وزارة التعليـم العالـي والبحـث العلمـي

جامعـة قاصـدي مربـاح ورقلـة

كليـة الرياضيات وعلـوم المـادة

قسـم الكيمياء

مذكـرة مقدمة لنيل شهادة ماستر أكاديمي

فـي الكيـمياء

التخصص: كيمياء تحليلية

من إعداد: رميصاء بن حمزة، زينب بن سالم

بعنـوان

إزالة الملوثات العضوية من مياه الصرف الصحي باستخدام نبات *Typha Latifolia* بطريقة التدفق العمودي

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

زروقي حياة	أستاذ محاضر "أ"	جامعة ورقلة	رئيسا
بن ساسي شيماء	أستاذ مساعد "ب"	المدرسة العليا للأساتذة بورقلة	مناقشا
بن زاهي خديجة	أستاذ محاضر "أ"	المدرسة العليا للأساتذة بورقلة	مؤطرا
العابد إبراهيم	أستاذ تعليم عالي	المدرسة العليا للأساتذة بورقلة	مساعد مؤطر

السنة الجامعية : 2021 / 2022

الإهـــداء

انه لمن دواعي سروري أن نحافظ على هذه السطور كدليل على الامتنان و الشكر لجميع الذين ساهموا بشكل مباشر أو غير مباشر لانجاز هذا العمل و التتويج بانجازه، فافتتح شكري دائما إلى الله تعالى الذي وفقنا .

واهدي هذا العمل إلى من ساندتني في صلاتها و دعائها إلى من سهرت الليالي تنير دربي إلى نبع العطف والحنان إلى أروع امرأة في الوجود ..... أمي الغالية

والى من مهد لي طريق العلم وأعطى فأجزل العطاء إلى من سعى لأجل راحتي ونجاحي إلى أعظم و اعز رجل في الكون ..... أبي العزيز

إلى ملاذي وقوتي وسندي وتوائم روحي من عشت معهم أجمل الذكريات .....إخوتي وأخواتي

أقدم إهداء خاص إلى براعم العائلة حفظهم الله ورعاهم

إلى إخواني الذين لم تلدهم أمي ورفاق درب الحياة حلوها ومرها ورمز الإيثار والوفاء..... أصدقائي

أهدي عملي هذا إلى كل من أحبني بصدق فدعا لي بالتوفيق و السداد

بن حمزة رميصاء

الإهـــداء

باسم الذي لا يطيب الليل إلا بشكره....ولا يطيب النهار إلا بطاعته...ولا تطيب اللحظات إلا بذكره... ولا تطيب الآخرة إلا بعفوه....و لا تطيب الجنة إلا برؤيته ربي جل جلاله.

إلى من بلغ الرسالة و أدى الأمانة ، و نصح الأمة نبي الرحمة و نور العالمين سيدنا محمد عليه الصلاة و السلام.

إلى من علمنا العطاء، إلى من احمل اسمه بكل افتخار ارجوا من الله أن يمد في عمرك و ترى ثمار آن قطافها بعد طول انتظار والدي العزيز.

إلى سر نجاحي وبحر عطائي إلى مصدر إلهامي وأفكاري إلى نور عيني ونبض فؤادي أمي الحبيبة.

و إلى من ترعرعت معهم و نما غصني بينهم إخوتي و أخواتي .

و إلى من تميزوا بالعطف و الإخاء زملائي و رفيقاتي الأعزاء بمختلف تخصصاتهم و كل باسمه.

إلى سندي في الحياة إلى الذي دعمني و وقف بجانبي خطيبي.

إلى كل من وسعه قلبي و لم يذكره لساني ولم تسعه اسطري وعباراتي...

إليكم جميعا اهدي عملي...

بن سالم زينب

الشكر و العرفان

بسم الله وحده والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، الحمد لله حمدا كثير مباركا فيه لتوفيقه لنا في انجاز هذا العمل المبارك سائلين المولى عز وجل أن يجعله علما نافعا ويجعله في ميزان حسناتنا ونور لنا في الحياة .

