وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة قاصدي مرباح – ورقلة –

كلية الرياضيات وعلوم المادة

قسم الكيمياء

مذكرة مقدمة لنيل شهادة ماستر أكاديمي

فـي الكيميـاء

التخصص: كيمياء المحيط

من إعداد: باديجة راوية – بن نونة فطيمة الزهرة

بعنـــــوان:

إزالة الملوثات الفسفورية والنيتروجينية من مياه الصرف الصحي باستخدام نبات(القانا) *Canna indica* بطريقة التدفق الشاقولي لمنطقة تقرت

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

دوادي علي	أستاذ التعليم العالي	جامعة قاصدي مرباح – ورقلة	رئيساً
زنخري لويزة	أستاذ محاضر "أ"	جامعة قاصدي مرباح – ورقلة	مناقشاً
بن زاهي خديجة	أستاذ محاضر "أ"	المدرسة العليا للأساتدة – ورقلة	مؤطراً
العابد ابراهيم	أستاذ التعليم العالي	المدرسة العليا للأساتدة – ورقلة	مساعداً

السنة الجامعية: 2021 – 2022

إهـــــــداء

"الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات" بعد مسيرة دراسية رفعت قبعتي مودعة للسنين التي مضت، أهدي تخرجي.... إلى روح أبي الطاهر رحمه الله "عبد الحميد"

الذي علمني كيف أمسك بالقلم وكيف أخط الكلمات بلا ندم.

إلى من وضع الله الجنة تحت قدميها إلى أملي في الحياة وقرة عيني وسر نجاحي إلى من سهرت الليالي من أجل راحتي... إلى من أفنت عمرها من أجل أن تراني في بهاء الصحة والعافية إلى منبع الطيبة والحنان أمي الحبيبة الغالية "تفاحة" أدامها الله وأطال في عمرها.

إلى سندي وقوتي في الصعاب والضيق إلى المصباح الذي أضاء طريقي إلى خير مكسب لي في هذه الحياة إلى أغلى ما أملك أخي الحبيب "عبد العزيز" حفظه الله.

أهدي إليكم يامن تعانقون أفراحي و أحزاني وتحتضنون سعادتي وشقائي إلى أعز من في قلبي أخواتي"كوثر، سميحة، ريمة" وإلى البرعم الصغير "محمد منصف".

إلى من ساندني ودعمني وكان له الفضل الكبير في وصولي وتحقيق هدفي

وغايتي خالي الحبيب "أنور".

إلى من وقفتم بجانبي أخوالي وخالاتي أعمامي وعماتي وبأخص الذكر "عمي لخضر، عمي عبد الرزاق" كما لا أنسى صاحب السيرة العطرة والفكر المستنير الذي ألجأ إليه وقت مصاعبي خالي العزيز "عبد الحكيم".

إلى توأم روحي الغالية ورفيقة دربي وسكن أسراري إلى من سرت معها خطواتي

حبيبتي "فطيمة الزهرة".

إلى من قضيت معهم مسيرة الدراسة الجامعية بحلوها ومرها صديقاتي العزيزات

"إلهام، ليندة ،سولاف، وصال".

إلى كل من وسعه قلبي ولم يذكره لساني ولم تسعه أسطري وعباراتي

إليكم جميعاً أهدي عملي.

راوية

إهـــــــداء

الحمد لله الذي أنار لي طريقي وكان لي خير عون.

أهدي ثمرة جهدي هذا، إلى من ضحى لنعيش إلى من كافح لنتعلم إلى من حصد الأشواك عن دربي ليمهد لي طريق العلم و التعلم، إلى درعي الذي به احتميت، وفي الحياة به اقتديت، إلى نبع العطاء وبلسم الشفاء، إلى من احترقت شموعه ليضيء لي درب النجاح ركيزة عمري،

وصدر أماني وكبريائي وكرامتي أبي العزيز "محمد" حفظه الله.

إلى بسمة الحياة وسر الوجود إلى معنى الحب والحنان إلى من كان دعائها سر نجاحي وحنانها بلسم جراحي، التي بحنانها ارتويت، وبنورها اهتديت وببرصها اقتديت، ولحقها ما وفيت، إلى من يشتهي اللسان بنطقها وترفرف العين من وحشتها، والتي كانت تتمنى رؤيتي وأنا أحقق هذا النجاح، وشاء الله أن يأتي هذا اليوم إلى أغلى الحبايب أمي الحبيبة "خديجة" حفظها الله.

ولا أوفيهما حقهما غير أن أدعو الله أن ينعما بالصحة وطول العمر.

إلى توأم روحي رفيقة دربي إلى صاحبة القلب الطيب والنوايا الصادقة إلى من معك سرت الدرب خطوة بخطوة وما تزال ترافقني حتى الآن أختي "مريم ".

إلى سندي في الحياة، إلى من يذكرهم القلب قبل أن يكتب القلم، إلى من قاسموني حلو الحياة ومرها، تحت السقف الواحد إخوتي الأحباء وبالأخص معاذ الذي كان معينا لي، ياسين، عبد الصمد، سليم، عبد النور، فريد، لقمان، والبرعم الصغير الحاج.

إلى من أتقاسم معها الفرح والحزن، سكن روحي ومخبأ أسراري وقرة عيني، التي تحملت معي متاعب هذا الجهد وتقاسمت معها شقاءه أختي التي لم تلدها أمي "راوية".

إلى من وقف بجانبي وأكن له إمتناني زوج أختي "عبد الغني".

إلى كل صديقاتي الغاليات رفقاء دربي اللاتي تقاسمت معهم حلاوة الدراسة ومشقت الحياة الجامعية، ليندة، إلهام، سولاف، خلود،تونس، وصغرونة وصال.

إلى كل من وسعه قلبي ولم يذكره لساني ولم تسعه أسطري وعباراتي

إليكم جميعا أهدي عملي.

فطيمة الزهرة

شكر وعرفان

قال رسول الله صل الله عليه وسلم: "من لم يشكر الناس لم يشكر الله ومن أهدى إليكم معروفا فكافئوه فإن لم تستطيعوا فأدعو له ".

وعملا بهذا الحديث واعترافا بالجميل، نحمد الله عز وجل ونشكره على أن وفقنا لإتمام هذا العمل المتواضع.

ونتقدم بالشكر الجزيل إلى الأستاذ الفاضل "العابد ابراهيم" على توجيهاته الهادفة ونصائحه القيمة والذي تابعنا طول فترة إعداد هذه الدراسة. كما نقدم خالص الشكر للأستاذة "بن زاهي خديجة" لإشرافها على هذا العمل والتي أفادتنا بالأفكار والنصائح.

كما أتوجه بالشكر والتقدير إلى مدير وعمال مخبر محطة الديوان الوطني للتطهير بتقرت، يسعنا في هذا المقام أيضا أن نتقدم بخالص الشكر والثناء والتقدير إلى الأساتذة الكرام المشرفين على المناقشة من رئيس لجنة الأستاذ "ذوادي علي" والأستاذة "بن ساسي شيماء" مناقشة اللذان قدما لنا نعم الصنيع بقبولهما دعوة مناقشة وتقييم هذه المذكرة.

وفي الأخير و قبل أن نمضي نشكر كل أفراد عائلتينا على كل ما فعلوه معنا ولدعمهم الدائم لنا، وكل من ساعدنا من قريب أو بعيد شكـرا لكـم جميعـا.

الفـــهـــرس

إهداء		I
إهداء		II
شكر وعرفان		III
قائمة المخططات		IV
قائمة الأشكال		V
قائمة الجداول		VI
قائمة المختصرات		VII
مقدمة		01
الجزء النظري **الفصل I: تلوث المياه وطرق معالجتها** **عموميات حول المياه الملوثة**		
1.I	تعريف المياه الملوثة	3
2.I	مصادر تلوث المياه	3
3.I	أنواع الملوثات المائية	3
4.I	مياه الصرف الصحي	5
1.4.I	تعريف مياه الصرف الصحي	5
2.4.I	خصائص مياه الصرف الصحي	6
3.4.I	أنواع مياه الصرف الصحي	7
5.I	مقاييس تصنيف الملوثات في مياه الصرف الصحي	7
6.I	المعايير والتراكيز المسموح بها	10
7.I	طرق معالجة مياه الصرف الصحي	11
1.7.I	محطات تصفية المياه المستعملة بطريقة الحمأة المنشطة	11
2.7.I	المعالجة بالبحيرات	15
3.7.I	معالجة المياه المستعملة بواسطة النباتات	16
الفصل II: معالجة مياه الصرف الصحي باستعمال النباتات		
1.II	تمهيد	18
2.II	تعريف المعالجة النباتية	18

	3.II النباتات المائية المستخدمة ضمن محطات المعالجة بالنباتات	19
	1.3.II النباتات المائية البارزة	19
	2.3.II النباتات المائية الغاطسة	19
	3.3.II النباتات المائية الطافية	20
	4.II أحواض النباتات المستعملة في تنقية مياه الصرف الصحي (المياه المستعملة)	20
	1.4.II الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر	20
	2.4.II الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان تحت السطحي الأفقي	21
	3.4.II الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان الشاقولي	21
	4.4.II. الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان المتنوع (المهجن) "أفقي+شاقولي"	21
	5.II دور مختلف مكونات النظام	22
	1.5.II دور مواد التعبئة	22
	2.5.II دور النبات	23
	3.5.II دور الكائنات الدقيقة	24
	6.II آليات إزالة الملوثات وفعالية أحواض المعالجة بالنباتات	25
	1.6.II إزالة المواد العالقة	26
	2.6.II إزالة المواد العضوية	26
	3.6.II آليات إزالة الأزوت (النتروجين)	26
	4.6.II إزالة الفوسفور	28
	5.6.II إزالة وفصل المعادن	28
	6.6.II إزالة الكائنات المجهرية من أصل الإنسان	29
	7.II النبات المستعمل في المعالجة	30
	1.7.II التصنيف العلمي لنبات *Canna indica*	30
	2.7.II وصف نبات القانا	31
	3.7.II استعمالات نبات القانا	31
الجزء العملي **الفصل III: طرق وأدوات**		
	1.III تقديم منطقة الدراسة (تقرت)	32
	2.III دراسة مناخية	33
	3.III تقديم محطة التصفية بتقرت	33

	4.III البروتوكول التجريبي protocol expérimental	34
	1.4.III العتاد التجريبي المستعمل	34
	2.4.III الخصائص الفيزيوكيميائية لمواد التعبئة المستعملة	35
	5.III تحديد الوسائط الفيزيوكيميائية المقاسة	35
	1.5.III تحديد المواد العالقة MES	36
	2.5III تحديد كمية النتريت $N\text{-}NO_2^-$	38
	3.5.III تحديد كمية النترات $N\text{-}\ NO_3^-$	39
	4.5.III تحديد كمية أرتوفوسفات PO_4^{3-}	40
	5.5.III تحديد كمية الأمونيوم NH_4^+	41
	6.5.III قياس كمية الأكسجين المنحل O_{diss}	41
	7.5.III قياس الأس الهيدروجيني pH	42
	8.5.III قياس درجة الحرارة T(°c)	43
	9.5.III قياس الناقلية الكهربائية CE والملوحة	43
الفصل IV: نتائج ومناقشة		
	1.IV تمهيد	44
	2.IV معامل التحلل البيولوجي (نسبة $K=DCO/DBO_5$)	44
	3.IV تحديد خصائص مياه الصرف الصحي المستعملة الداخلة لمحطة التصفية	44
	4.IV أداء وكفاءة إزالة الملوثات	46
	5.IV مناقشة النتائج	48
	1.5.IV تطور درجة الحرارة T(°C)	48
	2.5.IV تطور الناقلية الكهربائي CE	49
	3.5.IV تطور المواد العالقة MES	50
	4.5.IV تطور إزالة النتريت NO_2^-	51
	5.5.IV تطور إزالة النترات NO_3^-	52
	5.IV .6 تطور إزالة أرتوفسفات pO_4^{3-}	53
	7.5.IV تطور إزالة الأمونيوم NH_4^+	54
خلاصة		55
المراجع		62-57
ملحق		69-63

قائمة المخططات

الرقم	العنوان	الصفحة
01	مراحل معالجة مياه الصرف الصحي بالنباتات	19
02	تحطيم المواد العضوية	27

قائمة الأشكال

الرقم	عنوان الشكل	الصفحة
01	حوض معالجة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر	20
02	حوض معالجة بالنباتات بجريان تحت السطحي الأفقي	21
03	حوض معالجة بالنباتات ذات الجريان الشاقولي	21
04	حوض معالجة بالنباتات بالجريان المتنوع (المهجن)	21
05	نبات القانا *canna indica*	30
06	خريطة توضح الموقع الجغرافي لمدينة تقرت	32
07	صورة بالقمر الصناعي تحدد موضع منطقة الدراسة	34
08	العتاد التجريبي المستعمل.	34
09	علبة التحكم وأخد عينات المياه الداخلة.	36
10	حوض مخصص لأخد عينات المياه المعالجة.	36
11	التطور الزمني لدرجة الحرارة $T(c°)$ للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد	48
12	التطور الزمني للناقلية الكهربائية CE للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد	49
13	التطور الزمني للمواد العالقة MES للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد.	50
14	التطور الزمني للنتريت NO_2^- للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد.	51
15	التطور الزمني للنترات NO_3^-للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد	52
16	التطور الزمني للأرتو فسفور pO_4^{3-} للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد	53
17	التطور الزمني للأمونيوم NH_4^+للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد	54

قائمة الجداول

الرقم	عنوان الجدول	الصفحة
01	قيم الحد الأقصى لمعالم صرف نفايات الوحدات الصناعية (الجريدة الرسمية2012)	11
02	دور النباتات ضمن محطات الأراضي الرطبة (محطات المعالجة بالنباتات)	24
03	أهم آليات الإزالة الرئيسية للملوثات ضمن أحواض النباتات	25
04	القيم المتوسطة للوسائط المقاسة للمياه المستعملة (الداخلة) لمحطة التصفية	45
05	قيم معامل التحلل البيولوجي للمحطة	45
06	القيم المتوسطة للوسائط المقاسة للمياه المعالجة (الخارجة) من محطة التصفية	47

قائمة المختصرات

الرمز	التفصيل
CE	Conductivité électrique
DBO_5	Demande Biochimique en Oxygène (05 jours)
DCO	Demande chimique en oxygène
MES	Matières en suspension
NH_4^+	Azote ammoniacal
NO_3^-	Nitrate
NO_2^-	Nitrite
O_2diss	l'oxygène dissous
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONA	Office Nationale d'assainissement
pH	Potentiel d'hydrogène
pO_4^{3-}	ortho Phosphore
WWG	Waste water Gardens (حدائق معالجة المياه المستعملة)

مـــــــقدمـــــــــة

مقدمــة:

الماء عنصر أساسي في نمو وتكاثر الكائنات الحية، قال تبارك وتعالى "وجعلنا من الماء كل شيء حي أفلا يؤمنون"(30 من سورة الأنبياء)، حيث يشترك في جميع التفاعلات الحيوية أو البيولوجية، وهو مذيب جيد للكثير من المركبات العضوية وغير العضوية ويعتبر وسط جيد لنمو وتكاثر الكثير من الأحياء الدقيقة، لذلك تعد المياه أحد أهم عوامل التنمية المستدامة، لذا فإن الحاجة ماسة لترشيد المتاح من هذه الموارد المائية وبشكل خاص في الدول العربية، والتي تعاني شحاً وندرة في الموارد المائية المتاحة بها، نظراً لأن معظم أراضيها في نطاق المناطق القاحلة التي تتسم بانخفاض الأمطار. تظهر أهمية المياه في الحياة البشرية بأشكال مختلفة، تتناسب مع احتياجات الإنسان العصري لمياه الشرب النقية، وللتوسع المستمر في المرافق العامة والصناعات المستهلكة لكميات كبيرة من المياه. تزداد المياه الملوثة المطروحة في المياه السطحية والجوفية، وتتميز هذه المياه بحمولتها العالية للملوثات العضوية والمعدنية، إضافة إلى بعض المواد السامة الناتجة عن العديد من الصناعات**[1]**. تعد مياه الصرف الصحي المعالجة مصدرًا مهما من مصادر المياه، التي يمكن استعمالها في الري لاحتوائها على مواد عضوية أساسية للزراعة وتحسين خواص التربة، ويعد استخدام المياه المعالجة من الوسائل المهمة في تحسين الأراضي ونمو النباتات**[2]**.

إن الغرض من معالجة مياه الصرف الصحي هو إسراع العمليات الطبيعية التي تحدث لتلك المياه تحت ظروف محكمة، ومن الأسباب الهامة لتطوير طرق معالجة تلك المياه تأثيرها على الصحة العامة والبيئة حيث كانت المعالجة تنحصر في إزالة المواد العالقة والطافية والتخلص من المواد العضوية المتحللة وبعض الأحياء الدقيقة المسببة للأمراض. ونتيجة لتقدم العلم في مجال الكيمياء والكيمياء الحيوية وعلم الأحياء الدقيقة إضافة إلى التقدم الصناعي وإنتاج مواد جديدة جعل من الضروري تطوير طرق معالجة لتلك المياه تكون قادرة على إزالة معظم الملوثات التي لم يكن من السهل إزالتها بالطرق المستعملة قديما نخص بالذكر محطات المعالجة بالنباتات. أثبتت هذه الأخيرة كفاءاتها وقدرتها على تحقيق المواصفات المرغوبة لمياه الصرف عن طريق إنقاص نسبة الملوثات والعوامل الممرضة والوصول إلى الحدود المسموحة لاستخدام المياه الناتجة عنها في الزراعة دون استخدام المحاليل الكيميائية **[3،4]**. وبالتالي فإن خفض تركيز الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصحي يكون بشكل كبير، من بين النباتات المستعملة في تنقية المياه الملوثة نبات **القانا أنديكا** والذي يلعب دورا كبيرا في معالجة مياه الصرف الصحي.

