الجغرافيا الصحية والطبية, دار الماجد للنشر والتوزيع, القاهرة 2008 ص105_108.

[13] محمد عبد القادر الفقي, البيئة ومشاكلها وقضاياها وحمايتها من التلوث, الهيئة المصرية العامة للكتاب, القاهرة, 2006 ص61.

[14] ماهر أبو المعاطي علي, صلاح الدين شبل: صحة المجتمع معالجة عملية من المنظور الطبي. والاجتماعي (مكتبة الزهراء بالرياض 2012, طبع_ نشر_توزيع نور الإيمان) ص122_123.

[17] ناصر الحايك تلوث المياه وتنقيتها_الطبعة الثالثة ديوان المطبوعات الجامعية 1989 ص6 _126_31.

[19] ناصر الحايك مدخل إلى كيمياء الماء "تلوث_معالجة_تحليل" منشور المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجية 2017.

[20] محمد جاسم محمد,تقديم مشروع الوحدة لمعالجة المياه, شهادة بكالوريوس في علوم الهندسة "البناء والانشاء" 2010.

[21] ممدوح فتحي عبد الصبور, مجلة أسيوط للدراسات البيئية العدد19_2000.

[22] سويسي عيسى, تلوث المياه بالبيئة بحث وكالة البيئة.

[24] شركة حيا للمياه كتابة جمعية بن سعيد الرقيشي 22 نوفمبر2017.

[25] عيدة منير و غمام نواس حمزة. دراسة مساهمة محطة معالجة مياه الصرف بالبحيرات المهوات في حماية البيئة_ واد سوف_ مذكرة تخرج لنيل شهادة مهندس دولة في البيئة و المحيط كلية العلوم الدقيقة و علوم الطبيعة و الحياة, جامعة العربي بن مهيدي_ أم البواقي, 2011.

[26] الدكتور أبو زيد راجح, كتاب العمران المصري(رصد التطورات في عمران أرض مصر في أواخر القرن العشرين و استطلاع مساراته المستقبلية حتى عام2020) ص238.

[27] العابد إبراهيم, معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منقية محلية, أطروحة دكتوراه, جامعة ورقلة (2015) ص1_11_15_18_19_20_21_22.

[28] الخدمات الاستشارية في قطاع المياه والصرف الصحي_ صرف الصحي الموقعي و المركزي للمدن و التجمعات السكانية الصغيرة.

[29] بن عشورة, صبرينة باتول, معالجة المياه المستعملة الحضرية لمنطقة الاهقار بتمنراست بواسطة نباتات منقية محليا, جامعة ورقلة2015.

[30] عبد الرزاق التركماني, محطات المعالجة بالنباتات, دليل تخطيط وتصميم وتنفيذ محطات المعالجة بالنباتات, شبكة خبراء المياه المستعملة, (2009), ص22_28.

[35] دارين متى, استخدام المياه وإدارة مياه الصرف الصحي المعالجة في النبات, تقرير عن الحالة وخطة عمل مقترحة 2010_2012_2014.

[39] عبد الرحمان ابن خلدون كتاب العبر وديوان المبتدأ أو الخبر المجلد المجلد السابع ببيروت ولبنان 1983 ج13 ص 98.

[40] عبد الرحمان الجيلاني, تاريخ الجزائر العام دار الثقافة ببيروت 1980 ج1 ص138.

[48] براق محمد عطا, بدران عدنان سعيد, هتاف عبد الملك أحمد, تقيم كفاءة وحدة معالجة مياه الصرف الصحي في المجتمع السكني /الدور_صلاح الدين, مجلة الكويت للعلوم الصرفة, 2017.

المراجع باللغة الأجنبية:

[12] RAMADE FRANÇOIS : éléments d'écologie (écologie appliquée) Mcgraw-Hill , Paris ; 1982, p372.

[15] PENG,X. LUO , and al. Rapid detection of shigella species in environnemental sewage by in immuncapture PCR with universal primers. Journal of applied microbiology 68.2000. : pp2580-2583.

[16] KhemiciY . Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique d'une eau usée épurée par un lit de plantes. Mémoire master professionnel. Ouargla : Université Kasdi Merbah ; 2014.