نتقدم بموفور الشكر والعرفان إلى كل من ساهم وتعاون معنا في إكمال هذا البحث و انجازه في هذه الصورة، نخص بالذكر أستاذتنا القديرة والمشرفة على هذه الدراسة الدكتورة بن زاهي خديجة والدكتور العابد إبراهيم مساعدا لها الذين وثقوا بنا، ولم يتهاونوا عن تقديم العون لنا، نقول لهم شكرا لكم.

كما نتقدم بخالص الشكر إلى أعضاء لجنة المناقشة لمن كان فيها رئيسا ومناقشا والذين قبلوا منا هذا

العمل المتواضع وتزكيته وعرضه للمناقشة العلنية و أيضا على الملاحظات والتوجيهات المهمة والقيمة المقدمة.

ونتقدم بجزيل الشكر إلى طاقم محطة التصفية والتطهير لمدينة تقرت على التسهيلات و المساعدات التي قدموها لنا.

كما نخص بالشكر العامل في الوكالة الوطني ONA فتحي بن نجمة على توجيهاته القيمة وإرشاداته والمساعدة التي قدمها لنا طيلة الوقت. شكرا لكل من ساعدنا وقدم لنا يد العون قريبا كان أو بعيد

شكرا جزيلا

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم كفاءة معالجة مياه الصرف الصحي بواسطة نبات *Typha Latifolia* .

حيث شملت هذه الدراسة مقارنة بين حوض مزروع بالنبات وحوض غير مزروع (شاهد) على تصفية المياه المستعملة.
أنجزت الدراسة عبر نموذج تجريبي في منطقة تطهير المياه المستعملة الحضرية بمؤسسة الديوان الوطني للتطهير ONA بمدينة تقرت.

بعد الدراسة التي دامت خمسة أشهر من أوت إلى ديسمبر 2021 أظهرت هذه التقنية كفاءة عالية في إزالة الملوثات العضوية و بتكلفة منخفضة وبدون استهلاك للطاقة والمواد الكيميائية، حيث وجد أن نسبة الإزالة قدرت ب 77.97% من مجمل المواد العضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي المدروسة والتي تبث حسب قيمَ معامل التحلل البيولوجي (K) لها والمقدر ب 2.166 أنها عبارة عن مياه حضرية، و توزعت نسب إزالة المواد العضوية بالشكل التالي: DBO5=83.42%، DCO=67.80%، MES=82.68%

الكلمات المفتاحية: تقييم كفاءة- معالجة مياه الصرف الصحي- *Typha Latifolia*- تقرت

Résumé

Cette étude vise à évaluer l'efficacité du traitement des eaux usées par usines des plantes *Typha Latifolia.*

Où cette étude comprenait une comparaison entre un bassin végétalisé et un bassin non végétalisé (témoin) sur l'épuration des eaux usées. L'étude a été réalisée à travers un modèle expérimental dans la zone de désinfection des eaux usées urbaines à l'Office National de l'Assainissement ONA à Touggourt.

Après une étude de cinq mois d'août à décembre 2021، cette technique a montré une grande efficacité pour éliminer les polluants organiques à faible coût et sans consommer d'énergie et de produits chimiques، Où il a été constaté que le taux d'élimination était estimé à 77،97% de la matière organique totale dans les eaux usées étudiées، laquelle est émise selon les valeurs de son coefficient de biodégradation (K)، estimé à 2,166، qu'il s'agit d'eaux urbaines، et les taux d'élimination des matières organiques se répartissaient comme suit : DBO5 = 83،42 %، DCO=67،80 %، MES=82،68 %

Mots clés : Evaluation de l'efficacité - Traitement des eaux usées - *Typha Latifolia* - Touggourt

SUMMARY:

This study aims to evaluate the wastewater treatment efficiency by *Typha Latifolia* plant.

Where this study included a comparison between a basin planted with plants and a basin that is not planted (witness) on the purification of waste water. The study was carried out through an experimental model in the urban wastewater disinfection area at the National Office of Sanitation ONA in Touggourt.