ويهدف عملنا هذا الى كيفية إزالة الملوثات الفسفورية والنيتروجينية من مياه الصرف الصحي باستعمال نبات **القانا أنديكا بطريقة التدفق الشاقولي** في محطة الديوان الوطني للتطهير تقرت.

يتضمن هذا العمـــل:

الفصـل الأول: يحوي على عموميات حول الميـاه الملوثة وطـرق معالجتها

الفصـل الثاني: و هو عبارة عن معلومات عامة حول معالجة الميـــاه باستعمال النبـاتات و كدا نبات القانا أنديكا

الفصل الثالث: ويتضمن طرق وأدوات المستعمـــلة في تحقيق العمل

الفصـــل الرابع: النتـائـج والمناقـشـة

الـخـلاصـة

الجـــــزء النـــظـــري

الفصل I:

تلوث المياه وطرق معالجتها

I. عموميات حول المياه الملوثة:

I.1. تعريف المياه الملوثة:

هو **أي** تغير غير مرغوب به يؤثر فيزيائيا أو كيميائيا أو بيولوجيا في نوعية المياه، يؤثر سلبا على الكائنات الحية ويجعل المياه غير صالحة لاستخدامات المطلوبة.

وتعرف الملوثات بأنها أي مادة فيزيائية أو كيميائية أو عضوية أو إشعاعية موجودة في مياه الصرف الصحي وتعمل على تدني نوعية هذه المياه وتمثل هذه التغيرات في:

أ. التغير الفيزيائي: يمثل التحولات التي تطرأ على المياه في اللون والطعم والرائحة والناقلية الكهربائية والقساوة ودرجة الحرارة.

ب- التغير البيولوجي: يتناول طبيعة وتعداد البكتيريا والطفيليات والفطريات والفيروسات التي يمكن أن تتواجد فيها.

ج- التغير الكيميائي: التغير من حيث التكوين وطبيعة وتراكيز المعدن والشوارد والأملاح والرقم الهيدروجيني (pH) وغيرها من الخواص الكيميائية والاشعاعية.

I.2. مصادر تلوث المياه:

هناك مصادر عديدة ندكر منها:

- مصادر طبيعية: وتشمل الجو، المعادن الذائبة، تحلل المواد النباتية، والجريان السطحي للأملاح والكيماويات.
- مصادر زراعية: وتشمل الانجراف المائي للتربة، مخلفات حيوانية (مزارع الانتاج الحيواني والدواجن)، أسمدة كيماوية ومبيدات، مياه الري.
- مياه الصرف: وتشمل الصرف الصحي، والصرف الصناعي، المركبات البحرية والحوادث البحرية.
- مصادر اخرى متنوعة: مثل أنشطة البناء، المناجم، الماء جوفي، أماكن تجمع القمامة، وأماكن إنتاج الاسمنت.... الخ **[6،5]**.

I.3. أنواع الملوثات المائية:

تؤثر المياه الملوثة على الانسان بشكل مباشر، نظرا لأهمية الماء للإنسان ولكافة الكائنات الحية، ويعتبر تلوث الماء من أوائل الموضوعات التي اهتم بها العلماء والمختصون بمجال التلوث، وليس الغريب أن يكون حجم الدراسات التي تناول هذا الموضوع أكبر من حجم تلك التي تناولته باقي فروع التلوث. ومن اهم مصادر تلوث المياه ندكر منها ما يلي:

أ. التلوث الكيميائي:

يعتبر التلوث الأخطر والأكثر تأثيرًا على خصائص المياه، كما أن التخلص من الملوثات الكيميائية أصعب من الملوثات الطبيعية، وهذه الملوثات كثيرة وتشمل مصادر التلوث الكيميائية المختلفة التي تكون معظمها بسبب الأنشطة البشرية الذي ينتج عنه:

- تلوث مياه الأمطار (أمطار حمضية)
- المركبات الكيميائية غير مرغوب فيها
- المبيدات والمواد القريبة منها
- المركبات السامة
- المنظفات والملوثات

ب. التلوث العضوي:

تحتوي المياه الطبيعية مركبات عضوية مختلفة في نوعيتها وفي تراكيزها تبعا لمصدر المياه ومسارها. ويعود منشأ تلك المركبات على مصدرين أساسيين هما:

- مركبات عضوية من أصل طبيعي كمركبات الذبال ومكونات الخلايا (ليبيدات، أحماض أمينية، بروتينات).
- مركبات عضوية ناتجة عن النشاطات الإنسانية المنزلية، الصناعية والزراعية كالمواد الفعالة سطحيا، الهيدروكربونات والمبيدات وغيرها.

ج. التلوث الإشعاعي:

ومصدر هذا التلوث يكون غالبا عن طريق التسرب الإشعاعي من المفاعلات النووية، أوعن طريق التخلص من هذه النفايات في البحار، المحيطات والأنهار، وفي الغالب لا يحدث هذا التلوث أي تغير في صفات الماء الطبيعية مما يجعله أكثر الأنواع خطورة **[7]**.

د. التلوث الحراري:

ويمثل في ارتفاع درجة حرارة المياه التي يتم استخدامها في المصانع الإنتاجية من أجل تبريد خطوط الإنتاج، الأمر الذي يحدث بسببه ما يعرف بالبخار الاضافي مما يزيد من درجة الحرارة أكثر فأكثر **[8]**.

هـ. التلوث الزراعي:

ويمثل في إسراف الإنسان في استخدام الأسمدة النيتروجينية والفوسفاتية وإضافتها إلى التربة الزراعية بهدف زيادة الانتاج الزراعي دون الالتزام بمعدلات هذه الأسمدة والتي لا يستفيد النبات بأي كميات زائدة منها **[9]**.

و. التلوث النفطي:

ينسكب النفط أو مشتقاته إلى المسطحات المائية إما بطريقة عفوية أو إجبارية وتساهم ناقلات النفط بدور كبير في تلويث المياه بما ينسكب منها عادة من نفط أثناء عمليات الشحن والتفريغ، تنظيف الخزانات، حوادث تصادم الناقلات وانفجارها **[10]**.

ي. التلوث البيولوجي:

وينتج هذا التلوث عن ازدياد الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض مثل البكتريا، الفيروسات والطفيليات في المياه وتنتج هذه الملوثات في الغالب عن اختلاط فضلات الانسان والحيوان بالماء، بطريق مباشر عن طريق صرفها مباشرة في مسطحات المياه العذبة، أو المالحة، أو بطريق غير مباشر نتيجة اختلاطها بماء صرف الصحي أو الزراعي **[11]** .

I.4. مياه الصرف الصحي:

I.4.1. تعريف مياه الصرف الصحي:

هي المياه الصادرة عن الفعاليات البشرية (منزلية – تجارية – صناعية)، ويطلق عليها أيضا مياه المجاري أو الصرف الصحي لأنها في الغالب تصرف في شبكة المجاري العامة في المدينة. تشكل المياه العادمة 80% من المياه العذبة المستهلكة في المدن، وتتألف من الماء بنسبة 99% والباقي شوائب وملوثات **[12]**.

تتميز مياه الصرف الصحي بلونها الرمادي، ورائحتها المتعفنة وتحتوي على مواد صلبة تصل نسبتها إلى % 0.1 وهذه المواد الصلبة هي عبارة عن مزيج من نواتج الجسم البشري، وجزيئات الطعام والأوراق والدهون والزيوت والصابون والأملاح والمنظفات والرمل والحصى، ينحل في مياه الصرف 70% من هذه المواد والتي تتدخل في عمليات كيميائية وبيولوجية، أما المواد الصلبة فتترسب وتشكل أوحالاً وظروف تخمر لاهوائي عند إ زالتها إلى مكان حفظها **[13]**.

I.2.4. خصائص مياه الصرف الصحي:

أ.اللون:

يكون لون مياه الصرف الصحي في بدء سريانها في شبكة الصرف الصحي رمادي حيث تحتوي على مواد برازية، وتتحول تدريجيا إلى اللون الداكن عند حدوث التعفن والتحلل اللاهوائي، أما إذا كان لونها خلال ذلك فهذا يعني اختلاط مياه الصرف الصناعي بمياه الصرف الصحي.

ب. الرائحة:

مياه الصرف الصحي الخام لها رائحة التربة وهي ليست رائحة نفاذة وخاصة عند توفر الأكسجين الذائب في المياه أثناء سريانها في الشبكة، وتتأثر رائحة مياه الصرف الصحي بقيمة تركيز الأكسجين الذائب في المياه، ففي حالة نقص الأكسجين الذائب في مياه الصرف الصحي تبدأ البكتيريا اللاهوائية في النمو والنشاط وتأخذ في استهلاك وتحلل المواد العضوية وتحويلها إلى أمونيا وغازات أخرى و يصبح الماء حينئذ ذو رائحة كريهة.

ج. المواد الصلبة الكلية:

من الناحية العلمية يتم تعريف المواد الصلبة الكلية في مياه الصرف الصحي على أنها كل المواد التي تبقى بعد التبخر، ويمكن تقسيم المواد الصلبة الكلية في مياه الصرف الصحي إلى المواد الصلبة العالقة والمواد الصلبة الذائبة (لا يمكن فصلها بالترشيح). والمواد الصلبة العالقة نفسها تنقسم إلى قسمين مواد قابلة للترسيب ومواد غير قابلة للترسيب (غروية).

د. الغازات الذائبة:

تحتوي مياه الصرف الصحي على بعض الغازات الذائبة والتي تتوقف على حالة المياه إن كانت قديمة أو طازجة، وكذلك على مقدار التلوث الموجود بها ومن أمثلة هذه الغازات: (O_2 ,CO_2,NO_2^-,NO_3^-) **[14]**.

I.4. 3. أنواع مياه الصرف الصحي:

أ. مياه الصرف الصحي المنزلي:

تأتي من مختلف الاستخدامات المحلية للمياه و المرافق و الخدمات السكنية، والتي تنبع في الغالب من عملية التمثيل الغذائي للإنسان و من الأنشطة المنزلية، وهذا الصرف الصحي يشمل المياه والمراحيض الرمادية (صمامات المياه). المياه الرمادية تحتوي على المواد الصلبة العالقة (التربة والرمال والنفايات والنباتات والدهون الحيوانية) و المواد الذائبة (المعادن و المواد العضوية). صمامات المياه تحتوي على المعادن، السليلوز و الدهون والبروتين و اليوريا وحمض يوريك، والأحماض الأمينية والأحماض الدهنية والكحول والكربوهيدرات.

ب. مياه الصرف الصناعي:

هي مختلفة جدا عن مياه الصرف الصحي المنزلية وملامحها تختلف من صناعة إلى أخرى حيث تشمل جميع المخلفات والنفايات الصناعية التي تنتج أثناء استخراج وتصنيع المواد الخام إلى منتجات صناعية.

تحتوي على مواد عضوية و غير عضوية و مواد ربما سامة قد تسبب عدم التوازن البيئي و تتطلب معاملة خاصة تبعا لنوع المركبات قبل تصريفها **[15]**.

I.5. مقايس تصنيف الملوثات في مياه الصرف الصحي:

1. درجة الحرارة ($T(^{\circ}C)$) :

من المهم معرفة درجة حرارة الماء بدقة جيدة فإنها تلعب دورا في ذوبان الأملاح وخاصة الغازات وتعتبر عاملا مهما في التوازن البيئي، التغير المفاجئ في درجة الحرارة يعود إلى طرح مخلفات صناعية حارة تسبب التلوث الحراري. أهم الصناعات المسببة له هي الصناعات الكيميائية والبترولية الثقيلة.

2. الناقلية الكهربائية (CE) Conductivité Electrique:

يعد الماء النقي من النواقل الضعيفة جدا للكهرباء، لكن وجود الأملاح المنحلة المعدنية يؤدي إلى ارتفاع الناقلية. يعد معامل الناقلية الكهربائية عاملا مهما في مجال تحديد مواصفات الماء لكونه يعبر عن ملوحة الماء، وبالتالي نوعها ومدى صلاحيتها للشرب أو الاستعمالات الأخرى. كذلك يرتبط هذا المعامل بطرائق المعالجة الممكنة للمياه.

3. المواد العالقة (MES):

تحتوي المياه الطبيعية على مواد عالقة ناتجة عن التآكل الطبيعي للمجرى المائي وعن تحلل المواد العضوية ذات الأصل النباتي أو الحيواني، أما المياه السطحية العابرة مجاريها لمناطق سكنية فإنها تحمل مواد معلقة إضافية ناتجة عن المخلفات الحضرية والصناعية تكون نسبة 30mg/lمن المواد المعلقة طبيعية وجيدة في المياه السطحية، بينما إذا تجاوزت قيمتها 70mg/lيصبح الماء ملوثا **[7]**.

4. الطلب البيو كيميائي للأكسجين DBO_5:

تعبر قيمته عن الكربون العضوي القابل للتحليل البيولوجي ويتم تحديدها بواسطة الأكسجين المستهلك أثناء التجربة زجاجة تحوي مياه صرف صحي يقاس تركيز الأكسجين قبل وبعد فترة الاحتضان 5 أيام وبدرجة حرارة 20C°، بحيث توضع عينة التجربة في مكان مظلم وتعرف عن قيمة DBO_5.

من أجل التأكد من أن المواد العضوية الكربونية فقط سيتم أكسدتها بواسطة الكائنات الدقيقة فإنه يتم إضافة مواد كيميائية لتثبيط أكسدة المواد العضوية النيتروجينية **[16]**.

5. الطلب الكيميائي للأكسجين DCO:

يتوافق مع محتوى جميع المواد العضوية المؤكسد. يتم التعبير عنها بكمية الأكسجين التي توفرها ثاني كرومات البوتاسيوم وضروري لأكسدة المواد العضوية (البروتينات، الكربوهيدرات، الدهون...الخ) الموجودة في المياه العادمة. ومن أجل أكسدة هذه المواد تستعمل مؤكسدات قوية مثل ثاني كرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$ وبقياس DCO يمكن الحصول على نتائج سريعة، كما أن هذه العملية لا تحتاج إلى حضن العينات **[17]**.

6. النترات NO_3^-:

إن تحديد تلوث المياه بالنترات عملية صعبة نتيجة التحولات المستمرة للآزوت ضمن دورة الآزوت، فالنترات تمثل المرحلة النهائية لأكسدة المركبات العضوية الآزوتية وذلك فإن وجودها في المياه الملوثة دليل على سير عملية التنقية الذاتية. إن مصدر النترات في المياه عديدة ومتنوعة منها المصدر الطبيعي نتيجة انحلال مركبات النترات في المجرى المائي ولكن نسبتها ضعيفة جدا لا تتعدى 1 mg/l، وتنتج النترات عن عملية الأكسدة البكترية للنفايات العضوية الآزوتية في الزراعة **[18،7]**.

7. النتريت NO_2^-:

تمثل شوارد النتريت مرحلة انتقالية من شوارد النترات (NO_3^-) وشوارد الأمونيوم (NH_4^+) ضمن عملية الأكسدة والإرجاع لهما وذلك فإن شوارد النتريت المتواجدة في الوسط المائي ناتجة عن إرجاع النترات أو عن أكسدة شوارد الأمونيوم ولا يوجد مصدر طبيعي مباشر للنتريت. هذه العملية التي تتطلب استهلاك كميات كبيرة من الأكسجين هي النترات. النتريت هو سم خطير للكائنات المائية، تزداد السمية مع ارتفاع درجة الحرارة **[17،7]**.

8. أرتوفوسفات pO_4^{3-}:

تبلغ كمية مركبات الفوسفور التي تحملها مياه الصرف الزراعي، مياه الجريان السطحي والمياه الجوفية من المناطق الزراعية إلى المسطحات المائية قدراً لا يستهان به وفي بعض المناطق الزراعية، تزيد كمية مركبات الفوسفور المنقولة إلى المسطحات المائية من المخصبات الزراعية على كميات مركبات الفوسفور الواردة إلى المسطحات المائية، عن طريق مياه الصرف الصحي والصناعي، معظم مركبات الفوسفور ثابتة من الناحية الكيميائية بنسبة كبيرة، أي أنها لا تتفكك بسرعة بل تبقى في التربة والمياه زمنا طويلا.

تنشأ الفوسفات المنحلة في المياه السطحية من مصدر طبيعي (تفكك المواد الحية) ومصدر صناعي (صناعة الأسمدة) و مصدر زراعي (الأسمدة الفوسفاتية).

تكون شوارد الفوسفات في الماء بصيغ مختلفة تبعا لقيم pH الوسط، فالمياه الطبيعية (pH=5-8) تحوي شوارد الفوسفات أحادية وثنائية الهيدروجين (HPO_4^{2-}, $H_2PO_4^-$) تنحل فوسفات المعادن القلوية بشكل جيد في الماء، تختلف انحلالية المعادن الأخرى بنوعية الشاردة **[7]**.

9. الدليل الهيدروجيني pH:

يعتبر تحديد الأس الهيدروجيني قياسا ذا أهمية بالغة ويجب أن يكون هذا القياس في غاية الدقة، والمعروف أنه من السهولة القيام بتحديد قيمة الأس الهيدروجيني.