[18] Metahri M S , Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes , Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou. Tizi-Ouzou : Université Mouloud Mammer ; 2012.

[23] RODIER JEAN. L'analyse De L'eau (chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats) DUNOD paris , 8e édition, 1996 , pp36-63-745-809…..

[31] AL_MAYAH_AA.and AL_HAMIN, F.I.1991. Aquatic plants and the Algae. University of Basrah (in Arabic) ; pp.699_70.

[32] AL-MAYAH, A. A. The Aquatic plants of the Marshes of southern Iraq. Marin Sci.1994. Cent. 18 : pp127-143.

[33] REJSEK FRANCK, Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques, CRDP d'Aquitaine2002, pp 125-255.

[34] U.S Environmental protection Agency, Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters. 1999.

[36] BRIXH. AND SCHIERUP HH. Soi loxygenation in construceted reed beds : the rôle of pollution Control, P.F. Cooper and B.c. Findlater (Eds), pergamon press, 1990 ; pp53_66.

[37] ARMSTRONG J. And ARMSTRONG W. phragmites australis _ preliminary soil oxiding site and internal gas transport pathways. New phytol.1988 ;108 ,pp373_382.

[38] Badi Haytte, Influence de papyrus et de tamarix sur lèlimination du phosphate et l'azote des eaux usées urbains université, 2013.

[41] Choudhary A. K. et al., Performance of constructed wetland for the treatment of pulp andpaper mill wastewater, Palm Springs, California, 2011.

[42] Odugbemi TO, Akinsulire RO, Aibinu IE and Fabeku PO. Medicinal plant useful for malarial therapy in Okeigbo, OndoState, South west, Nigeria. African

Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicine, 2, 2007, 191-198.

[43] Thepouyporn A, Yoosook C, Chuakul W, Thirapanmethee K, Napaswad C and Wiwat C. Purification and characterization of anti-HIV-1 protein from canna indica leaves. Southeast Asian J Trop Med Public Health, 43(5), 2012, 1153-1160.

[44]Mr metahri mohammed said élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées , par des procédés mixtes cas de la step est de la ville de Tizi-Ouzou thése de doctorat 2012.

[45] Degremont., Mémento technique de l'eau, 10 ème édition, Ed. Lavoisier, Paris.(2005).

[46] Rodrigues, A.C., Boroski, M., Shimada, N.S., Garcia, J.C., Nozaki, J., Hioka, N. Treatment of paperpulp and paper mill wastewater by coagulation-flocculation followed by heterogeneous photocatalysis. Journal of Photochemistry and Photobiology A : Che-mistry , (2008) ;194 : 1-10

[47] Zobiedi Ammar : Epuration des eaux usées par lagunage Aéré en zone aride-Cas de la Région d'el-oued. Paramètres influents et choix des conditions optimales –Thése Doctorat-Université Kasdi merbah-Ouargla-2017-P [27-28-29-64]

[49] VINCENT G., DALLAIRE S., LAUZER D. Antimicrobal properties of roots exudates of three macrophytes : Mentha aquatica L., Phragmites australis (Cav.) Trine and ScirpuslacustrisL .Proceeding of the 4th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control , Guangzhou, China . 1994 ;pp 290-296

[50] ATTIONU. R. H. « Some effects of water lettuce (Pistia stratiotes, L.) on its habitat. » Hydrobiologia.1976 ; 50(3) : pp 245-254.

[51] SRIDHAR. M. K. C. and SHARMA. B. M. Someo bservationson the oxygen changes in a lake covered with Pistia stratiotes L. « Water Res. 1985 ; 19(7) : pp 935-939.

[52] NDZOMO. G. T. NDOUMOU. D. O. and AWAH. A. T. « Effect of Fe-2+, Mn-2+, Zn-2+ and Pb-2+ on H+/K+ fluxes and excised Pistia stratiotes roots. « Biologia Plantarum Prague. 1994 ; 36(4) : pp 591-597.

[53] BOWES. G. and BEER. S. Physiolgical Plant Processes : Photosynthesis. Aquatic plant for water treatment and ressource recovery. Reddy. K. R. and Smith. W. H. Orlando. Mangnolia Publishing Inc. 1987 ; pp 311-335.