After a study that lasted for five months from August to December 2021، this technology showed a high efficiency in removing organic pollutants at a low cost and without consuming energy and chemicals، Where it was found that the removal rate was estimated at 77.97% of the total organic matter in the studied wastewater، which is emitted according to its biodegradation coefficient (K) values، estimated at 2.166، that it is urban water، and the organic matter removal rates were distributed as follows: DBO5 = 83.42%، DCO=67.80%، MES=82.68%

Keywords: Efficiency evaluation - Wastewater treatment - *Typha Latifolia* - Touggourt

الفهرس

الملخص		IV
قائمة الجداول		VII
قائمة الأشكال		VII
قائمة الرموز		VIII
قائمة المخططات		VIII
المقدمة		1
الجزء النظري		
الفصل الأول: تلوث المياه وطرق معالجتها		
1	عموميات حول تلوث المياه	3
	1-1 تعريف تلوث المياه	3
	2-1 مصادر تلوث المياه	3
	3-1 أنواع تلوث المياه	4
	4-1 مياه الصرف الصحي	7
	1-4-1 تعريف مياه الصرف الصحي	7
	2-4-1 خصائص مياه الصرف الصحي	8
	3-4-1 أنواع مياه الصرف الصحي	9
	5-1 مقاييس تصنيف الملوثات في مياه الصرف الصحي	10
	6-1 المعايير والتراكيز المسموح بها	13
	7-1 طرق معالجة مياه الصرف الصحي	14
	1-7-1 محطات تصفية المياه المستعملة بطريقة الحمأة النشطة	14
	2-7-1 المعالجة بالبحيرات	17
	3-7-1 المعالجة بالنباتات	17
الفصل الثاني: معالجة مياه الصرف الصحي بواسطة النباتات		
1	مدخل	19
2	محطات المعالجة	19
3	مبدأ نظام WWG	19
4	معالجة مياه الصرف الصحي بالنباتات المخطط	20
5	النباتات المائية المستخدمة ضمن محطات المعالجة بالنباتات	21
	1-5 النباتات المائية البارزة	21
	2-5 النباتات المائية الغاطسة	21
	3-5 النباتات المائية الطافية	21
6	عوامل اختيار النباتات	22
7	أحواض النباتات المستعملة في تنقية مياه الصرف الصحي	22
	1-7 أحواض النباتات ذات الجريان السطحي الحر	23
	2-7 أحواض النباتات ذات الجريان تحت السطحي الأفقي	23
	3-7 أحواض النباتات ذات الجريان الشاقولي	23

4-7 أحواض النباتات ذات الجريان المتنوع(الأفقي+الشاقولي)		24
8	دور مختلف مكونات النظام	25
1-8 دور مواد التعبئة		25
2-8 دور النباتات		25
3-8 دور الكائنات الدقيقة		27
9	آليات إزالة الملوثات و فعالية أحواض المعالجة بالنباتات	28
الجزء العملي		
الفصل الثالث: طرق وأدوات		
1	تقديم منطقة الدراسة(تقرت)	29
2	تقديم محطة التصفية بتقرت	30
3	العتاد التجريبي المستعمل	31
4	النبات المستعمل في التنقية	32
1-4 التصنيف العلمي لنبات *Typha latifolia*		32
2-4 وصف نبات *Typha latifolia*		33
3-4 استعمالات نبات *Typha latifolia*		33
5	الوسائط الفيزيوكيميائية المقاسة	34
1-5 تحديد المواد العالقة MES		34
2-5 تحديد الطلب الكيميائي للأكسجين DCO		36
3-5 تحديد الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO5		37
4-5 قياس كمية الأكسجين المنحل		39
5-5 قياس الأس الهيدروجيني PH		39
6-5 قياس درجة الحرارة		40
7-5 قياس الناقلية الكهربائية		40
8-5 تحديد كمية النتيرت $N\text{-}NO_2^-$		41
9-5 تحديد كمية النترات $N\text{-}NO_3^-$		42
10-5 تحديد كمية أرتو فوسفات PO_4^{-3}		43
الفصل الرابع : النتائج و المناقشة		
1	مدخل	44
2	تحديد خصائص مياه الصرف الصحي	44
3	أداء و كفاءة إزالة الملوثات	45
4	مناقشة النتائج	46
1-4 تطور درجة الحرارة		46
2-4 تطور الناقلية الكهربائية		46