فالرقم الهيدروجيني هو مؤشر جيد للتلوث، فهو يقيس الحموضة بمعنى تركيز أيونات الهيدروجين (H^+) في الماء. القيمة المتوسطة 7 والأفضل هو بين 6.5 و 8.5 وحدة هيدروجينية، القيم التي تقل عن 5 وما فوق 8.5 يمكن أن تؤثر على نمو وبقاء الكائنات الحية الدقيقة المائية **[20،19]**.

10. التعكر:

هي مقياس لمرور الضوء خلال الماء ويستخدم كاختيار لقياس مدى جودة المياه. تتوقف درجة العكارة على كمية المواد العالقة (MES) ونوعها ولونها ودقة حبيباته. تعكر الماء يرجع إلى وجود مادة معلقة مقسمة بشكل غير متساوي: الطين، حبيبات السليكا والمواد العضوية. إن تقدير وفرة هذه الأمور يقيس درجة تواجدها. سيكون هذا أقل و أكثر فعالية في معالجة المياه **[18]**.

I.6. المعايير والتراكيز المسموح بها:

من أجل المحافظة على البيئة والصحة العامة قامت منظمة الصحة العالمية (OMS) بفرض معايير لتحديد قيم الحد الأقصى لمعايير الصرف (مرسوم تنفيذي رقم 93-160 مؤرخ في 25 شعبان عام 3314 الموافق 15 يوليو 2012 ينظم النفايات الصناعية السائلة)الموضحة في الجدول أدناه :

جدول (01): قيم الحد الأقصى لمعالم صرف نفايات الوحدات الصناعية (**الجريدةالرسمية، 2012**)

المقاييس	القيمة
درجة الحرارة	30C°
pH	6.5-8.5
المواد العالقة MES	30mg/l
الطلب الحيوي للأكسجين DBO_5	30mg/l
الطلب الكيميائي DCO	90mg/l
الآزوت N	50mg/l
الفوسفات pO_4^{3-}	2mg/l
الزنك	10mg/l
الكروم	1mg/l
المنظفات	1mg/l
الزيوت والدهون	20mg/l
الأكسجين المنحل O_{2diss}	2-5 mg/l
النتريت NO_2^-	30mg/l

I.7. طرق معالجة مياه الصرف الصحي:

هناك طرق عديدة معتمدة لمعالجة المياه المستعملة سنحاول أن نتطرق إلى أحسن الطرق في تصفية مياه الصرف:

I.7.1. محطات تصفية المياه المستعملة بطريقة الحمأة المنشطة:

تتضمن عمليات تصفية المياه المستعملة بطريقة الحمأة المنشطة ثلاثة مراحل متتابعة وهي على التوالي:

أ. المعالجة الأولية المعالجة الفيزيائية (Traitment Primaire):

و هي فصل الصلب عن السائل وكذلك فصل الأطوار غير المائية مثل الزيت عن الماء.

❖ **المرحلة الأولى (الغربلة):**

يتم فيها إزالة الجزيئات اللاعضوية كبيرة الحجم وكذلك الألياف الغير قابلة للانحلال بنسبة 20 إلى % 30 بالغربلة أو بالترسيب البسيط أو الغير بسيط بإضافة عوامل كيميائية مخثرة وهي معالجة ضرورية لحماية المنشآت الميكانيكية والمضخات المختلفة الموجودة في المراحل اللاحقة من المعالجة، كما تهدف هذه المرحلة أيضا إلى تجانس هذه المياه وخاصة عندما تصب في المحطة من حين إلى آخر كميات كبيرة من مياه الفضلات الصناعية و تتكون هذه المرحلة من عدة مراحل وهي:

1. نزع المواد الكبيرة الحجم:

يتم في هذه المرحلة فصل المواد الصلبة بوسائل ميكانيكية مناسبة حيث تمر المياه القذرة في مصافي معدنية ذات فتحات مناسبة من أجل فصل المواد الصلبة الكبيرة، تترسب المياه المعدنية في أحواض مناسبة وفي هذه المرحلة يتم فصل المواد الطافية والرغوية من فوق سطح المياه بوسائل معدنية.

2. نزع الرمل:

ينزع الحصى والرمل وباقي الجزيئات الداخلة في محتوي مياه الصرف وتستعمل بكثرة أحواض الترسيب المهواة من الأسفل بحركة هرمية مع تحريك دائري وبهذا ينزع الرمل ويفرغ.

3. الترسيب:

خلال هذه المرحلة تمر مياه الصرف إلى أحواض الترسيب التي تتلقى ترسيب أولي للجزيئات الثقيلة بالجاذبية وهذا الترسيب يسمح بنزع 50%من مجموع المحتوى الصلب لمياه الصرف و من 40%-60% من الجزيئات الثقيلة الصلبة.

4. أحواض التعديل:

والغاية منها تخفيف حدة التغيرات في كمية الجريان أو شدة مياه المجاري الواصلة لمحطة المعالجة وذلك للحصول على معدل شبه ثابت للجريان وتركيز شبه ثابت للملوثات الموجودة في مياه المجاري الداخلة للمعالجة.

❖ **المرحلة الثانية:**

يتم فيها فصل المواد الصلبة الدقيقة عن طريق الترسيب ومن أهم مكونات هذه المرحلة:

1. حوض إزالة الرمال:

وهو حوض ذو زمن مكوث قصير لإزالة الرمال الدقيقة والثقيلة الوزن سريعة الترسيب ذات القطر ما بين (1.1-1.2) وتصمم الأحواض هذه بحيث تكون سرعة الجريان 1.3 m/s.

2. الحوض الثاني:

حوض الترسيب الأولي لإزالة المواد الصلبة بطيئة التركيد إذ يبلغ زمن المكوث هنا أكثر من ساعتين القطرات الزيتية الأخف من الماء تطفو على السطح في نفس الوقت الذي تترسب فيه المواد الصلبة الأثقل من الماء إلى قاع الحوض و كلا الطبقتين السفلى التي تشكل المواد الصلبة والعلوية التي تشكل الزيت يجب إزالتها بآلية مناسبة تعمل بشكل مستمر أو متقطع **[21]**.

3. نزع الزيوت:

ويتم نزع الدهون والزيوت الطافية بواسطة كاشطات وهي الطريقة المستعملة بكل محطات التنقية على مستوى الوطن.

أ. المعالجة الثانوية (المعالجة البيولوجية):

هذه المرحلة من المعالجة عبارة عن تحويل احيائي للمواد العضوية إلى كتل حيوية تزال فيما بعد عن طريق الترسيب في حوض الترسيب الثانوي، وهناك عدة أنواع من المعالجة الثانوية و تتمثل في المعالجة البيولوجية التي تتكون من عدة انواع حيث يتم فيها القضاء على المادة العضوية القابلة للتحلل من طرف الكائنات الحية الدقيقة وهذا في وجود الهواء حيث تقوم هذه الأخيرة بامتصاص المواد العضوية الملوثة وتحلل بيولوجي هوائي يعتمد فيه على النشاط الهوائي للبكتيريا.

❖ **الأسرة البكتيرية أو أسرة الترشيح:**

يتكون السرير البكتيري من تجمع جزيئات كبيرة مثل: الأحجار ثم تليها جزيئات أقل حجما منها إلى غاية الوصول إلى جزيئات دقيقة في الطبقة الداخلية تمر مياه الصرف عبر هذه الطبقات من خلال حامل أنبوب كبير به ثقوب. وبعد عدة أسابيع يغطى سطح السرير

البكتيري بطبقة غشائية رقيقة لزجة تدعى Zooglée ذات طبيعة بيولوجية تحتوي على كائنات حية دقيقة مختلفة التي تأكسد المادة العضوية الملوثة نجد فيها: بكتيريا هوائية إجباريا أو لاهوائية اختياريا. كما نجد أحيانا في الطبقات السفلى للسرير (العمق) البكتريا اللاهوائية إجباريا. بصفة عامة مياه الصرف تمر أولا إلى أحواض الترسيب الأولي ويمرر الماء الصافي إلى السريرالبكتيري أين يتم هدم المادة العضوية بتدخل البكتريا لتعطي طبقة Zooglée والماء الناتج أي المصفى يمرر في حوض الترسيب الثانوي أين تختزل المادة العضوية بدرجة كبيرة.

1. الحماة المنشطة:

طريقة الأوحال المنشطة هي الطريقة المثلى والفعالة والأكثر استعمال في محطات المعالجة لكي تتم هذه العملية يجب توفر الشروط التالية. التهوية الجيدة والمستمرة، الكائنات الحية الدقيقة بعد مرور مياه الصرف بالمرحلة الأولية الفيزيوكميائية Dessablage Dégrillage ,Deshuilage تخضع للمرحلة الثانية" المعالجة البيولوجية " وهي تمثل المرحلة الفعالة في المعالجة خلال هذه المرحلة تمر المياه بعدة مراحل هي:

- **حوض ترسيب ابتدائي:** يتم فيه التخلص من المادة العالقة MES بنسبة % 70 خلال عدة ساعات بترسبها مشكلة أوحال ابتدائية نتيجة تعرض مياه الصرف الناتجة من الحوض.

- **أحواض التهوية:** نتيجة تعرض مياه الصرف الناتجة من الحوض الأول لتهوية شديدة يتم أكسدة المادة العضوية بواسطة الكائنات الدقيقة (بكتيريا هوائية).

- **حوض الترسيب الثانوي:**

تخضع المياه الناتجة عن حوض التهوية إلى الترسيب الثانوي عند التراكم يعاد جزء إلى حوض التهوية للتنشيط من جديد مع المياه الآتية من حوض الترسيب الأول فبدل أن تستغرق عدة أسابيع تستغرق عدة ساعات، أما الأوحال المتبقية تعرض للتخمر اللاهوائي " الهواضم اللاهوئية" من أجل قتل البكتريا المعالجة بالأوحال النشطة تضمن نقص في DBO_5 بنسبة01%، ومعالجة 1000L من مياه الصرف تعطي 500g من الوحل.

2. التخمراللاهوائي Digestion anaérobie:

يستعمل التخمر اللاهوائي لمعالجة الأوحال النشطة المتبقية من المرحلة السابقة حيث يتم التخمر في مخمرات كبيرة Digesteur بحيث تحول البكتريا المادة العضوية منتجة غازات N_2, H_2 وخاصة CO_2, CH_4 وهذه الأخيرة تستعمل كمصدر للطاقة. تغذى المخمرات بأوحال فتية " حديثة " وجزء من الأوحال الناضجة أي ناتجة من تخمر سابق في شروط مثالية من درجة الحرارة و pH، تتدخل في هذا التخمر بكتيريا لاهوائية خاصة ولاهوائية إجباريا، مكونة الميثان وتتمثل في Méthanobacterium, Methanosarcina, Methanococcus.

- تواجد ونمو Desuifovibrio راجع إلى وجود Sulfate وهي معيقة لعملية التخمر، لأنها تنتج غازات كريهة (H_2S) وفقيرة من حيث الطاقة.

-لإتمام عملية التخمر يجب توفر شروط مثلى كدرجة الحرارة التي تتراوح بين°C 60 - 50 وهي مفضلة عند البكتيريا المحبة للحرارة " Thermopiles "لتسرع عملية الهدم.

- تستغرق أسبوعين إلى ثلاثة وأحيانا أكثر.

- الأوحال الناتجة من عملية "التخمر اللاهوائي" تكون خالية من الأحياء الدقيقة الممرضة وناقصة من حيث الحجم والمادة العضوية "مختزلة". نظرا لانعدام الهواضم اللاهوئية ببلادنا وذلك لتكاليفها الباهظة فإن معظم محطات تنقية المياه القذرة بالجزائر تعتمد مباشرة على تجفيف الأوحال الناتجة عوضا عن تخميرها وذلك بأسرة التجفيف.

-الماء المعالج والخارج من محطات المعالجة يوجه إلى ميدان الري بعد تطهيره من أجل القضاء على كامل الأحياء الدقيقة والممرضة.

I. 2.7. المعالجة بالبحيرات Lagunage:

هي إحدى الطرق المستعملة في معالجة المياه المستعملة والتي تعتمد كمبدأ أساسي في العمل على التدفق والسيلان البطيء للماء. لإقامة هذا النوع من المحطات نحتاج لتضاريس ومساحات شاسعة تسمح بإقامتها لهذا يستخدم هذا النوع من محطات التصفية كثيرا في الصحراء لأن المحطة تتكون من أحواض كبيرة جدا وقد يصل عددها من7 إلى 8 أحواض أو أكثر حسب طاقة إستعاب كل محطة للمياه

المستعملة. تبدأ العملية بمرحلة أولى من المعالجة (معالجة فيزيائية) نفسها المتبعة في محطات التصفية بطريقة الحمأة المنشطة حيث تنزع الفضلات كبيرة الحجم الرمال والزيت من الماء ثم يمر الماء إلى الأحواض(برك) التي تكون مجهزة بآلات للتهوية، وهذا بغرض توفير الظروف المناسبة للكائنات الحية الدقيقة والطحالب اللذان يعملان على تفكيك وتحطيم الملوثات والمواد العضوية التي تحملها المياه المستعملة. كما يسمح كبر حجم البرك بترسيب المواد التي تبقى عالقة في المياه (الوحل) كذلك لتطول مدة بقاء الماء في البرك لتكون نتيجة المعالجة أكثر فعالية، يمر الماء من بركة إلى أخرى ببطء ونفس العملية التي تحدث في الأحواض الأولى تتم في الأحواض الموالية، ليصل الماء إلى آخر حوض صافي معالج. والهدف من آلات التهوية الموضوعة في البرك هو تنشيط الأكسدة الهوائية، والملفت للانتباه هو صغر حجم هذه الآلات وعدده مقارنة مع الموجودة في أحواض التهوية لمحطات تصفية الحمأة المنشطة **[22]**.

I.3.7. معالجة المياه المستعملة بواسطة النباتات **Traitement des eaux usées par les plantes**):

تعتبر طريقة معالجة مياه الصرف الصحي باستخدام النباتات تقنية بسيطة ورخيصة تخلص المياه من الملوثات البيولوجيا دون إضافة مواد كيميائية تلوث البيئة مما يجعلها تقنية ليست نظيفة فقط ولكن منتجة حيث أن الأرض المستعملة للتنقية يتم أيضا استغلالها في إنتاج نباتات ذات قيمة اقتصادية معقولة كما أنها تتميز بكونها بسيطة وغير معقدة بحيث لا تستهلك طاقة ولا يستخدم فيها آلات تحتاج لصيانة مكلفة كما هو متبع في التقنيات التقليدية.

أ. خطوات المعالجة:

1. المعالجة الأولية:

تمر المياه التي تم تجميعها عبر ثلاث حجرات حيث يتم ترسيب المواد العالقة والشوائب في القاع وتبقى المياه عدة أيام ثم تمر عبر مصفاة محاطة بشبكة من البلاستيك ومملوءة بالليف إلى أحواض المعالجة الثانوية.

2. المعالجة الثانوية:

يتم دخول المياه إلى الأحواض و التي تكون مزروعة بالنباتات وتحتوي مواد التعبئة حيث يتم في هذه المرحلة المعالجة البيولوجية من خلال التقليل من مستويات التلوث عن طريق آليات أيضية يقوم بها النبات تؤدي إلى إزالة أو حجز أو تحليل الملوثات المختلفة حيث تمكث المياه داخل هذه الأحواض لعدة أيام وهذا على حسب نوع الحوض المستخدم في المعالجة.

3. المعالجة النهائية:

خروج المياه المعالجة واستخدامها في سقي المساحات الخضراء أو طرحها في المسطحات المائية **[5]**. نظرا لارتباط هذا النوع من التنقية بموضوع المذكرة سوف نتعرض له بالتفصيل في الفصل الثاني.

الفـــصـــــل II:
معالجة مياه الصرف الصحي
باستعمال النباتات

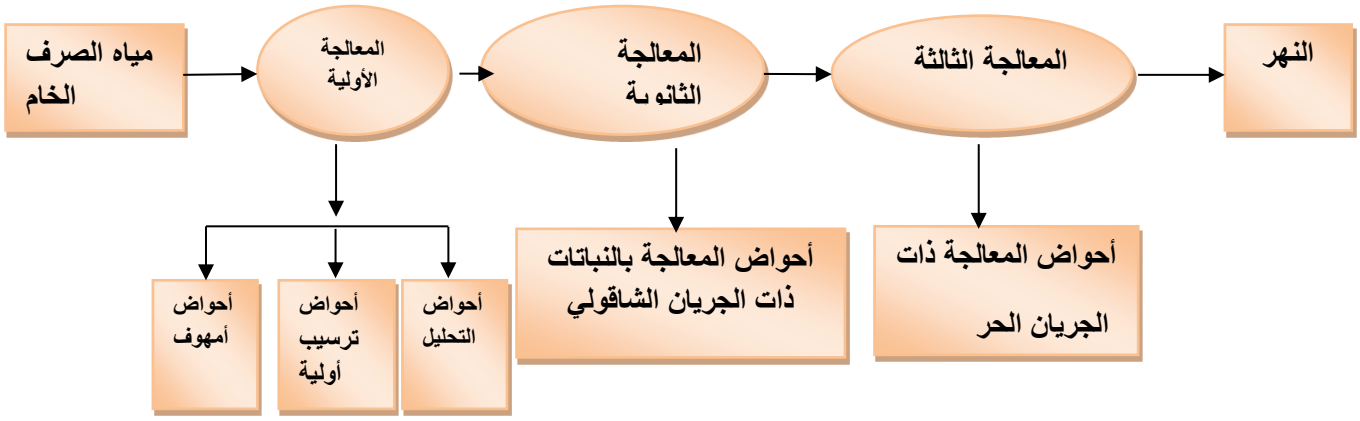
II.1. تمهيد:

المعالجة النباتية عبارة عن شكل من أشكال المعالجة الحيوية، تعني استخدام نباتات معينة لها القدرة على تقليل مستويات التلوث عن طريق آليات أيضية معينة وغيرها يقوم بها النبات وتؤدي إلى إزالة أو حجز أو تحليل الملوثات المختلفة **[16]**.