[54] Amiri Khaled (contribution a l'évaluation et au traitement des eaux usées dans le sud est du Sahara algérien. Application au sud de la région d'oued righ (Touggourt)) doctorat université Ouargla 2020.

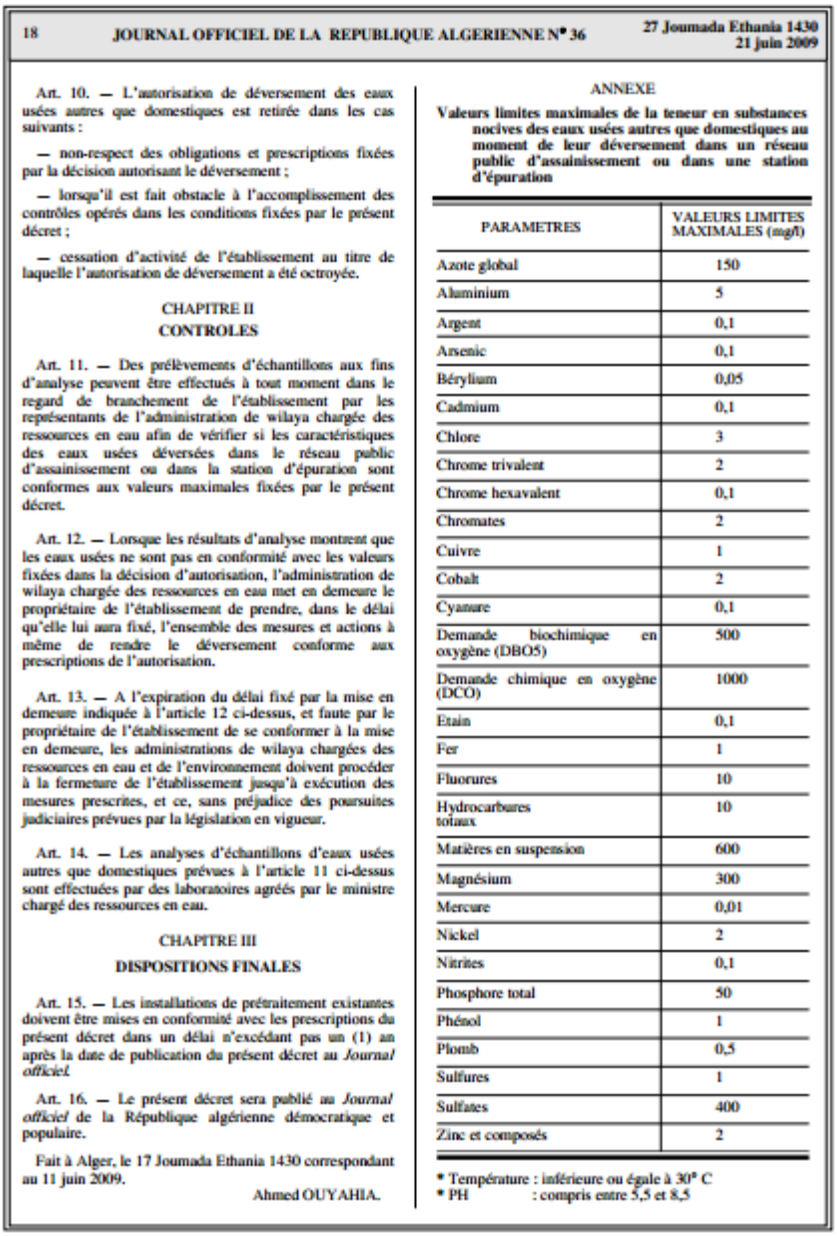
[55] HOFMANN, K. Use of Phragmites in sewage sludge treatment. In : Constructed Wetlands in Water Pollution Control, P.F. Cooper and B.C. Findlater (Eds), PergamonPress, . 1990 ; pp 269-277.

[56] CHACHUAT B. Traitment d'effluents concentrés par culture fixes sur gravier. Rapport de DEA, ENGEES-Cemagref , 1998 ; p 118.