3-4 تطور الأس الهيدروجيني	47
4-4 تطور الأكسجين المنحل	48
5-4 تطور المواد العالقة	49
6-4 تطور الملوحة	50
7-4 تطور الطلب الكيميائي للأكسجين DCO	50
8-4 تطور الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5	51
الخاتمة	53
المراجع	54
الملحق	

قائمة الجداول

الرقم	العنوان	الصفحة
1	قيم الحد الأقصى لمعالم صرف نفايات الوحدات الصناعية	13
2	أهم آليات الإزالة الرئيسة للملوثات ضمن أحواض النباتات	28
3	معامل تغير قيمة DBO_5 بدلالة حجم العينة المستعملة	39
4	القيم المتوسطة للوسائط المقاسة للمياه الداخلة المستعملة في تغذية الأحواض أثناء عملية التنقية خلال مدة الدراسة (5 أشهر)	44
5	قيم معامل التحليل البيولوجي بتحلل الماء	44
6	القيم المتوسطة للوسائط المقاسة للمياه المعالجة بالحوض المزروع بالنبات وحوض الشاهد أثناء عملية التنقية خلال مدة الدراسة	45

قائمة الأشكال

الرقم	العنوان	الصفحة
1	حوض إزالة الرمال والزيوت	14
2	حوض نزع المواد الصلبة	14
3	حوض معالجة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر	23
4	حوض معالجة بالنباتات بجريان تحت سطحي الأفقي	23
5	حوض معالجة بالنباتات بجريان تحت السطحي الشاقولي	23
6	حوض معالجة بالنباتات بالجريان المتنوع (المهجن)	24
7	خريطة توضح الموقع الجغرافي لمدينة تقرت	29
8	محطة التصفية بتقرت	30
9	المجسم العام للمحطة	31
10	المخطط العام للمحطة	31
11	العتاد التجريبي المستعمل	31

12	نبات *Typha latifolia*	33
13	التطور الزمني لدرجة الحرارة (T) للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع و الشاهد	46
14	التطور الزمني للناقلية الكهربائية CE للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد	47
15	التطور الزمني للأس الهيدروجيني (PH) للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد	47
16	التطور الزمني للأكسجين المنحل Odiss للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد	48
17	التطور الزمني للمواد العالقة MES للمدخل و المخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد	49
18	تطور الملوحة Sel في المدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد	50
19	التطور الزمني للطلب الكيميائي للأكسجين DCO للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد	51
20	التطور الزمني للطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5 في المدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد	52

قائمة الرموز

الرمز	التسمية	الترجمة
PH	potentiel d'hydrogène	الأس الهيدروجيني
CE	Conductivité électrique	الناقلية الكهربائية
MES	Matières en suspension	المواد العالقة
DCO	Demande chimique en oxygène	الطلب الكيميائي للأوكسجين
DBO_5	demande biochimique en oxygène (05 jours)	الطلب البيوكميائي للأوكسجين (5ايام)
Odissou	l'oxygène dissous	الأكسجين المنحل
$PO4^{3-}$	ortho phosphore	أورتو فوسفات
NO_2^-	Nitrite	النتريت
NO_3^-	Nitrate	النترات
WWG	Waste water Gardens	حدائق معالجة المياه المستعملة
ONA	Office nationale d'assainissement	الديوان الوطني للتطهير

قائمة المخططات

الرقم	العنوان	الصفحة
1	مراحل معالجة مياه الصرف الصحي	20

المقدمة

المقدمة

الماء أساس الحياة لقوله تعالى <<**وجعلنا من الماء كل شيء حي** >>.

يعرف الماء بأنه مادة كيميائية تتكون من عنصري الهيدروجين والأكسجين ويتواجد في الطبيعة بالحالة السائلة أو الصلبة أو الغازية، ويعد الماء من أكثر المركبات الكيميائية وفرة في الطبيعة لكونه احد الموارد الطبيعية المتجددة في هذا الكوكب. وهو من العناصر الأساسية على الأرض ومن أهم ما يجعله متفردا عن غيره كمركب كيميائي هو ثباته، حيث أن كمية الماء الموجودة على الأرض في الوقت الحالي هي كمية الماء ذاتها التي كانت منذ خلق الله سبحانه الأرض، إذ تشغل المياه 70 ٪ من مساحة الأرض، فقط جزء صغير منها مناسبة للاستعمال البشري والزراعي (حوالي 0.5% من جميع المياه في العالم) [1].