إن وجود النباتات ضمن أحواض الأراضي الرطبة تشكل مكانا ملائما لنمو الكائنات الدقيقة التي تقوم بتحطيم المواد العضوية الموجودة ضمن مياه المجاري.

II.2. تعريف المعالجة النباتية:

إن نظام حدائق معالجة المياه المستعملة (Wastewater Gardens Treatmen) (WWG) عبارة عن منطقة رطبة اصطناعية ويعتمد فيها على توفير نفس شروط المناطق الرطبة الطبيعية، وتدعى رئة الأرض. وذلك نظرا للقدرة الكبيرة لهذه المناطق الرطبة الاصطناعية على تنظيم ومعالجة المياه القذرة، وهذا بفضل النشاط والدور الكبير الذي تقوم به النباتات، والكائنات الحية الدقيقة وهذا مقارنة بالعديد من الأراضي الرطبة الطبيعية. يتكون نظام حدائق معالجة المياه المستعملة من طبقة سميكة من الحصى الهدف منه أن يكون كدعامة لجذور النباتات، حيث يكون وسط دائما مملوء ومشبع بالماء، وهذه النباتات لا تعتبر نباتات مائية لعدم وجود مياه على السطح. تبدأ مراحل المعالجة في نظام WWG من حوض التجميع لجمع المياه القذرة حيث تحدث فيه معالجة أولية، ثم يمر الماء إلى حوض النباتات يتكون النظام من جزء واحد أو أكثر حيث يعتمد العدد على حجم النظام المطلوب والمساحة المتاحة للبناء، كما يتم وضع وتثبيت مربع (عنصر التحكم) وتسمى هذه النقطة بعلبة المراقبة، ومن هذه العلبة يتم صرف المياه المعالجة وكذلك منها نأخذ العينات من أجل إجراء عليها مختلف التحاليل المخبرية للتحقق من نوعية المياه المعالجة وكفاءة النظام في معالجة المياه القذرة.



مخطط(01): مراحل معالجة مياه الصرف الصحي بالنباتات [22]

II.3. النباتات المائية المستخدمة ضمن محطات المعالجة بالنباتات:

توجد أنواع مختلفة من النباتات تستعمل في معالجة مياه الصرف والتي تم تصنيفها ضمن مجموعات وهذه الأنواع تتلخص فيما يلي:

II.3.1. النباتات المائية البارزة (Emergent Macrophijtes):

وهي التي تكون جميع أو بعض أعضائها الخضرية بارزة أو منبثقة خارج سطح الماء ومن الأمثلة عن هذه النباتات القصب (*Phragmites*) ونبات (*Tupha*).

II.3.2. النباتات المائية الغاطسة (Subergaed Macrophytes):

وهي النباتات التي تنمو كليا تحت سطح الماء أو تظهر أزهارها أحيانا خارج سطح الماء وتنتمي إلى مجموعة النباتات متغايرة الأطوار(Heterogeneous 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 **[24،23]**.

وعموما هذا الصنف من النباتات المائية يظم الأنواع التالية *Cacomba caroliniama (Fanwort),* *Caratophylumsp (Contails), Egeria densa (Brazilion)*.

II.3.3. النباتات المائية الطافية (Floating Leaved Macrophytes):

وهي التي تكون جميع أو بعض أعضائها الخضرية طافية وهي نوعين:

- **النباتات الطافية الحرة:**

هذا النوع من النباتات يعيش على السطح وله أنواع كثيرة حسب الظروف البيئية المناسبة وغالبا ما تكون النبتة على سطح الماء وجذورها تمتد ضمن الماء وهذه الجذور إما أن تكون قصيرة أو طويلة نوعا ما ومن أمثلة هذا النوع *Weeds, Water hymphaea, Lemmaceac, Eichhorina Crassipes*

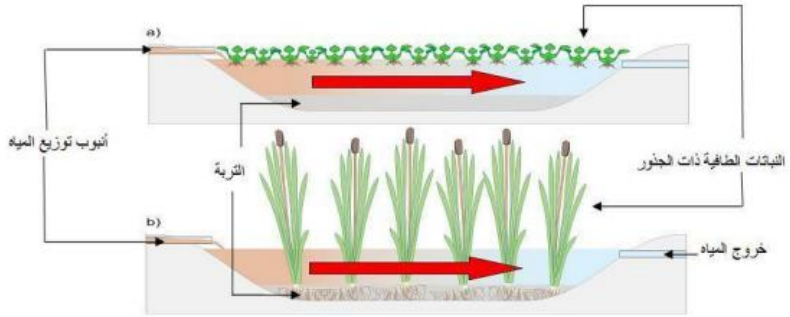
- **النباتات الطافية داخل الجذور الممتدة داخل التربة:**

هذه النباتات الطافية قادرة على بلوغ القاع عبر سيقانها الطويلة حيث تنمو جذورها ضمن قاع الحوض **[24،25]**. ومن الأمثلة عليها: *Nuphara or Numphaea, Brassenis, Potamogéton natans.*

II.4. أحواض النباتات المستعملة في تنقية مياه الصرف الصحي (المياه المستعملة):

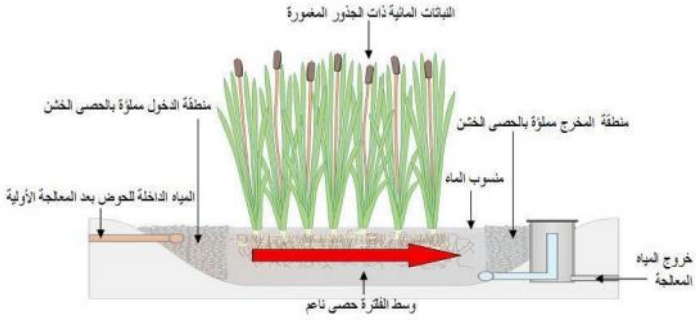
هناك أربعة أنظمة تستعمل في معالجة المياه المستعملة **[22]**:

II.4.1. الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر:



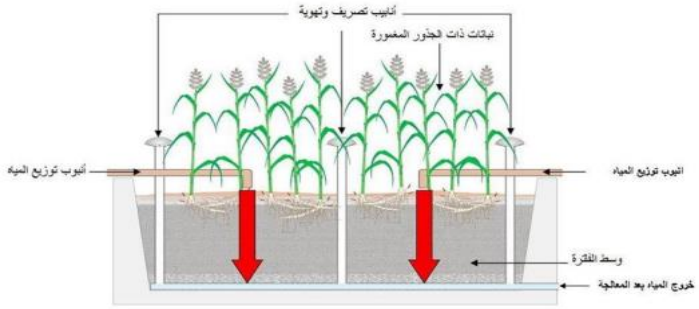
الشكل(01): حوض معالجة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر

II.2.4. الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان تحت السطحي الأفقي



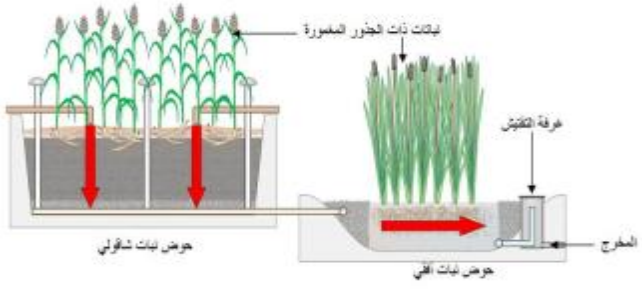
الشكل (02): حوض معالجة بالنباتات بجريان تحت السطحي الأفقي

II.3.4. الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان الشاقولي



الشكل(03): حوض معالجة بالنباتات ذات الجريان الشاقولي

II.4.4. الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان المتنوع (المهجن) "أفقي+شاقولي"



الشكل(04): حوض معالجة بالنباتات بالجريان المتنوع (المهجن)

- في هذه الدراسة ارتأينا تطبيق الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان الشاقولي

أحواض النباتات ذات الجريان الشاقولي: كما يوضحه الشكل (03)

هي عبارة عن أحواض مملوءة بالحصى بشكل متجانس و تحتوي على طبقة علوية من الرمل تغرس فيها النباتات المائية **[26،27]**، 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 النباتات، حيث تمتص الأكسجين من الهواء إلى أسفل 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 فان الأكسجين اللازم لعملية النترجة يكون متوفر بشكل كامل ضمن هذه الأحواض ومع ذلك فان جزءا بسيطا من النترات يتم تحويله إلى غاز النتروجين بواسطة البكتيريا اللاهوائية **[28،29]**.

الميزة الجيدة لأحواض الجريان الشاقولي هو انه لديه تهوية أفضل وبهذا تكون عملية أكسدة النتريت أفضل ونقص البكتيريا اللاهوائية تؤدي إلى نقص الرائحة، هذا النظام يحتاج إلى رائحة منتظمة من أجل تحطيم المواد العضوية المثبتة في وسط الفلترة.

تستعمل الفلترة باستعمال الأحواض ذات الجريان الشاقولي في حالة مياه كثيرة التلوث، زمن مكوث المياه في الأحواض الشاقولية هو عدة ساعات وان أول من استعمل الفلترة الشاقولية هو العالم الألماني سنة 1970 حيث سميت هذه الفلترة بترشيح فلدس (Fields) **[22]**.

II.5. دور مختلف مكونات النظام:

II .1.5. دور مواد التعبئة:

مواد التعبة لها دور أساسي في إزالة المواد العالقة في المياه المستعملة ولهذا سميت بالمصفاة، هذه الخاصية تعتمد في أغلب الأحيان على الخصائص الهيدروديناميكية منها الناقلية الهيدروليكية في الوسط المشبع أو الغير مشبع.

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 أمر بالغ الأهمية لنجاح عمل حوض المعالجة بالنباتات. التوازن البيولوجي ناتج عن مواد التعبئة و مرتبط بسرعة تدفق المياه و مدة مكوث المياه في الحوض.

في الأحواض السطحية عملية وضع مواد التعبئة فيزيائية بحت و سهلة و لكن من الناحية البيولوجية معقدة. حيث استنتج (RONNER. 1994 et MITCHELL. 1964) **[30]**، انه يمكن أن يحدث تداخلات الإفرازات البكتيرية حسب الميتابوليزم البكتيري و نوعية البكتريا الهوائية و اللاهوائية حسب شروط الوسط.

مكونات مواد التعبئة لها القدرة على امتصاص الفسفور و المعادن الثقيلة و هذا مرتبط بكمية الحديد و الألمونيوم و الكالسيوم الموجود فيها و زمن مكوث المياه داخل الحوض، هذه القدرة تتغير حسب مسامات مواد التعبئة **[22]**.

II.2.5. دور النبات

النباتات تمتص الفسفور والأزوت للاستعمال الذاتي أو التخزين بكمية قليلة بالنسبة للتصفية الكاملة ولكن يمكن أن يكون أكثر أهمية في حالة التدفق البطيء للمياه، وحالة موت النبات، يتم تحرير كل هذه المواد للوسط، لهذا يجب مراقبة مستمرة لوسط الفلترة.

نفترض أن النباتات تنتج عن طريق الجذور وشبه الجذور بعض المضادات الحيوية لمواد مثبطة (مواد سامة "exudats ") التي تقضي على بعض الأجسام المجهرية الضارة.

نزع الأزوت مرتبط بكمية الكتلة الحيوية المتشكلة، بنفس الكمية من الكتلة الحيوية المتشكلة لا نجد فرق في كمية الأزوت الممتص من طرف النبات، الفرق الوحيد يكمن في إنتاج الكتلة الحيوية حيث أنه كلما كانت نسبة تشكل الكتلة الحيوية أكثر كلما كانت عملية امتصاص الأزوت أكثر. نوعية النباتات المستخدمة لا تدخل في عملية التنقية لأن العملية بذاتها هي فيزيوكيميائية وبكترية.

أهمية النباتات تكمن في أن لها قدرة العيش في أحواض التنقية في الهواء الطلق التي تستعمل في المناطق ذات الكثافة السكانية الصغيرة (القرى المعزولة)، ذات التربة الرطبة أو شبه رطبة، التي تساعد على نموها ولها دور في امتصاص الروائح الكريهة في الأحواض الشاقولية **[31]**.

والجدول التالي يلخص دور النباتات ضمن محطات المعالجة بالنباتات

الجدول (02): دور النباتات ضمن محطات الأراضي الرطبة (محطات المعالجة بالنباتات).

أجزاء النبات	الأهمية 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 عندما يكون الطقس باردا. - تخفيض سرعة التيار المائي وهذا ما يساعد على تأمين ظروف أفضل لعملية ترسيب المواد الصلبة العالقة. - الجزء العلوي من النبات يساعد على تخفيف سرعة الرياح قرب سطح التربة أو الماء حيث تحسن من إزالة المواد الصلبة العالقة خاصة في الأحواض الجريان الحر.
أنسجة النبات المغمور بالماء	- تمنع الانسدادات في الأحواض ذات الجريان الشاقولي حيث تتم تغذية الحوض من السطح العلوي. - سرعة الرياح تؤدي بالنباتات إلى مساعدة المياه بالدخول إلى ضمن الحوض عبر الفراغات التي يصنعها ساق النبات نتيجة الاهتزازات المتكررة. - تؤمن مساحة سطحية لنمو الطبقة البيولوجية. - تطرح الأكسجين المنحل للوسط المائي مما يزيد التحلل الهوائي للملوثات. - تستهلك المغذيات.
الجذور وأشباه الجذور (الجذمور) ضمن وسط الفلترة أو التربة	- تؤمن نباتية سطح الفلترة (التربة). - تمنح الوسط من الانسداد في الأحواض ذات الجريان الشاقولي. - تحرير الأكسجين مما يساعد على النترجة. - تستهلك المغذيات. - تحرر مضاد حيوي.

II.3.5. دور الكائنات الدقيقة:

يتمثل دور الكائنات الدقيقة في تحليل وهدم الملوثات العضوية، وحدوث عملية تحول للمركبات النيتروجينية، تعمل البكتيريا على عمليات الأكسدة الإرجاعية، هذه العملية تنتج الطاقة اللازمة للتخليق العضوي، حيث تحول المركبات الآزوتية الفسفورية إلى المواد المعدنية الممتصة

من طرف النبات، حتى تستطيع البكتيريا من أداء دورها على أكمل وجه يلزمها حوامل تثبت عليها (جذور النباتات ومواد التعبئة)، حتى لا تجرها المياه.

تحطيم المواد العضوية من طرف الأجسام المجهرية تنتج من كمية الكتلة الحيوية التي بدورها يجب أ ن تتحطم حتى تتفادى حدوث الانسدادات **[22]**.

II.6. آليات إزالة الملوثات وفعالية أحواض المعالجة بالنباتات

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

الجدول (03): أهم آليات الإزالة الرئيسة للملوثات ضمن أحواض النباتات **[22]**.

الملوثات	آلية الإزالة الرئيسية
المواد العضوية	- التحليل البيولوجي (هدم ميكروبي هوائي ولا هوائي)
المواد الصلبة العالقة	- الترسيب الفيزيائي، الفلترة الفيزيائية. - التحلل البيولوجي
النتروجين	- النترجة وإزالة النترجة البيولوجية. - عمليات الامتصاص الفيزيائية والكيميائية ضمن وسط الفلترة ومن طرف النبات
الفسفور	- 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 المكروبات
العوامل الممرضة	- الافتراس البيولوجي والموت الطبيعي وعمليات الترسيب الفلترة الفيزيائية - إفراز مضادات حيوية من طرف جذمور النبات

II.1.6. إزالة المواد العالقة:

في الأحواض الأفقية يتم حجز المواد العالقة عن طريق التصفية، أكبر كمية احتجاز تكون في الأمطار الأولى للمصفاة، قد تؤدي لانسداد هذا الأخير و لتفادي ذلك يستعمل ترسيب أولي لإزالة اغلب المواد العالقة، قبل دخول المياه إلى الحوض. أما بالنسبة للأحواض الشاقولية المواد العالقة 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 **[32،33،34،35]** بعض الأبحاث قارنت مستوى إزالة الملوثات ضمن الأحواض المزروعة بالنباتات و الأحواض غير المزروعة، و قد أظهرت النتائج عدم وجود اختلافات مهمة (66٪ في الأحواض المزروعة و 42٪ في الأحواض غير المزروعة**[32]**، لاكن يلغي الدور المهم الذي تلعبه النباتات في تحسين أداء الأحواض في معالجة المياه الملوثة.

II.2.6. إزالة المواد العضوية:

المادة العضوية تتحطم عن طريق البكتريا الهوائية و اللاهوائية **[36،37]**.