[57] Quan, Q., Shen, B., Zhang, Q., Ashraf, M.A. Research on phosphorus removal in artificia lwetlands by plants and their photosynthesis. Braz. Arch. Biol. Techn., (2016) http://doi.org/10.1590/1678-4324-2016160506.

الملحق

جدول (7): قيم الحد لمحتوى المواد الضارة في مياه الصرف الصحي بخلاف المياه المعالجة المنزلية في وقت تصريفها في نظام الصرف الصحي أو المحطة المعالجة.JORA 2009



18 JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 36 27 Joumada Ethania 1430 / 21 juin 2009

Art. 10. — L'autorisation de déversement des eaux usées autres que domestiques est retirée dans les cas suivants :

— non-respect des obligations et prescriptions fixées par la décision autorisant le déversement ;

— lorsqu'il est fait obstacle à l'accomplissement des contrôles opérés dans les conditions fixées par le présent décret ;

— cessation d'activité de l'établissement au titre de laquelle l'autorisation de déversement a été octroyée.

CHAPITRE II

CONTROLES

Art. 11. — Des prélèvements d'échantillons aux fins d'analyse peuvent être effectués à tout moment dans le regard de branchement de l'établissement par les représentants de l'administration de wilaya chargée des ressources en eau afin de vérifier si les caractéristiques des eaux usées déversées dans le réseau public d'assainissement ou dans la station d'épuration sont conformes aux valeurs maximales fixées par le présent décret.

Art. 12. — Lorsque les résultats d'analyse montrent que les eaux usées ne sont pas en conformité avec les valeurs fixées dans la décision d'autorisation, l'administration de wilaya chargée des ressources en eau met en demeure le propriétaire de l'établissement de prendre, dans le délai qu'elle lui aura fixé, l'ensemble des mesures et actions à même de rendre le déversement conforme aux prescriptions de l'autorisation.

Art. 13. — A l'expiration du délai fixé par la mise en demeure indiquée à l'article 12 ci-dessus, et faute par le propriétaire de l'établissement de se conformer à la mise en demeure, les administrations de wilaya chargées des ressources en eau et de l'environnement doivent procéder à la fermeture de l'établissement jusqu'à exécution des mesures prescrites, et ce, sans préjudice des poursuites judiciaires prévues par la législation en vigueur.

Art. 14. — Les analyses d'échantillons d'eaux usées autres que domestiques prévues à l'article 11 ci-dessus sont effectuées par des laboratoires agréés par le ministre chargé des ressources en eau.

CHAPITRE III

DISPOSITIONS FINALES

Art. 15. — Les installations de prétraitement existantes doivent être mises en conformité avec les prescriptions du présent décret dans un délai n'excédant pas un (1) an après la date de publication du présent décret au *Journal officiel*.

Art. 16. — Le présent décret sera publié au *Journal officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 17 Joumada Ethania 1430 correspondant au 11 juin 2009.

Ahmed OUYAHIA.

ANNEXE

Valeurs limites maximales de la teneur en substances nocives des eaux usées autres que domestiques au moment de leur déversement dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration

PARAMETRES	VALEURS LIMITES MAXIMALES (mg/l)
Azote global	150
Aluminium	5
Argent	0,1
Arsenic	0,1
Bérylium	0,05
Cadmium	0,1
Chlore	3
Chrome trivalent	2
Chrome hexavalent	0,1
Chromates	2
Cuivre	1
Cobalt	2
Cyanure	0,1
Demande biochimique en oxygène (DBO5)	500
Demande chimique en oxygène (DCO)	1000
Etain	0,1
Fer	1
Fluorures	10
Hydrocarbures totaux	10
Matières en suspension	600
Magnésium	300
Mercure	0,01
Nickel	2
Nitrites	0,1
Phosphore total	50
Phénol	1
Plomb	0,5
Sulfures	1
Sulfates	400
Zinc et composés	2

* Température : inférieure ou égale à 30° C
* PH : compris entre 5,5 et 8,5

جدول (8): مواصفات مياه الصرف الصحي المعالج المستخدم لأغراض الري قرار وزاري مشترك بتاريخ 02 جانفي 2012