ولذلك يعتبر الماء عنصر جد مهم في مجالات التنمية الزراعية والصناعية. ولذلك تعد مياه الصرف الصحي إحدى الموارد المائية، وتعود الحاجة الماسة لاستعمال مياه الصرف الصحي إلى الزيادة في عدد السكان وارتفاع مستوى المعيشة والإفراط فاستخدام المواد الكيميائية والتي يصرف اغلبها مع مخلفات الصرف الصحي التي بدورها تجعل من المخلفات السائلة مشكلة عويصة تتفاقم أثارها عاما بعد أخر ولهذا السبب تخلصت معظم دول العالم من الأسلوب القديم الذي كان يتبع في العصور السابقة بالتخلص من النفايات السائلة في الأنهار أو البحار واتجهت إلى التخطيط السليم لإعادة استعمالها بعد معالجتها إلى درجة كافية تحول دون الضرر من استعمالها، باستخدام طرق رخيصة و فعالة لمعالجة مياه المجاري قبل تصريفها في المياه، وتشمل محطات معالجة مياه الصرف الصحي مجموعة من العمليات المستعملة حضريا بالطرق القديمة الكلاسيكية (الحماة و السرير البكتيري ....).

هذه الطرق معقدة بسبب تشغيلها وصيانتها وتكلفتها[2] أما الآن فقد انتشرت تقنيات أخرى تعتبر اقل تلويث للبيئة عن غيرها وتتم بواسطة استخدام كائنات حية دقيقة ونباتات لإزالة البكتيريا من المياه الملوثة ومن أهم هذه التقنيات المعالجة بالنباتات.

تعرف المعالجة النباتية بأنها معالجة تتم بواسطة استخدام نباتات معينة لها القدرة على التقليل من مستويات التلوث في مياه الصرف الصحي عن طريق آليات ايضية يقوم بها النبات حيث تؤذي هذه الآليات إلى إزالة الملوثات المختلفة، وتتم هذه المعالجة عبر أحواض مزروعة بالنباتات يتم تصميمها هندسيا وتحتوي على حصى أو رمل أو مزيج منهما، وتعمل على خفض تركيز الملوثات التي تكون في مياه الصرف الصحي ومن بين النباتات المستعملة في تصفية المياه الملوثة نبات *Typha Latifolia* والذي يلعب دورا كبيرا في المعالجة مما شجع الكثير من الباحثين على التفكير في الاستفادة منه لمعالجة مياه الصرف الصحي ومن الدراسات السابقة التي أجريت في هذا الموضوع نذكر الأستاذ العابد إبراهيم [2]

ويهدف عملنا هذا لمعرفة دور وقدرة نبات *Typha Latifolia* على تصفية المياه المستعملة الحضرية بواسطة التدفق العمودي لمنطقة تقرت.

يتضمن عملنا هذا أربعة فصول:

الفصل الأول: يتناول هذا الفصل نظرة عامة حول تلوث المياه و طرق معالجة مياه الصرف الصحي.

الفصل الثاني: يهدف هذا الفصل إلى دور النباتات في تنقية المياه المستعملة.

الفصل الثالث: يعرض الفصل الثالث منطقة و محطة الدراسة و يصف الأساليب المستخدمة و التحليلات التي أجريت.

الفصل الرابع: يركز الفصل الرابع على تحليل و مناقشة ثم تفسير النتائج التي تم الحصول عليها خلال الدراسة.

الجزء النظري

الفصل الأول

تلوث المياه و طرق معالجتها

1- عموميات حول المياه الملوثة

1-1- تعريف تلوث المياه:

- جاء تعريف منظمة الصحة العالمية عام 1961 م لتلوث المياه على أنه: هو أي تغير يطرأ على الخصائص الطبيعية و الكيميائية و البيولوجية للمياه مما يؤذي إلى تغير في حالتها بطريقة مباشرة أو غير مباشرة، بحيث تصبح المياه اقل صلاحية للاستعمالات الطبيعية المخصصة لها، سواء للشرب أو الاستهلاك المنزلي أو الزراعي أو غيره[2].