التحطيم الهوائي: يحول المواد العضوية إلى كتلة حيوية بكترية ومواد معدنية بسيطة.

$$\text{مواد عضوية} + \text{بكتيريا} + O_2 \longrightarrow \text{خلايا جديدة} + CO_2 + H_2O$$

الخلايا الجديدة هي بذاتها تتعرض إلى عملية الهدم

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

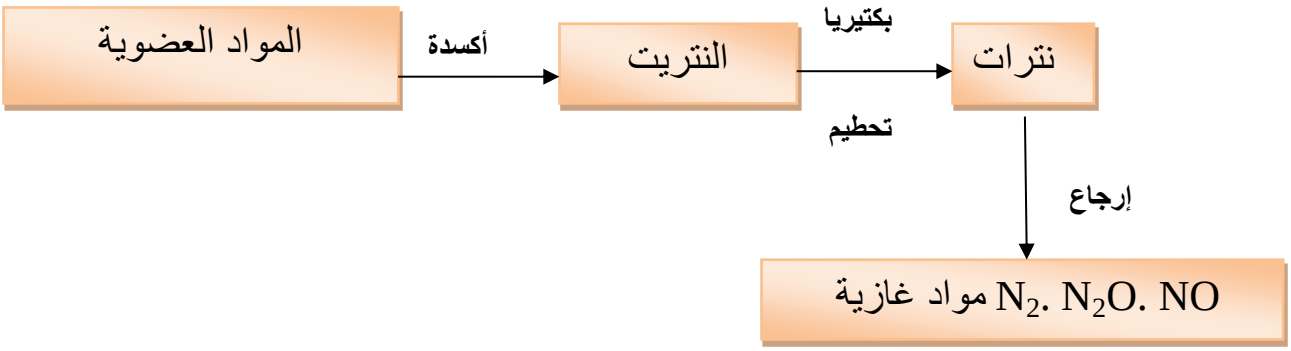
II.3.6. آليات إزالة الأزوت (النتروجين):

عملية تحويل الأزوت العضوي إلى شوارد الأمونيوم تتم في الأماكن الهوائية و اللاهوائية

$$N_{org} \longrightarrow NH_4^+$$

أهم طرق إزالة الأزوت (denitrification) العضوي هي النترجة (nitrificatio) واستعمال الأزوت من طرف النبات**[40،39،38]**، في الأماكن الهوائية، الأزوت يتعرض إلى عملية الأكسدة ويتحول إلى نتريت ثم نترات بواسطة البكتيريا Nitrifiantes(Nitobacter) تسمى هذه العملية nitrification (النترجة) كمية قليلة من الأكسجين تعمل على تبطيئ عملية الأكسدة، الأحواض الأفقية لا تعمل بشكل جيد في هذه العملية بينما الأحواض الشاقولية من اكبر منتجي النترات. عملية تحطيم النترات الى مواد غازية عن طريق عملية إرجاع النترات في الأماكن اللاهوائية تتم في غياب الأكسجين مع تواجد النترات، هذه العملية عالية في الأحواض الأفقية وضعيفة في الأحواض الشاقولية.

بوجود المواد العضوية تعيش وتنمو البكتيريا المحطمة للنترات.



المخطط (02): تحطيم المواد العضوية

هذه العملية تكون ناجحة عندما يكون جريان المياه المشبعة بالنترات **[37]**.

تبخر الأمونياك متعلق بpH الصفة السائدة NH_3 , NH_4^+ متعلقة بقيمة ثابت الحموضة pka للثنائية (NH_4^+/NH_3) حيث9.3 = (NH_4^+/NH_3) pka كلما كان pH>pka فان الصفة السائدة NH_3 وكلما كان pH<pka الصفة السائدة NH_4^+ المتواجد في الماء. في الأحواض المزروعة بالنباتات يكون إلى pH قريب من 7 فان عملية تبخر NH_3 مهملة ولهذا NH_4^+ هو السائد في محطات المعالجة بالنباتات كمية شوارد NH_4^+ تمتص من طرف مواد التعبئة (الوسط الحصوي أو الرملي) الحاوية على الطبقات البيولوجية الرقيقة (biofilms) حيث يتحول الى الأمونياك (NH_3) والذي يتحول إلى أمونيوم عند انحلاله في الماء ويتم استهلاكه عبر جذور النبات.

خلال مرحلة توقف نمو النبات أو موتها فان معدل إزالة النتريت لن يكون فعالا ويكون تركيز الأكسجين المنحل شبه معدوم ضمن هذه الأحواض ولكن سيتواجد قرب سطح الفلتر الحصوي و الرملي وقرب منطقة الجذور و بالتالي يكون تدفق المياه المجاري منقطعا على شكل جرعات حتى تتم عملية النترجة وهذا ما نجده بأحواض النباتات ذات الجريان الشاقولي.

II.4.6. إزالة الفوسفور:

يوجد الفوسفور في مياه الصرف الصحي على ثلاثة أشكال متعدد الفوسفات والفوسفور العضوي و أورتو فوسفات ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}, PO_4^{3-}). عن طريق الكائنات المجهرية في المناطق الرطبة الطبيعية أورتو فوسفات 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 تكون الكائنات الدقيقة والنباتات، يعود الفوسفور ليتحرر ضمن الوسط المائي.

إزالة الفسفور من مياه المجاري ضمن أحواض النباتات ذات الجريان الشاقولي ترتبط باستهلاك النباتات للفسفور ومن ثم حصاد وقطع النباتات لتنمو من جديد، كما أن بعض الفلزات المعدنية الموجودة ضمن وسط الحوض تزيل الفسفور عبر الامتزاز أو الترسيب أو التبادل الشاردي، وهذا يعتمد على طبيعة مادة الفلتر ضمن الحوض. إزالة الفوسفور من المياه الملوثة نحصل منها ما بين (30-150kg/ha.ans) **[37]**.

النسبة بين كمية الفوسفور والأزوت في مياه الصرف عالية جدا بالمقارنة مع النسبة الموجودة في الكتلة الحيوانية النباتية، والكمية التي تستطيع إرجاعها مهملة اقل من 10%.

II.5.6. إزالة وفصل المعادن:

توجد المعادن في المياه المستعملة على شكلين شكل مذاب وشكل جزيئ، الشكل الجزئي ينزع عن طريق التصفية، أما الشكل المذاب هناك طريقتين للنزع:

الطريقة الأولى: ترسب على شكل أكاسيد وكبريت المعدن بواسطة البكتريا المرجعية للكبريت في الأماكن اللاهوائية ثم تثبت على المصفاة.

الطريقة الثانية: الفواصل بين الجذور والرواسب هناك نسبة عالية من تفاعل الأكسدة الإرجاعية، التي تعطي 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 **[22]**.

II.6.6. إزالة الكائنات المجهرية من أصل الإنسان:

تنزع الكائنات المجهرية عن طريق التصفية أو تموت طبيعيا أو بواسطة الأحماض البيولوجية التي تنتج من طرف جذور أو تحطم مع المواد العضوية **[41]**، لوحظ في الأحواض الصغيرة $1m^2$ أحسن تنقية في الأحواض المزروعة مقارنة بالأحواض غير المزروعة، زمن مكوث الماء في النظام شرط أساسي لتحسمين التنقية في الأحواض الصغيرة **[42]**.

مردود تنقية بكتريا Coliformes الناتجة من فضلات الانسان يتراوح بين (58-99) % عندما يكون زمن مكوث الماء في الأحواض بين1.5-6 أيام.

البكتريا الناتجة عن فضلات الإنسان توضع في أماكن تختلف عن أماكن نموها، ولهذا المكوث عدة أيام في شروط غير ملائمة للعيش يقلل من نموها، وهذا مما 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 حرارة عالية. شروط الوسط غير ملائمة لتكاثر هذه الكائنات هذا الميتابولزم يؤدي إلى انحلا ل سريع لهذه الكائنات الدقيقة.
- فعالية الميتابوليزم العام 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 **[43]**، لوحظ نقص البكتيريا بنسبة 99%، تركيز المياه الخارجة بين 10^3-) E.coli/100ml 10^5). الانخفاضات في فصل الشتاء تكون أعلى من الانخفاضات في فصل الصيف مردود التنقية متعلق بنوعية الفلتر المستعمل في الفلتر الأفقي انخفاض بكتيريا من أصل انساني (Coliforme) في فصل الصيف أعلى من 99%، أما الفلتر الشاقولي المردود يكون ضعيف في إزالة هذه البكتيري، وذلك راجع لمدة مكوث المياه في الفلتر. إذا كان الهدف من إزالة البكتيريا يستعمل فلتر أفقي أو إضافة فلتر أفقي لحوض شاقولي (نظام مهجن) **[22]**.

II.7. النبات المستعمل في المعالجة:

نبات canna indica و هو نوع نباتي ينتمي إلى جنس القانا canna من فصيلة القنيات Cannaceae **[44]**، أخذ هذا النبات من الحوض النموذجي لمعالجة المياه المستعملة بالنباتات (WWG) بتماسين التي تقع قرب القصر العتيق بتماسين – تقرت. أنجزت هذه المحطة سنة 2007 مع العلم أنها كانت أنداك المحطة الوحيدة على المستوى الوطني والهدف منها معالجة المياه المستعملة الحضرية، استغلال مياه الصرف و إعادة استعمالها في السقي**[22]**.

II.7.1. التصنيف العلمي لنبات: Canna indica

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

الشكل(05) نبات *Canna indica*

II.2.7. وصف نبات القانا:

نبتة معمرة دائمة الخضرة سريعة النمو ويتميز هذا النوع بالأوراق الكبيرة والجذابة يمكن زراعتها في مجموعات أو عند الأطراف مع نباتات أخرى، تعطي تأثيرا شبيها بالنباتات الاستوائية حيث تم تطوير معظم الأصناف في مناخ معتدلة وتسهل زراعتها في معظم دول العالم طالما أنها يوجد بها وقت متوسط لساعات ضوء الشمس ما بين 6 إلى 8 ساعات أثناء الصيف، تتميز بأزهارها الحمراء أو الصفراء أو البرتقالية وقد حولها المتخصصون في البساتين إلى نبات حدائق لها زهور كبيرة ويتسم بالبريق.

II.3.7. استعمالات نبات القانا:

يمكن استخدام القنا لمعالجة المياه المستعملة الصناعية من خلال الأراضي الرطبة المصطنعة وهو فعال لإزالة الحمولة العضوية، واللون والمركبات العضوية المكلورة من مياه الصرف الصحي الآتية (Charge) من مصانع الورق مثال **[44]**.

الجـــــزء العمـــــلي

الفـصـل III:

طرق وأدوات

III.1. تقديم منطقة الدراسة (تقرت) [45]

- **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: [45،46]

تقع مدينة تقرت في المنطقة الشرقية للجزائر يحدها:

- من الجنوب مدينة ورقلة (مقر الولاية) على الطريق الوطني رقم 32 بـ 160km.

- من الشرق مدينة الوادي على الطريق الوطني رقم 16 بـ 95km.

- من الشمال مدينة بسكرة على الطريق الوطني رقم 03 بـ 220km.

- من الجنوب الغربي مدينة غرداية على طريق القرارة و بريان بـ 350km و مدينة الجلفة على طريق مسعد بـ 380km، و تبعد عن الجزائر العاصمة ب 650km.

الشكل(06): الموقع الجغرافي لمدينة تقرت

III.2. دراسة مناخية:

تمتاز منطقة تقرت بمناخها الجد حار، من أجل وصف أفضل لمناخ المنطقة استخدمنا البيانات التي تم جمعها من محاكاة بيانات المناخ والطقس التاريخية لمنطقة تقرت لعام 2021م.

الحرارة: يمتاز مناخ مدينة تقرت بارتفاع درجات الحرارة خلال فصل الصيف، حيث تصل درجة الحرارة فيها 45C°، بينما يتميز شتاؤها بالبرودة الشديدة، يبلغ متوسط درجة الحرارة لمدة الدراسة (خمسة أشهر) 17.7C° كما يتكون الصقيع في بعض أيام الشتاء.

الأمطار: منطقة تقرت معروفة بندرة هطول الأمطار، وفقا لبيانات الأرصاد الجوية يتميز هطول الأمطار بجفاف مطلق تقريبا في الصيف حيث بلغ متوسط هطول الأمطار في هذه الفترة 5.4mm.

الرطوبة: تتميز المنطقة برطوبة منخفضة نسبية

الرياح: عادة ما تهب الرياح في تقرت لأنها منطقة سبخية، حيث يبلغ متوسط سرعة الرياح في مدة الدراسة 13.2km/h، وتهب عليها رياح السموم الجافة تدعى السروكو المعروفة (بالشهيلي).

III.3. تقديم محطة التصفية بتقرت

تقع على: - خط عرض' 16 ° 33 شمالا.

- خط طول ' 04 °6 شرقا.

في الشمال الشرقي لولاية ورقلة، تقع محطة تصفية المياه المستعملة بتقرت بني أسود التابعة لبلدية تبسبست دائرة تقرت على الطريق الوطني رقم 16 بين مدينة تقرت و مدينة الوادي، تتربع هذه المحطة على مساحة 5 هكتارات، بدأت تعمل في 1993/11/20م، توقفت عن العمل سنة 1995و أعيد تأهيلها في سنة 2003، وبدأت العمل من جديد في2004/02/24 تحت إشراف الديوان الوطني للتطهير ONA، وحاليا مخصصة لتنقية جزء من المياه المستعملة لمدينة تقرت الكبرى. الدراسة أجريت من طرف المكتب الوطني للدراسات الهيدروليكية مع الشركة البلجيكية لتنقية المياه في سنة 1982 رقم العملية 5.392.1666.00.02 تحت اسم وحدة التطهير بتقرت هذه الوحدة أنجزت في إطار برنامج تطوير بلدي.

الشكل(07): صورة بالقمر الصناعي تحدد موضع منطقة الدراسة

III .4. البروتوكول التجريبيprotocol expérimental

III.4.1. العتاد التجريبي المستعمل:

يتكون النموذج التجريبي من حوض التغذية سعته 80l مملوء بمياه الصرف الصحي يغذي الأحواض بطريقة التدفق الشاقولي. حيث يتكون هذا العتاد من حوضين مملوءين بالحصى من الأسفل إلى الأعلى بعمق 20cm بطبقات أحادية مابين (4-2.5mm) الحوض الأول مزروع بنبات *canna indica* بسيقان حديثة العمر بكثافة (36 tiges/m^2) أخذ هذا المعيار من دراسات سابقة والحوض الثاني غير مزروع (شاهد). تغذى الأحواض بمياه الصرف بوتيرة منتظمة مرة واحدة في اليوم كل أسبوع بعد مكوث الماء 5 أيام في الأحواض نأخذ المياه المعالجة في إناء موضوع أسفل الحوض.

الشكل (08): العتاد التجريبي المستعمل

III.2.4. الخصائص الفيزيوكيميائية لمواد التعبئة المستعملة:

يتميز بالأس الهيدروجيني pH=7.14 وسط متعادل و الناقلية الكهربائية CE=3.88mS/cm

مردود التنقية:

قمنا بتحديد كفاءة التنقية للوسائط المقاسة بالمعادلة التالية:

$$R\% = \frac{C_E - C_S}{C_E} \times 100$$

R : مردود التنقية

C_E : تركيز الوسائط المتواجدة في المياه المستعملة الداخلة للحوض (mg/l)

Cs : تركيز الوسائط المتواجدة في المياه المستعملة الخارج من الحوض (mg/l)

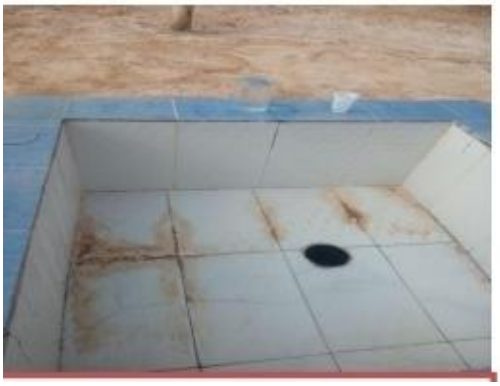
III.5. تحديد الوسائط الفيزيوكيميائية المقاسة:

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 كامل في الصباح من الساعة (8 إلى 11 صباحا) تؤخذ العينات في عبوات زجاجية من البولي إيثلين المعقم أو البورسليكات نظيفة معنونة بالمكان والتاريخ والوقت.

يتم أخذ المياه الداخلة إلى المحطة من علبة التحكم الشكل(09) و المياه المعالجة عند مخرج من الحوض مصمم خصيصا الشكل(10)

الشكل (09): علبة التحكم وأخذ عينات المياه الداخلة



الشكل(10): حوض مخصص لأخذ عينات المياه المعالجة

III.1.5. تحديد المواد العالقة MES:

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

- **الطريقة الأول:** طريقة الترشيح تستعمل عندما تكون المياه قليلة المواد العالقة.
- **الطريقة الثانية:** طريقة الطرد المركزي (Centrifigation) تستعمل عندما تكون المياه ذات كثافة عالية بالمواد العالقة.
- **الأدوات والأجهزة المستعملة:**

-الحاضنة ($105^{\circ}C$) Etuve

- جهاز نزع الرطوبة Dessiccateur
- ميزان الكتروني
- جهاز الطرد المركزي ذو معدل سرعته (2800-3200) دورة في الدقيقة
- جهاز الترشيح تحت الضغط (Rampe de fihration)
- حوجلة عيارية
- بوتقات Capsuls
- اوراق ترشيح GF/C

- **طريقة الترشيح**:

- نبلل ورقة الترشيح بالماء المقطر ثم نضعها داخل الحاضنة على درجة حرارة 105°C بضعة دقائق.

- نخرج ورقة الترشيح و نتركها تبرد بعيدا عن الرطوبة داخل جهاز نزع الرطوبة Dessiccateur.

- نزن ورقة الترشيح وهي فارغة و نسجل M_0.

- نأخد حوجلة ذات سعة 100ml نغسلها جيدا بالماء العادي ثم بالماء المقطر.

- نأخذ 100ml من العينة ثم نسكبها على ورقة الترشيح في جهاز الترشيح.

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

- نخرج ورقة الترشيح من الحاضنة و نتركها تبرد بعيدا عن الرطوبة داخل dessiccateur لمدة 15دقيقة. نزن ورقة الترشيح و نسجل وزنها M_1.