I. 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 (Cl)	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.

جدول (9): معايير منظمة الصحة العالمية لمياه الصرف الصحي 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	-

جدول10: التطورات الزمنية للوسائط الفيزيوكيميائية المقاسة للماء الداخل والخارج للأحواض سنة 2021

الأشهر		Tc (c°)	PH	OD	CE (ms /cm)	Sal	DCO	DBO_5	MES
أوت	الخام	34	7.59	0.09	4.04	2.1	194	80	95
	النبات cv	29.3	7.2	3.33	9.04	5	63	10	30
	الشاهد cv	28.9	8	0.91	6.9	3.8	57.1	10	30
	النباتch	29.3	7.48	2.19	10.84	6.1	48.7	10	19
	الشاهد ch	28.9	7.58	2.62	9.35	5.2	48.9	8	9
سبتمبر	الخام	31.3	7.56	0.2	4.58	2.6	274	130	195
	النبات cv	26.7	7.16	1.66	10.67	6	105	20	21
	الشاهد cv	26.8	8.07	1.07	8.04	4.4	110	15	25
	النباتch	26.7	7.69	2.82	11.77	6.7	58.1	6	18
	الشاهد ch	26.8	7.89	2.34	10.99	6.2	65.5	5	17
أكتوبر	الخام	33.5	7.76	0.37	4.94	2.6	200.16	150	125
	النبات cv	22.3	7.06	3.77	11.92	8.6	87.2	38	14
	الشاهد cv	22.6	8.12	3.77	10.36	5.9	86.5	56	18
	النباتch	22.3	7.78	2.68	17.28	10.2	37.5	16	14
	الشاهد ch	22.6	8.05	3.03	17.99	9	42.4	18	12
نوفمبر	الخام	28.1	7.63	0.38	4.64	2.5	198	88	117
	النبات cv	15.6	7.07	3.88	9.69	5.5	36.6	15	22
	الشاهد cv	16.1	8.29	3.76	7.5	4.1	47	27	27
	النباتch	15.6	6.98	2.85	11.21	6.7	17.5	10	12
	الشاهد ch	16.1	7.65	2.96	10.1	5.9	23	15	17
ديسمبر	الخام	22.5	7.89	0.18	5.01	2.7	258	95	161
	النبات cv	12.2	6.59	5.12	5.99	3.3	62.4	23	35
	الشاهد cv	13.2	8.01	4.74	5.03	2.7	66.8	28	39
	النباتch	12.2	7.24	2.24	6.4	3.5	30.7	8	22
	الشاهد ch	13.2	7.22	3.57	5.5	3	40.8	13	25

المـــــلخـص: الهدف من هذه الدراسة هو إثبات قدرة نبات *Canna Indica* على إزالة الملوثات العضوية من مياه الصرف الصحي بنظام التدفق المتنوع (شاقولي+ أفقي) تحت جو جاف وحار, شملت هذه الدراسة مقارنة بين حوض مزروع بنبات *Canna Indica* وحوض غير مزروع (شاهد). الدراسة منجزة عبر نموذج تجريبي في منطقة تطهير المياه المستعملة الحضرية بمؤسسة الديوان الوطني للتطهير ONA بمدينة تقرت, يتكون هذا النموذج من أحواض دائرية ذات سعة 80L مملوءة من الأسفل إلى الأعلى على سمك 20cm بحصى (4mm إلى 25mm). حوض مزروع بسيقان حديثة العمر بنبات *Canna Indica* بكثافة 36 ساق/م^2 , وحوض غير مزروع كشاهد, حيث تتصل الأحواض الشاقولية بأحواض أخرى تغذى بطريقة التدفق الأفقي من الأحواض الأولى. الأحواض الشاقولية تغذى مرة واحدة في اليوم كل أسبوع بوتيرة منتظمة بعد مكوث الماء فيها خمسة أيام تغذي به الأحواض الثانية بطريقة التدفق الأفقي بعد مكوث الماء في الأحواض الثانية خمسة أيام يتم تجميعه عبر إناء موضوع أسفل الحوض. بعد الدراسة التي دامت خمسة(5) أشهر من أوت 2021 إلى شهر ديسمبر 2021 تحصلنا على إزالة الملوثات بالنسب التالية: MES(82.39%), DCO(68.49%), DBO_5 (80.47%) بالنسبة لأحواض التدفق الشاقولي و(MES(87.73%, DCO(82.87%), DBO_5(90.79%) بالنسبة لأحواض التدفق الأفقي. من خلال هذه النتائج وجدنا أن هذه النبتة أبدت قدرتها على إزالة الملوثات العضوية المتواجدة في المياه المستعملة بطريقة جيدة ومرضية باستخدام النظام المهجن.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي, المعالجة بالنباتات المائية, *Canna indica*, منطقة تقرت, الأراضي الرطبة, نظام مهجن.