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

$$c\ (MES) = (M_1 - M_0)\ /V$$

C(MES) : تركيز المواد العالقة (mg/l)

M_0 : ورق الترشيح وهو فارغ (mg)

M_1: وزن ورق الترشيح بعد الاستعمال (mg)

V: حجم الماء المستعمل من العينة (l)

- **طريقة الطرد المركزي**: (**Centrifugation**)

- نأخد 100ml من العينة ونضعها داخل إناء potse ذو سعة 100ml.

- نخضعهما لطرد مركزي لمدة 20 دقيقة حتى نحصل على الراسب.

ننزع الماء العالق ثم نغسل الراسب بالماء المقطر ثم نخضعه للمرة الثانية للطرد المركزي لمدة 20 دقيقة.

- نزن بوتقة نضيفة (Capsule) ونسجل وزنها M_0.
- نسكب الراسب داخل Capsule نضعها داخل الحاضنة (Etuve) على درجة حرارة 105C° حتى نحصل على وزن مستقر.
- نخرج البوتقة (Capsule) من الحاضنة ونتركها تبرد بعيدا عن الرطوبة داخل Dessiccateur
- نزن البوتقة (Capsule) مع الراسب الجاف ونسجل وزنها M_1.

حساب النتيجة : تركيزMES يحسب من العلاقة التالية ويعطى بوحدة (mg/l):

$$\boldsymbol{MES}=(\boldsymbol{M1}-\boldsymbol{M0})\times\mathbf{1000}/V$$

M_0: وزن البوتقة (Capsule) قبل الإستعمال (mg)

M_1: وزن البوتقة مع الراسب بعد الاستعمال (mg)

V: حجم الماء المستعمل مع العينة (l)

III .2.5. تحديد كمية النتريت $N-NO_2^-$:

تم تحديد كمية النتريت بواسطة جهاز (Spectrophotomètre DR3900) بطريقة Diazotation.

❖ **الأدوات والأجهزة المستعملة:**

- جهازSpectrophotometer DR3900
- أنبوب كالورو متريك Cuvette colorimétrique بسعة 10ml.20ml.25ml
- كأس بيشر بسعة 50ml
- **المتفاعلات:**

كاشف (Nitri ver 3) بشكل كيس تجاري محضر مسبقا.

- ماء مقطر

❖ **طريقة العمل**

- نأخذ 10ml من العينة نضعها داخل جهاز Spectrophotometre DR3900.

- نسكب محتوى الكاشف داخل الأنبوب.

- نغلق الأنبوب بإحكام و نرج جيدا و نتركه لمدة 15 دقيقة لتتفاعل.

- نأخذ 10ml من الماء المقطر (الشاهد) و نضعها داخل أنبوب كالورمتري ثاني ثم نسكب محتوى الكاشف و نرج جيدا ثم نضعه داخل جهاز Spectrophotometre DR3900.

- نضبط الجهاز على الصفر.

- بعد 15 دقيقة من التفاعل نضع أنبوب الذي يحتوي على العينة داخل جهاز القياس ثم نقرأ النتيجة مباشرة من الجهاز.

III.3.5. تحديد كمية النترات $N-NO_3^-$:

تم تحديد كمية النترات NO_3^- بواسطة جهاز (SpectrophotometerDR3900)

و الطريقة المتبعة Réduction au Cadmium

❖ **الأدوات والأجهزة المستعملة:**

- جهاز Spectrophotometre DR3900

- كأس بيشر بسعة 50ml

- أنبوب كالورومتريك Cuvette Colorimétrique بسعة 5ml. 10ml. 20ml

❖ **المتفاعلات:**

كاشف (Nitri Ver 5) بشكل كيس تجاري محضر مسبقا.

❖ **طريقة العمل:**

- نسكب 10ml من العينة داخل أنبوب كالورمتري.

- نسكب محتوى الكيس Nitri 5 Ver داخل الأنبوب.

- نغلق الأنبوب بإحكام و نرج جيدا مدة دقيقة واحدة.

- نترك الأنبوب مدة 5 دقائق ليتفاعل.

- نأخذ 10ml من الماء المقطر(الشاهد) ونضعها داخل أنبوب كالورمتري آخر ثم نضيف له محتوى كيس Nitri Ver 5 .

- ثم نضعه داخل جهاز Spectrophotometre DR3900 من أجل ضبط الجهاز على الصفر.

III.4.5. تحديد كمية أرتوفوسفات pO_4^{3-}:

تم تحديد كمية أرتو فسفات بواسطة جهاز Spectrophotometre DR3900

حسب طريقة (Phos Ver3 حمض الأسكورييك)

❖ **الأدوات والأجهزة المستعملة:**

- جهازSpectrophotometre DR3900

- كأس بيشر

- أنبوب كالورومتري Cuvette Colorimétrique بسعة 10ml. 20ml. 25ml

❖ **المتفاعلات:**

كاشف:phos vere3 بشكل كيس تجاري محضر مسبقا.

❖ **طريقة العمل:**

- نأخذ 10ml من العينة و نضعها داخل أنبوب كا لورومتري.
- نضيف للأنبوبة محتوى الكيس PhoS Ver3.
- نغلق الأنبوب جيدا ثم نرجه نتركه لمدة دقيقتين ليتفاعل.
- أثناء مدة التفاعل نحضر أنبوب ثاني و نضيف لها 10ml من الماء المقطر (الشاهد) و نضيف لها المتفاعل Phos Ver3.

- نصع أنبوب الشاهد على الجهاز ونضبط الجهاز على الصفر.
- نأخذ الأنبوب الذي يحتوي على العينة ونضعه داخل Spectrophotometre DR3900.
- ثم نقرأ النتيجة على الجهاز Spectrophotometre DR3900 مباشرة بـmg/l.

III.5.5. تحديد كمية الأومنيوم NH_4^+:

تم تحديد كمية الأمونيوم باستعمال جهاز DR-2800.

الأدوات والأجهزة المستعملة:

- ماصة 2ml.
- جهاز قياس الطيف الضوئي (DR-2800).

الكواشف:

- كاشف LCK 305 التجاري المحضر مسبقا.

طريقة العمل:

- ننزع الملصق المتواجد أعلى أنبوبة الكاشف LCK305 .
- نفتح الأنبوبة لنضيف إلى محتواها حجما قدره 0.5ml من العينة المراد تحليلها ثم نغلقها باحكام.
- نرج محتوى الأنبوبة جيدا حتى يتجانس محتواها، ثم بعد 15 min من الرج نمسح الجزء الخارجي للأنبوبة.
- نضع الأنبوبة في جهاز DR-2800، ثم نضغط على زر التشغيل.
- عند ثبات القيمة على الجهاز نقرأ مباشرة بوحدة mg/l.

III.6.5. قياس كمية الأكسجين O_{diss} المنحل:

تم قياس الأكسجين المنحل داخل العينة بالطريقة الأمبيرومترية Ampérométrique .

- جهاز القياس Oxymétrie BPL Inolab

❖ **طريقةالعمل**:

- نفتح الجهاز.
- نغسل قطب الجهاز بالماء المقطر.
- نأخذ 100mlمن 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 بحيث القراءة تأخد مباشرة من الجهاز.

III.7.5. قياس الأس الهيدروجيني pH:

تم قياس pH بواسطة جهاز pH متر.

❖ **طريقة قياس pH**:

- ضبط الجهاز.
- نشغل جهاز PH متر.
- غسل القطب بالماء المقطر.
- نضع داخل كأس بيشر صغير محلول موقي pH=7.
- ضبط جهاز الرج على اقل سرعة (سرعة ضعيفة).
- ندخل قطب داخل المحلول الموقي.
- نتركه مدة صغيرة 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 أو pH=10 حسب طبيعة الوسط المراد قياسه.
- نسحب قطب الجهاز ونغسله بالماء المقطر

III.8.5. قياس درجة الحرارة(°C)T:

في قياس درجة الحرارة استعملنا جهازمتعدد القياسات Analyseur multi paramétres.

كما يمكن استعمال جهاز قياس الناقلية و الملوحة في قياس درجة الحرارة في الوسط المائي.

❖ **طريقة العمل:**

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

III.9.5. قياس الناقلية الكهربائية CE والملوحة:

استعملنا جهاز قياس الناقلية لقياس كل من الناقلية الكهربائية والملوحة.

❖ **طريقة العمل:**

- نشغل الجهاز.
- نضبط الجهاز في الوضع المناسب للوسيط المراد قياسه (لكل من الناقلية و الملوحة).
- نغمر قطب الجهاز داخل قارورة العينة.
- نقرأ قيمة الناقلية الكهربائية والملوحة مباشرة من الجهاز عند استقرارها.

الفصل الرابع:

النتائج والمناقشة

IV.1. تمهيد:

أجريت التحاليل الفيزيو– كيميائية لمياه (الخام، الشاهد و النبات) على مستوى مخبر الديوان الوطني لتطهير" ONA لموسم (2021)، حيث سنتطرق في هذا الفصل الى رصد العوامل الفيزيو – كيميائية للمياه الخام الداخلة لمحطة التصفية تقرت، وتحديد نوعيتها كخطوة أولى، وكذلك يسمح لنا بتقييم المعايير الفيزيائية والكيميائية للمياه المعالجة الخارجة من المحطة بشكل عام، و سنحاول بعد ذلك إجراء تقييم ودراسة لكفاءة تقنية المعالجة بالنباتات المتبعة في محطة تنقية مياه الصرف بتقرت، وسيشمل ذلك مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها بالمعايير الجزائرية والدولية لتحقيق الأهداف المحددة.

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

لمعرفة نوع المعالجة المطبقة على المياه يتعلق بمدى قابلية الماء على التحلل البيولوجي، حيث تحدد نسبة (DCO/DBO_5) المعبر عنها بالمعامل **K** يعني قابلية التحلل الحيوي للمواد العضوية في مياه الصرف الصحي الداخلة إلى المحطة، فإن النسبة التي تساوي أو تزيد عن **3** توضح ضعف التحلل البيولوجي، والذي يمكن أن يفسر بمقاومة المادة العضوية في المياه، ومنه فان المياه بحاجة إلى استخدام طرق أكثر فعالية في المعالجة. من خلال هذه النسبة أيضًا يمكن استنتاج ما إذا كانت مياه الصرف مراد معالجتها لها خصائص مياه الصرف حضريا (المنزلية) ام لا **[47،48]**.

IV.3. 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 المتمثلة في قياس: Température , NO_2^- , DBO_5, DCO, MES, O_2 dissous, pH, Conductivité, Salinité , NO_3^-, pO_4^{3-} , وأخذنا القيم المتوسطة للوسائط المقاسة للمياه الصرف الصحي المستعملة في المحطة لموسم2021 فكانت النتائج كالتالي:

الجدول (04): 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
Ph	15	7.89	7.56	7.686
O_2 dissous (mg/l)	15	0.38	0.09	0.244
Conductivité (mS/cm)	15	5.01	4.04	4.686
Salinité (mg/l)	15	2.7	2.1	2.5
MES (mg/l)	15	195	95	138.6
DCO (mg/l)	15	274	194	224.832
DBO_5 (mg/l)	15	150	80	108.6
NO_2^- (mg/l)	15	0.093	0.04	0.06
NO_3^- (mg/l)	15	0.63	0.205	0.4114
pO_4^{3-} (mg/l)	15	3.77	1.99	2.67
NH_4^+ (mg/l)	15	46.6	18.6	29

قمنا بحساب قيمة معامل التحلل البيولوجي (**$K=DCO/DBO_5$**) للمياه المستعملة الداخلة للمحطة

الجدول (05): قيم معامل التحلل البيولوجي للمحطة

المعاملات / الأشهر	DCO	DBO_5	$K=DCO/DBO_5$
أوت	194	80	2.42
سبتمبر	274	130	2.10
أكتوبر	200.16	150	1.33
نوفمبر	198	88	2.25
ديسمبر	258	95	2.71
القيمة المتوسطة	/	/	**2.16**

- من خلال نتائج تحليل جدول المياه المستعملة وبالاعتماد على المعايير الوطنية التي وضعتها الجريدة الرسمية لمياه الصرف الحضرية المذكورة في الجدول رقم (07) نلخص مايلي:

– تبلغ القيمة المتوسطة ل DCO ب 224.832 mg/l و ذلك بحد أدنى 194 mg/l وبحد أقصى 274 mg/l، والقيمة متوسطة ل DBO_5 تقدر ب 108.6 mg/l بحد أدنى 80 mg/l وبحد أقصى150 mg/l، ومنه نستنتج أن القيم المتوسطة للمعاملين (DBO_5, DCO) لا تتجاوز قيم مياه الصرف الحضرية المحددة ب (1000mg/l) و (500mg/l) على التوالي و هذا من خلال الجدول (07).

أظهرت نتيجة متوسط المواد العالقة MES=138.6mg/l، بحد أدنى 95mg/l وبحد أقصى 195mg/l، ومنه فان مقدار حمل المواد العضوية في مستويات قيم المياه الحضرية المحددة ب (600mg/l)، كذلك بالنسبة للوسائط الفيزيوكيميائية الأخرى المقاسة كانت في مجال مياه الصرف الصحي الحضرية حسب جدول(07).

– تبين من خلال جدول معامل التحلل البيولوجي للمياه الداخلة لمحطة التنقية أن القيمة المتوسطة تساوي 2.16 وهذه القيمة أقل من 3 الموصي بها من طرف الجريدة الرسمية لمياه الصرف الحضرية.

– من خلال نتائج السابقة نستنتج أن المياه المستعملة الداخلة لمحطة التنقية هي مياه الصرف الصحي الحضرية، خلال مدة الدراسة لموسم 2021 ومنه فإن الملوث سهل التحلل بيولوجيا.

IV.4. أداء وكفاءة إزالة الملوثات:

في هذه الدراسة نوضح نتائج المعالجة بعد مكوث المياه في الأحواض لمدة 5 أيام في حوض الشاهد كذلك حوض النبات *Canna indica*، وذلك من أجل تنقية الملوثات من مياه الصرف الصحي (المياه المستعملة)، فالجدول أدناه يوضح الوسائط الفيزيوكيميائية المقاسة للماء المعالج داخل المحطة:

الجدول (06): القيم المتوسطة للوسائط المقاسة للمياه المعالجة (الخارجة) من محطة التصفية

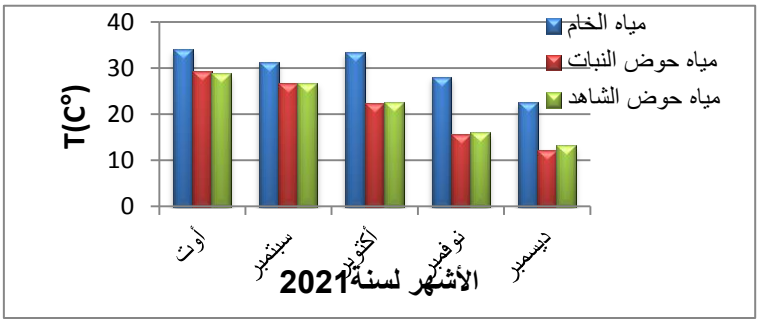
الوسائط المقاسة	عدد العينات	حوض الشـــاهـــــد			حوض نبات Canna ndica		
		القيمة العظمى	القيمة الدنيا	القيمة المتوسطة	القيمة العظمى	القيمة الدنيا	القيمة المتوسطة
T(C°)	15	28.9	13.2	21.52	29.3	12.2	21.22
ph	15	8.29	8	8.098	7.2	6.59	7.016
(mg/l) O_2 dissous	15	4.74	0.91	2.85	5.12	1.66	3.552
(mS/cm) Conductivité	15	10.36	5.03	7.566	11.92	5.99	9.462
Salinité(mg/l)	15	5.9	2.7	4.18	8.6	3.3	5.68
MES (mg/l)	15	39	18	27.8	35	14	24.4
DCO (mg/l)	15	110	47	73.48	105	36.6	70.84
DBO_5 (mg/l)	15	56	10	27.2	38	10	21.2
NO_2^-(mg/l)	15	0.046	0.008	0.0208	0.026	0.004	0.0178
NO_3^-(mg/l)	15	1.11	0.289	0.5838	1.01	0.205	0.6198
pO_4^{3-} (mg/l)	15	2.19	0.625	1.421	1.47	0.554	1.0488
NH_4^+	15	6.61	0	3.26	3.71	0	1.888

-التحليل من خلال جدول وفق المعايير الوطنية 2012 والمنظمة العالمية للصحة1971:

- تبين نتائج الجدول (06) أن قيم الوسائط التي تم الكشف عنها في حدود المعايير الوطنية ومنظمة الصحة العالمية ماعدا الناقلية الكهربائية والنتريت ليست ضمن المعايير.

IV.5. منـــاقشـــة النتـــائـــج:

IV.5.1. تطور درجة الحرارة (°C)T:



الشكل(11): التطور الزمني لدرجة الحرارة للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد

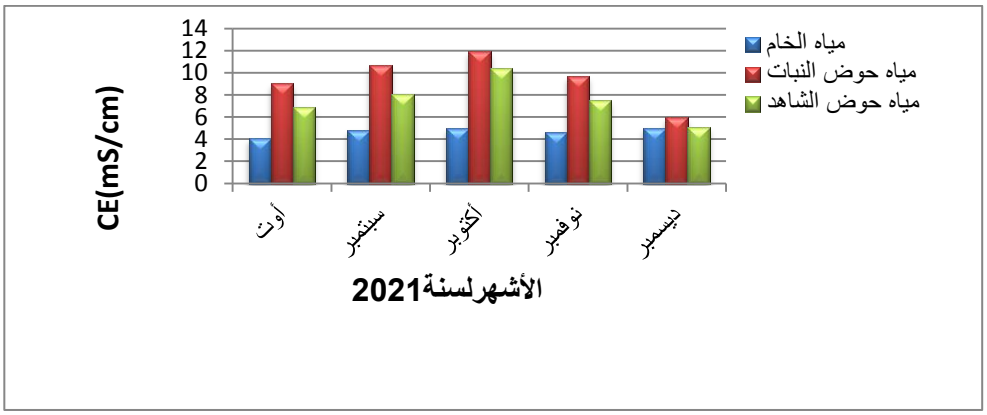
– من خلال الشكل (11) نلاحظ أن القيم المتوسطة لدرجة الحرارة تنخفض في المياه المعالجة في مختلف الأحواض مقارنة بالمياه الخام ،حيث نجد متوسط درجة الحرارة 29.88C° في المياه الخام (الداخلة)، ويتراوح بين أعلى قيمة 34C°مسجلة في شهر أوت وأدنى قيمة 22.5C° مسجلة في شهر ديسمبر أي أن درجة الحرارة محصورة بين$22.5°C \leq T\ (°C) \leq 34°C$.ينما نجد متوسط درجة الحرارة في المياه المعالجة في الحوض المزروع بالنبات *canna indica* 21.22C° وفي الحوض غير المزروع (الشاهد) 21.52C° إذن وفقا للجدول (08) درجات الحرارة المسجلة في المياه المعالجة في نطاق القيم الحدية للتصريف المباشر في بيئة الإستقبال المحدد ب30C°.

التفسير: – يفسر الانخفاض في درجة الحرارة في الأحواض المعالجة بتناقص عدد البكتيريا ونقص التفاعلات البيوكيميائية.

– درجة حرارة المياه مرتبطة بساعات أخذ العينات والظروف المناخية المحلية (المناخ، ومدة أشعة الشمس)، وبشكل خاص درجة حرارة الهواء وظاهرة تبخر الماء تلعب دورا مهما.

–أما بالنسبة للمياه المعالجة في الحوض المزروع و الحوض غير المزروع متقاربة على طول مدة الدراسة في قاع الأحواض على عمق 20cm، هذا الفرق في درجة الحرارة لا يؤثر على اختيار الكائنات الدقيقة المسؤولة على التنقية **[49]**.

IV.5. 2. تطور الناقلية الكهربائية(CE(mS/cm:



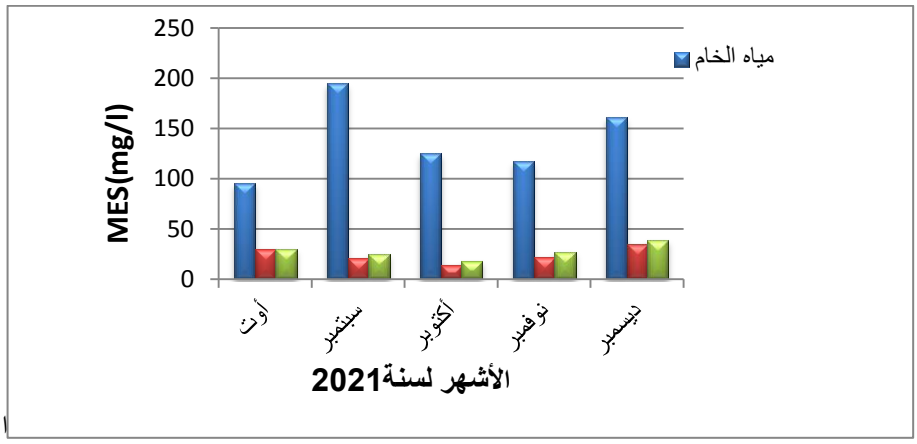
الشكل(12): التطور الزمني للناقلية الكهربائية CE للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد

- من خلال الشكل (12) نلاحظ أن متوسط الناقلية الكهربائية للمياه المعالجة بالحوض المزروع بالنبات 9.462mS/cm أكبر من متوسط الناقلية الكهربائية للمياه المعالجة بالحوض الغير مزروع بقيمة 7.566mS/cm والمياه الخام بقيمة 4.686mS/cmإذن حسب الجدول (09) والجدول(10) نجد قيم المياه المعالجة تجاوزت الحد المسموح وذلك وفقا لمعايير إعادة الاستخدام الزراعي الجزائري المحدد ب 1.3mS/cm ومعايير منظمة الصحة العالمية المحدد ب 2mS/cm.

التفسير:

ارتفاع الناقلية في الحوض المزروع بالنبات مقارنة بالحوض غير المزروع بسبب تعرق النبات وتحول المواد العضوية إلى مواد معدنية **[22]**.أي بسبب ارتفاع نسبة شوارد النترات في مياه الشاهد ومياه حوض النبات، بالإضافة لارتفاع نسبة الملوحة في حوض النبات والشاهد بالمقارنة بالمياه الخام.

IV.5. 3. تطور المواد العالقة (MES(mg/l:



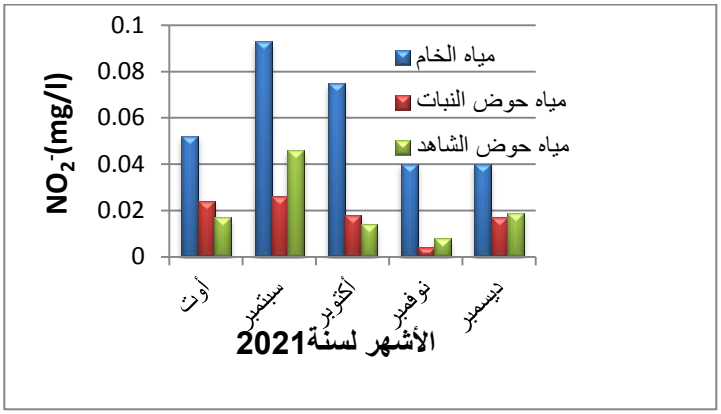
الشكل(13): التطور الزمني للمواد العالقةMES للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد

الشكل (13) يبين تطور المواد العالقة MES، بين القيمة العظمى 195mg/l و القيمة الدنيا 95mg/l بمعدل 138.6mg/l في المياه الخام الحضرية، أما بالنسبة للمياه المعالجة قيمة MES في الحوض المزروع بالنباتات*Canna indica* 24.4mg/l بمردود 82.39% وفي الحوض غير المزروع (الشاهد) 27.8mg/l بمردود 79.94%. قيم MES التي تم الحصول عليها في المياه المعالجة نجد أنها في الحد المسموح به وفقا للمعايير الجزائرية الموجهة للري 2012 ومعايير منظمة الصحة العالمية 1971حسب الجدولين (09) و(10).

التفسير:

تناقص تركيز MES في مختلف المياه المعالجة ناتج أساسا على المعالجة الفيزيائية مثل الترشيح حيث المواد الخشنة تبقى عالقة و المواد الدقيقة تحجز في مسامات المصفاة **[51،50]**.

IV. 4.5. تطور إزالة النتريت NO_2^-:



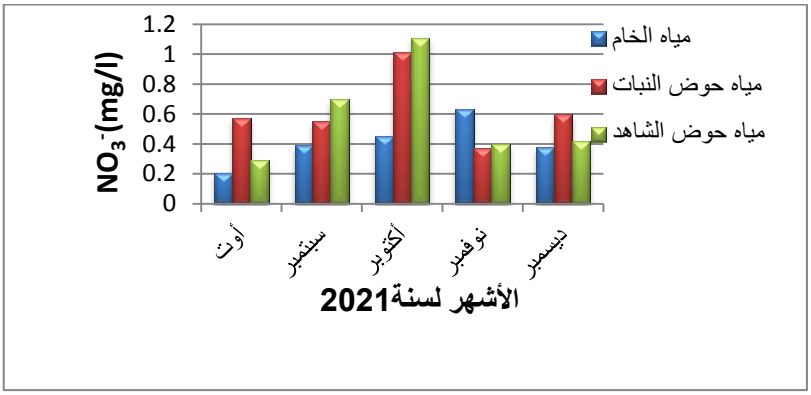
الشكل(14): التطور الزمني لنتريت NO_2^- للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد

- من خلال التطور الزمني للنتريت $N-NO_2^-$ في الشكل (14) تركيز النتريت $N-NO_2^-$ في المياه الخام يتغير مع الزمن، و يكون أكبر من تركيز $N-NO_2^-$ في المياه المعالجة حيث ينخفض تركيز $N-NO_2^-$ من 0.06mg/l في المياه الخام إلى 0.0178mg/l في الحوض المزروع بالنبات *canna indica* وبقيم 0.0208mg/l بالنسبة للحوض الشاهد، إذن قيم المياه المعالجة وفق معايير منظمة الصحة العالمية 1971 حسب الجدول(10).

التفسير:

- فرق متباين بين الحوض المزروع بالنبات والشاهد مردود إزالة النتريت $N-NO_2^-$ هو71.33% بالنسبة للحوض المزروع بالنبات *Canna indica* و65.33% للحوض الشاهد. الفرق في إزالة $N-NO_2^-$ بين الحوض المزروع والشاهد سببه وجود النبات المائي الذي تملك خاصية امتصاص الأكسجين من الجو ويتم نقله عن طريق الاوراق ثم السيقان الى الجذور و الجذاميرهذا الأكسجين ينشط البكتيريا التي تعمل على تحويل النتريت NO_2^- الى نترات NO_3^- في منطقة الجذور تسمى هذه العملية بالنترجة (Nitrification) **[51]**.

IV. 5.5. تطور إزالة النترات NO_3^-:



الشكل(15): التطور الزمني للنترات NO_3^- للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد

من خلال التطور الزمني للنترات $N- NO_3^-$ في الشكل (15) يتزايد في جميع الأحواض المعالجة مقارنة بالمياه الخام، حيث يتزايد تركيز النترات من 0.4114 mg/l في المياه الخام إلى 0.6198mg/l في الحوض المزروع بالنبات *Canna indica* و 0.5838mg/l للحوض الغير مزروع (الشاهد)، إن القيم المقاسة كانت أقل من القيم التي أوصت بها منظمة الصحة العالمية حسب الجدول (10).

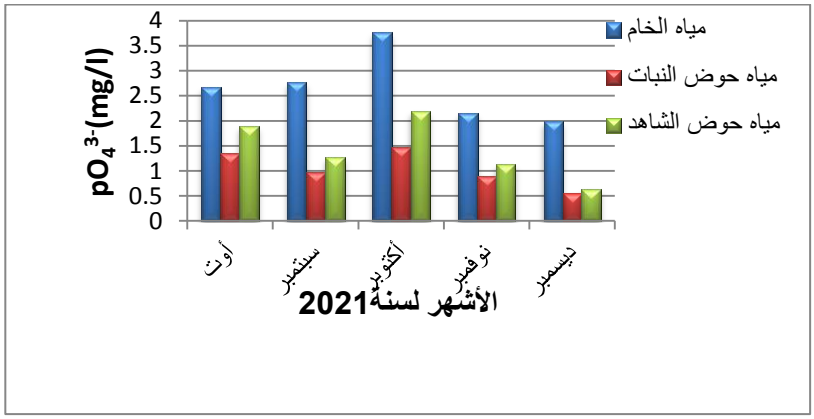
التفسير:

نلاحظ ان تركيز النترات بعد المعالجة في حوض النبات أعلى من تركيزه في حوض الشاهد و يعود ذلك الى توفر الاكسجين اثناء التدفق الشاقولي للمياه و وجود النبات يساعد على نقل الأكسجين الى الحوض مما يؤدي الاكسجين المنحل إلى اكسدة النتريت إلى نترات.

هذا التغير في الكمية لنترات $N- NO_3^-$ يعود سببه :

استعمال النترات من طرف النبات يكون في النهار أو في وجود التركيب الضوئي. تطور النترات يعطي انخفاض في الكمية بعد التصفية بالنباتات. النباتات تمتص بين (39٪ و10٪) و الجذور بين (45٪ و98٪) من الأزوت العضوي المزال، أما الأزوت المتبقي تكون إزالته عن طريق عملية النترجة، و إزالة النترجة و الأكسدة الهوائية للأمونيوم **[53،52]**.

IV.5. 6. تطور إزالة أرتوفسفات pO_4^{3-}:



الشكل(16):التطور الزمني للأرتوفسفات PO_4^{3-} للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد

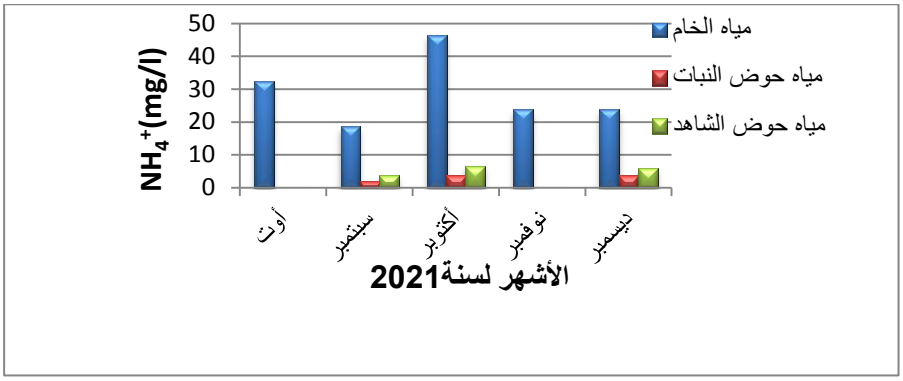
نلاحظ من خلال الشكل رقم (16) بصفة عامة تركيز $P-PO_4^{3-}$ للمياه الخام تتغير مع الزمن و تكون أكبر من تركيز $P-PO_4^{3-}$ في المياه المعالجة، حيث نجد تركيز $P-PO_4^{3-}$ في المياه ينخفض بمعدل 2.67mg/l في المياه الخام إلى 1.0488mg/l بالنسبة للحوض المزروع بالنبات *Canna indica* و1.421mg/l في الحوض الغير المزروع (الشاهد). مردود التنقية في الحوض المزروع بالنبات *Canna indica* هو 60.71% و 46.77% للحوض الغير مزروع. وفقا للجدولين(08)و(10) فإن الماء المعالج بالأحواض يتوافق مع القيم الحدية لمعلمات التفريغ ومعايير منظمة الصحة العالمية.

التفسير:

الفوسفات من المغذيات الضرورية لنمو النباتات المائية، تتواجد الفوسفات بشكل ذائب وبتركيز قليل ومتغاير تبعا لكمية (المتدفقات الصناعية والزراعية) والتي ترمى في المياه، حيث اظهرت الدراسة الحالية ان استخدام نبات *Canna indica* في المعالجة قد خفض تراكيز الفوسفات $P- PO_4^{3-}$ في مياه الصرف الصحي 60.71% و هذا يعود الى أن النباتات المائية تمتص الفوسفات لكونها من

المغذيات المهمة لنشاط الاحياء واحتياجها الفيزيولوجية. و كذلك نوعية الحصى تساعد على امتصاص $P\text{-}PO_4^{3-}$ [55،54].

IV. 7.5. تطور إزالة الأمونيوم NH_4^+:



الشكل(17):التطور الزمني للأمونيوم NH_4^+ للمدخل والمخرج للحوض المزروع والشاهد

من خلال التطور الزمني للأمونيوم NH_4^+ في الشكل رقم (17) يتناقص في جميع الأحواض المعالجة مقارنة بالمياه الخام، حيث ينخفض تركيز الأمونيوم من 29mg/l في المياه الخام إلى 1.888mg/l في الحوض المزروع بالنبات *Canna indica* بمردود 93% وبقيم 3.26mg/l بالنسبة للحوض الشاهد بمردود 88%. وفقا للجدول (10) فان الماء المعالج بالأحواض يتوافق مع القيم الحدية لمعايير منظمة الصحة العالمية.

التفسير:

إزالة الأمونيوم في هذه الدراسة راجع إلى تحويل شوارد الامونيوم إلى كل من النتريت و النترات من طرف البكتريا عند توفر الاكسجين في الحوضين الشاهد و حوض النبات.

الخـــــلاصـــــة

الخــلاصــة:

اجريت دراستنا الحالية بهدف تحديد قدرة النبات *Canna indica* على تنقية مياه الصرف الصحي سوى بالنسبة :

- التلوث الجسيمي MES82.39%.
- التلوث العضوي الأزوتي حيث وصلت نسبة إزالة (NO_2^-71.33%)
- بالنسبة لشوارد النترات فقد لوحظ زيادة في كميتها من 0.4114 mg/l في المياه الخام إلى 0.6198mg/l في الحوض المزروع بالنبات *Canna Indica*
- التلوث العضوي الفسفوري حيث وصلت نسبة إزالة (pO_4^{-3}60.71%) .
- كما وصلت نسبة إزالة التلوث الأموني (NH_4^+93%)

كما أثبتت المعايير المقاسة خلال الدراسة أن الحوض المغروس بالنبات أظهر كفاءة في التنقية أحسن من الحوض الغير مغروس (الشاهد).

الهدف المرجو من هذه الدراسة هو إظهار مدى قدرة أداء النبات المزروع في معالجة المياه المستعملة الحضرية، في مناخ شبه جاف وذلك بتزويد الحوض بتدفق شاقولي تحت السطحي، حيث كان مكوث الماء خمسة أيام داخل الحوض كاف لإزالة الملوثات بشكل مقبول.

من خلال دراستنا وجود أن النبات له تأثير إيجابي على النشاط البيولوجي باستعمال السقي تحت السطحي الشاقولي، أظهرت النتائج المحصل عليها بوضوح تخفيض جيد في أنواع التلوث الأساسية : التلوث العضوي الأزوتي الفسفوري و الأموني بنسب جيدة، كما أن النبات أبدى تأقلم وتعايش باستعمال هذه المياه في مناخ المنطقة شبه الجاف. أظهرت هذه النتائج أن العامل الأساسي المؤثر على النشاط البيولوجي هو وجود النبات و الكائنات المجهرية وتطور النبتة بحد ذاتها.