Résumé: Le but de cette étude est de démontrer la capacité de la plante Canna Indica à éliminer les polluants eaux usées organiques à débit variable (vertical+ horizontal) sous atmosphère sèche .Et à chaud, cette étude comprenait une comparaison entre un bassin planté de plante Canna Indica et un bassin qui n'en est pas implanté (voir). L'étude a été réalisée à travers un modèle pilote dans la zone de désinfection des eaux usées. Institut Urbain de l'Office National de Désinfection ONA à Touggourt, ce modèle se compose de Bassins ronds de capacité 80L remplis de bas en haut sur 20cm d'épaisseur avec du gravier (4mm à 25mm). Pot planté de jeunes tiges de Canna Indica, densité 36 tige/m2 et un bassin non cultivé comme témoin, où les bassins verticaux sont reliés à d'autres bassins alimentés Méthode d'écoulement horizontal à partir des premiers bassins. Les bassins verticaux sont alimentés une fois par jour Une semaine à un rythme régulier, après que l'eau y ait séjourné pendant cinq jours, et les deuxièmes bassins sont alimentés par la méthode du flux L'eau horizontale après avoir séjourné dans le deuxième bassin pendant cinq jours, est recueillie à travers un récipient placé au fond bassin. Après une étude qui a duré cinq (5) mois d'août 2021 à décembre 2021 Nous avons obtenu les pourcentages suivants d'élimination des polluants : MES (82,39 %), DCO (68,49 %), DBO_5 (80,47%) pour les bassins à écoulement vertical et MES (87,73%), DCO (82,87%), DBO_5 (90,79%) pour les bassins à écoulement horizontal. Grâce à ces résultats, nous avons constaté que cette plante Il a montré sa capacité à éliminer les polluants organiques présents dans les eaux usées de manière bonne et satisfaisante en utilisant le système hybride.

Mots-clés: eaux usées, traitement hydroponique, Canna Indic, zone Touggourt, zone humide, système hybride.

Abstract: The aim of this study is to demonstrate the ability of the Canna Indica plant to remove pollutants Organic wastewater with variable flow system (vertical+ horizontal) under a dry atmosphere And hot, this study included a comparison between a basin planted with Canna Indica plant and a basin that is not implanted (see). The study was carried out through a pilot model in the waste water disinfection area.Urban Institute of the National Office for Disinfection ONA in Touggourt, this model consists of Round basins of 80L capacity filled from bottom to top on 20cm thickness with gravel (4mm to 25mm). Pot planted with young stems of Canna Indica, density 36 stalk/m2 and an uncultivated basin as a witness, where the vertical basins are connected to other basins fed Horizontal flow method from the first basins. Vertical ponds are fed once a day every A week at a regular pace, after the water has been in it for five days, and the second ponds are fed by the flow method.The horizontal water after staying in the second basin for five days, is collected through a container placed at the bottom pelvis. After a study that lasted five (5) months from August 2021 to December 2021.We obtained the following percentages of pollutant removal: MES(82.39%), DCO(68.49%), DBO_5 (80.47%) for vertical flow basins and MES (87.73%), DCO (82.87%),DBO_5 (90.79%) for horizontal flow basins. Through these results, we found that this plantIt showed its ability to remove organic pollutants present in waste water in a good and satisfactory manner using the hybrid system.

Keywords: Sewage water, hydroponic treatment, Canna indic, area Touggourt, wetland, hybrid system.