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

❖ الآفاق المستقبلية لهذا العمل:

- دراسة أنواع أخرى من النباتات الصحراوية التي لها القدرة على العيش في وسط مشبع بالماء
- تطبيق هذا النوع من التقنيات في المناطق النائية.
- دراسة مكونات الجذور المسؤولة على تخفيض العوامل المسببة للتلوث من تقنيات المعالجة
- متابعة البحث باستخدام أنواع أخرى للأراضي الرطبة المصطنعة كالأراضي الرطبة المصطنعة ذات التدفق تحت السطحي الأفقي.

المـــــراجـــع

المراجع بالغة العربية:

[5] جورجي نسيم ماهر، 2007، تحليل وتقويم جودة المياه، نشأة المعارف جلال حزي وشركاءه ص 121.

[6] الشرابي نجم الدين وهابيل منير وأبو لبدة زياد، 1987 أساسيات الأحياء الدقيقة – الجزء العلمي – المطبعة الجديدة بدمشق ص 71-72.

[7] الدكتور ناصر الحايك مدخل إلى كيمياء الماء "تلوث – معالجة – تحليل" منشور المعهد العالي للعلوم التطبيقية و التكنولوجية 2017.

[8] السيد أحمد خطيب "تلوث الماء". مصر.

[9] عصام، حمدي الصفدي ونعيم الطاهر/ صحة البيئة وسلامتها، بدون بلد، ط 1، دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع،2003.

[10] مجلة البيئة وزارة البلديات الإقليمية والبيئة. سلطنة عمان العدد 11 لعام 2000م.

[11] محمد اسماعيل. معالجة المياه. دار الكتب العلمية. القاهرة 2003.

[13] الكندي، غيثاء. (2009)- مسح نوعي للمياه الجوفية والسطحية في مدينة الكاظمية، مجلة الهندسة التكنولوجية. العدد 15.

[14] محمد غنيم وآخرون، خصائص مياه الصرف الصحي، الشركة القابضة لمياه الشرب و الصرف الصحي، الإدارة العامة لتخطيط المسار الوظيفي قطاع تنمية الموارد البشرية.

[16] عبد الرزاق محمد السعيد التركماني، 2009، المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي في محطات المعالجة، موقع الهندسة البيئية، سوريا، ص03-18.

[20] غوردن ك. باكنكوبف، 1996، مقدمة في كيمياء المياه الطبيعية، منشورات جامعة عمر المختار البيضاء، ليبيا، ص52.

[22] ابراهيم العابد، أطروحة دكتوراه، جامعة ورقلة، 2015،ص1،12،18،19،20،21،22.

[45] عبد الرحمان ابن خلدون 1983 كتاب العبر وديوان المبتدأ أو الخبر المجلد السابع ببيروت ولبنان ج 13 ص98.

[46] عبد الرحمان الجيلاني، 1980 تاريخ الجزائر العام دار الثقافة ببيروت ج 1 ص 138.

المراجع بالغة الأجنبية:

[1] The world fact book central intelligence Agency Retrieved 19-1-2017.

[**2**] Mara DD, Cairnross, 1989- Guidelines for the safe of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture: measures for public health protection. Genva, World Health Organization. Bulletion of the World Health Organization, 78 (9):1104-1116.

[**3**] HO; 2003. Guidelines for Safed recreational water environments; Vol. 1, Coastal and fresh waters. World Health Organisation, Geneva, Switzerland, pp 3-5.

[**4**] CIEH (Comité inter-africain d'études hydrauliques); 1993. «Étude comparative des systèmes d'épuration collectifs dans le contexte africain». CIEH, Ouagadougou, Burkina Faso, p 66.

[12] preeti sagar nayak , b. k. singh , Instrumental characterization of clay by XRF XRD and FTIR, Indian Academy of Sciences , Sci, Vol. 30, No. 3, pp. 235-238, (2007).

[15] Rahmani A, Mémoire de Master, Université d'Ouargla, 2015, p. 4-39.

[17] Rodier J, Bernard L, Nicole M. et coll,2009, "L'analyse De L'eau, 9^{e} edition",DUNO, Paris, p 326-333-1249.

[18] Rodier J, 1996,"L'analyse De L'eau (chimie, physico-chimie, Microbiologie, biologie, interprétation des résultats) "DUNOD, Paris,8^{e} edition", p 67-149.

[19] El Ghammat A, Riffi Temsamani K,2017, " Etude de Caractérisation physico-chimique des eaux usées en vue de la mise en oeuvre d'un traitement adéquat : cas de la zone industrielle de Tétouan", International Journal of Innovation and Applied Studies, ISSN 2028-9324 Vol. 20 No ,Maroc, pp. 840-849.

[21] Cindy Bassompierre , Procède a boues activées pour le traitement d'effluents papetiers :de la conception d'un pilote a la validation de modèles , These pour obtenir le grade de docteur de L'INP Grenoble dans le cadre de l'Ecole Doctorale EEATS , France , 2007.

[23] SATIN,M.; SELMI,B. 1995 : Guide technique de l'assainissement :Evacuation des eaux usées et pluviales conception et composant des réseaux , épuration des eaux etprotection de l'environnement, exploitation et gestion des systèmes d'assainissement. ISBN 2-281-1152-0, Edition le moniteur , Paris , pp75-86.

[24] AL-MAYAH, A A. and AL- HAMIN, F. I. 1991. Aquatic plants and the Algae. University of Basrah (in Arabic); pp. 699-701.

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

[26] LIENARD A,BOUTIN C,and ESSER D.1990.Domestic wastewater treatement with emergent hydrophyte bedsin france In:onstructed Wetland in Water pollution control (Adv.Wat.pollut.control n°11).P.F. Cooper and B.C.Findlater (Eds),pergamon press.

[27] GUILLOTEAU J.A., LIENARD A., VACHON A., LESAVRE J. 1993.Wastewater treatment by infiltration basins. Case study : Saint Symphorien de Lay, France. Wat. Sci. Tech., 27 (9).

[28] GUILLOTEAU J.A., LESAVRE J., LIÉNARD A. AND GENTY P. 1993.Wastewater treatment over 71 sand columns. Treatment yields, localisation ofthe biomass and gaz renewal. Wat. Sci. Tech.

[29] BOUTIN C., LIENARD A., ESSER D. 1997. Development of a new Generation of Reed-Bed Filters in France : First results. Wat.Sci.Tech.

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

[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. Phragmites australis: 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] BRIX, H. 1994."Function of Macrophytes in Constructed Wetlands." Wat.Sci.Tech. 29(4): pp 71-78.

[39] BRIX, H. 1997. "Do Macrophytes Play a role in constructed treatment Wetlands.

Wat.Sci.Tech. 35(5):pp 11-17.

[40] REDDY, K.R and D'ANGELO, E. M,1997. "Biogeochemical indicators to evaluate pollutant removal efficiency in constructed Wetlands." Wat.Sci.Tech. 35(5): pp 1-10.

[41] SOTO F.,GARCIA M., LUIS E. DE, BÉCARES E. 1998.Role of Scirpus lacustris in bacterial and nutrient removal from wastewater. Proceedings 6° Int. Conf. on wetland systems for water pollution control. pp 241-247.

[42] KHATWADA N.R. and POLPRASERT C. 1998. Kinetics of fecal coliform removal in constructed wetlands. Proceedings 6° Int. Conf. on wetland systems for water pollution control. pp 109–115.

[43] COOMBES C and COLLETT P.J. 1995. Use of constructed wetland to protect bathing water quazlity. Wat. Sci.Tech. 32 (3), pp 149-158.

[44] Choudhary A. K. et al., Performance of constructed wetland for the treatment of pulp

andpaper mill wastewater, 2011, Palm Springs, California.

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

[48] Rodrigues, A.C., Boroski, M., Shimada, N.S., Garcia, J.C., Nozaki, J., Hioka, N., (2008). Treatment of paper pulp and paper mill wastewater by coagulation-flocculation followed by heterogeneous photocatalysis. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Che-mistry, 194: 110.

[49] EDELINE, F. 1993. L'épuration biologique des eaux théorie & technologie des réacteurs. Liège, Cebedoc Editeur [etc.]. p 303.

[50] SRIDHAR. M. K. C. and SHARMA. B. M. 1985. Some observationson the oxygen changes in a lake covered with Pistia stratiotes L. "Water Res 19(7): pp 935-939.

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

[52] JETENS. M. S. WAGNER. M. FUERST. J. VAN LOOSDRESHT. M. KUENEN. G. and STROUS. M. 2001. "Microbiology and application of the anaerobic ammonium oxidation ('anammox') process." Current Opinion in Biotechnology 12(3): pp 283-288.

[53] JETENS. M. S.M. 2002. 'Aerobic and anaerobic ammonia oxidizing bacteria- competitors or natural partners?' FEMS Microbiol. Ecol 39(3): pp 175-181.

[54] MOLLE P. 2003. Filtres plantés de roseaux : limites hydraulique et rétention du phosphore. Thèse de doctorat, Université Montpellier II, p 217.

[55] DRIZO A ., COMEAU Y ., FORGET C., Chapuis R.P., 2002. Phosphorus saturation potential : A parameter for estimating the longevity of constructed wetland systems . Env . Sci . Tech. 36, pp 4642-4648.

الملاحق

الأجـــهـــزة المســـتعمـــلة

DBO-metre

Centrifugeuses

Spectrophotometre DR3900

Réacteur

Etuve

Aparail pH- métre-Oxy métre- Conductiveté

جدول (07): قيم الحد لمحتوى المواد الضارة في مياه الصرف الصحي المنزلية وقت تصريفها في نظام الصرف الصحي العام أو محطة المعالجة جورا 2009 (الجريدة الرسمية الجزائرية رقم 36)

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(08): القيم الحدية لمعلمات التفريغ في بيئة الإستقبال (الجريدة الرسمية الجزائرية 2006)

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

جدول(09): مواصفات مياه الصرف الصحي المنقى المستخدم لأغراض الري قرار وزاري مشترك بتاريخ 02 جانفي 2012

2. PARAMETRES 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 = 0 - 3 CE	ds/m	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 à texture fine, neutre ou alcalin.

جدول(10): 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	-

جدول(11): النتائج المتحصل عليها خلال الدراسة

السنة / الأشهر		2021				
الوسائط المقاسة		أوت	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
T(C°)	مياه الصرف الصحي	34	31.3	33.5	28.1	22.5
	النبات	29.3	26.7	22.3	15.6	12.2
	الشاهد	28.9	26.8	22.6	16.1	13.2
pH	مياه الصرف الصحي	7.59	7.56	7.76	7.63	7.89
	النبات	7.2	7.16	7.06	7.07	6.59
	الشاهد	8	8.07	8.12	8.29	8.01
O_2 dissous (mg/l)	مياه الصرف الصحي	0.09	0.2	0.37	0.38	0.18
	النبات	3.33	1.66	3.77	3.88	5.12
	الشاهد	0.91	1.07	3.77	3.76	4.74
Conductivité (mS/cm)	مياه الصرف الصحي	4.04	4.8	4.94	4.64	5.01
	النبات	9.04	10.67	11.92	9.69	5.99
	الشاهد	6.9	8.04	10.36	7.5	5.03
Salinité(mg/l)	مياه الصرف الصحي	2.1	2.6	2.6	2.5	2.7
	النبات	5	6	8.6	5.5	3.3
	الشاهد	3.8	4.4	5.9	4.1	2.7
MES (mg/l)	مياه الصرف الصحي	95	195	125	117	161
	النبات	30	21	14	22	35
	الشاهد	30	25	18	27	39
DCO (mg/l)	مياه الصرف الصحي	194	274	200.16	198	258
	النبات	63	105	87.2	36.6	62.4
	الشاهد	57.1	110	86.5	47	66.8
DBO_5 (mg/l)	مياه الصرف الصحي	80	130	150	88	95
	النبات	10	20	38	15	23
	الشاهد	10	15	56	27	28
$N\text{-}NO_2^-$(mg/l)	مياه الصرف الصحي	0.052	0.093	0.075	0.04	0.04
	النبات	0.024	0.026	0.018	0.004	0.017
	الشاهد	0.017	0.046	0.014	0.008	0.019

$N\text{-}NO_3^-$(mg/l)	مياه الصرف الصحي	0.205	0.39	0.454	0.63	0.378
	النبات	0.571	0.549	1.01	0.37	0.599
	الشاهد	0.289	0.7	1.11	0.4	0.42
pO_4^{3-} (mg/l)	مياه الصرف الصحي	2.67	2.77	3.77	2.15	1.99
	النبات	1.35	0.97	1.47	0.9	0.554
	الشاهد	1.89	1.27	2.19	1.13	0.625
NH_4^+(mg /l)	مياه الصرف الصحي	32.2	18.6	46.4	23.8	23.8
	النبات	0	2.05	3.71	0	3.68
	الشاهد	0	3.76	6.61	0	5.93

الملخص: الهدف من هذه الدراسة هو إثبات قدرة نبات القانا ***أنديكا Canna indica*** على تنقية المياه المستعملة بنظام تدفق شاقولي 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 الد يوان الوطني للتطهير ONA بمدينة تقرت. يتكون النموذج التجريبي من أحوض دائرية سعتها 80l مملوءة بمياه الصرف الصحي يغذي الأحواض بطريقة التدفق الشاقولي، حيث يتكون هذا العتاد من حوضين مملوءين بالحصى من الأسفل إلى الأعلى بعمق 20cm بطبقات أحادية مابين mm (4-2.5) الحوض الأول مزروع بنبات C***anna indica*** بسيقان حديثة العمر بكثافة (36 tiges/m^2) والحوض الثاني غير مزروع (شاهد). تغذى الأحواض بمياه الصرف بوتيرة منتظمة مرة واحدة في اليوم كل أسبوع بعد مكوث الماء 5 أيام في الأحواض نأخذ المياه المعالجة في إناء موضوع أسفل الحوض.

بعد الدراسة التي دامت خمسة أشهر من شهر أوت إلى شهر ديسمبر 2021 تحصلنا على إزالة الملوثات بانسب التالية: (82.39% MES)، (71.33%) $N\text{-}NO_2^-$ ، (60.71%) $P\text{-}PO_4^{3-}$، (93%) NH_4^+. وجود النبات في الأحواض المزروعة يتسبب في إحداث قنوات عبور للمياه وبذلك لا تسبب الانسداد.

كلمات دالة: المناخ الجاف، مياه الصرف الصحى، المعالجة بالنباتات المائية، *Canna indica*، منطقة تقرت.

Résumé : Le but de cette étude est de prouver la capacité de la plante ***Canna indica*** à épurer les eaux usées sous un système d'écoulement vertical par temps sec et chaud. Cette étude comprenait une comparaison entre un bassin planté de ***Canna indica*** et un bassin non cultivé (témoin). L'étude a été réalisée à travers un modèle pilote dans la zone de désinfection des eaux usées urbaines de l'Institut National Dewan pour l'Assainissement (ONA) à Touggourt. Le modèle expérimental est constitué de bassins circulaires d'une capacité de 80L remplis d'eaux usées qui alimentent les bassins par une méthode d'écoulement vertical, où cet équipement est constitué de deux bassins remplis de gravier du bas vers le haut, profondeur de 20 cm avec des monocouches entre 4-2,5 mm) Le premier bassin est planté de plante ***Canna indica*** à jeunes tiges Densité (36 tiges/m2) et le second bassin n'est pas planté (témoin). Les bassins sont alimentés avec des eaux usées à un rythme régulier une fois par jour chaque semaine.Après un séjour de 5 jours dans les bassins, nous prélevons l'eau traitée dans un récipient placé au fond du bassin.

Après l'étude qui a duré cinq mois d'août à décembre 2021, nous avons obtenu les taux d'élimination des polluants suivants : MES (82,39 %), $N\text{-}NO_2^-$ (71,33%), $P\text{-}PO_4^{3-}$(60,71 %), NH_4^+ (93%). La présence de la plante dans les bassins plantés provoque la création de canaux de transit de l'eau et ne provoque donc pas de colmatage.

Mots clés : climat sec, eaux usées, traitement des plantes aquatiques, Canna indica, région de Touggourt.

Abstract: The aim of this study is to prove the ability of the ***Canna indica*** plant to purify wastewater under a vertical flow system under dry and hot weather. This study included a comparison between a basin planted with ***Canna indica*** and an uncultivated one (witness). The study was carried out through a pilot model in the urban wastewater disinfection area of the National Dewan Institution for Sanitation (ONA) in Touggourt. The experimental model consists of circular basins with a capacity of 80L filled with sewage water that feeds the basins by a vertical flow method, where this equipment consists of two basins filled with gravel from the bottom to the top, depth of 20 cm with monolayers between 4-2.5 mm) The first basin is planted with ***Canna indica*** plant with young stems Density (36 tiges/m2) and the second basin is not planted (witness). The ponds are fed with waste water at a regular rate once a day every week. After the water stays for 5 days in the ponds, we take the treated water in a container placed at the bottom of the tank.

After the study that lasted for five months from August to December 2021, we obtained the following pollutants removal rates: MES (82.39%), $N\text{-}NO_2^-$ (71.33%),$P\text{-}PO_4^{3-}$ (60.71%), NH_4^+ (93%). The presence of the plant in the planted ponds causes the creation of water transit channels and thus does not cause blockage.

Key words: Dry climate, waste water, aquatic plant treatment, Canna indica, Touggourt area