- هو أي تغير غير مرغوب به يؤثر فيزيائيا و بيولوجيا و كيميائيا في نوعية المياه و يؤثر سلبا على الكائنات الحية، و يجعل المياه غير الصالحة للاستخدامات المطلوبة[3].

و يمكن معرفة جودة الماء و تمييزه ما إن كان ملوثا عن طريق مجموعة من معايير قياس جودة الماء و منها:

المقاييس الكيميائية لجودة الماء: يعتمد قياس جودة الماء كيميائيا على التغير من حيث التكوين وطبيعة وتراكيز المعادن والشوارد والأملاح والرقم الهيدروجيني وغيرها من الخواص الكيميائية. فإذا وجدت تراكيزها مرتفعة وتحتوي على مواد كيميائية خطيرة فيتم اعتبار الماء ملوثا.

المقاييس الحيوية لجودة الماء: يعتمد قياس جودة الماء حيويا على إمكانية عيش الكائنات الحية كالأسماك والحشرات فإذا تمكنت عدة أنواع مختلفة من العيش فيها فان من المرجح أن تكون جودته جيدة بينما لو كانت النتيجة عكس ذلك فبالتأكيد ستكون جودة الماء رديئة وغير قابلة للاستخدام.

وتعرف الملوثات بحسب برنامج الأمم المتحدة للبيئة بأنها أي مادة فيزيائية أو كيميائية أو عضوية أو إشعاعية موجودة في مياه الصرف الصحي وتعمل على تدني نوعية هذه المياه وتشكل خطورة تمنع الاستفادة منها[4].

1-2- مصادر تلوث الماء:

يمكن تحديد مصادر تلوث المياه على النحو التالي:

1-2-1- مياه الزراعة:

هي المياه الملوثة بالمواد المستخدمة في المجال الزراعي لأجل الزراعة المكثفة، حيث يلجا المزارع لاستخدام مختلف المنتجات ذات الأصل الصناعي والتي تشكل مخاطر على البيئة وعلى نوعية المياه خصوصا وهي أساسا(الأسمدة المعدنية، التجارية وفضلات الحيوانات) [5].

1-2-2- مياه الأمطار الملوثة:

تتلوث مياه الأمطار خاصة في المناطق الصناعية لأنها تجمع أثناء سقوطها من السماء كل الملوثات الموجودة بالهواء ومن أشهرها اكاسيد النيتروجين واكاسيد الكبريت وذرات التراب ومن الجدير بالذكر أن تلوث مياه الأمطار ظاهرة جديدة استحدثت مع انتشار التصنيع، وإلقاء كميات كبيرة من المخلفات والغازات والتربة في الهواء أو الماء [6].

1-2-3- المفاعلات النووية:

تسبب تلوث حراري للماء مما يؤثر تأثيرا ضارا على البيئة وعلى حياتها مع احتمال حدوث تلوث إشعاعي لأجيال لاحقة من الإنسان وبقية الكائنات [6].

1-2-4- مياه الصرف الصحي:

يعد قذف مياه الصرف الصحي دون تنقية أو معالجة إلى الأنهار والبحيرات المجاورة من الممارسات الشائعة في كثير من الدول، ويحمل هذا النوع من المياه ملوثات متعددة من المواد العضوية والكيميائية مثل المنظفات الصناعية ومسببات العدوى [7].

1-2-5- النشاط الصناعي:

تقذف المصانع في المسطحات المائية المجاورة لها كميات متنوعة من الملوثات الصلبة والسائلة، بعضها سام جدا مثل النحاس و الزئبق و الأملاح [7].

1-2-6- التلوث بالنفط و مشتقاته:

تعتبر كميات النفط التي تصل إلى مياه البحار والمحيطات من أكثر ملوثات المياه في العالم للنفط تأثير سام على الكائنات البحرية عندما تمتصه فتتجمع المواد الهيدروكربونية المكونة للنفط في الأنسجة الذهنية وكبد وبنكرياس الأسماك، التي تقتل بدورها الإنسان بسبب إصابته بالسرطان [8].

1-3- أنواع تلوث المياه :

1-3-1- التلوث الفيزيائي:

هو تغير الحالة الفيزيائية والمواصفات القياسية للماء كدرجة الحرارة والملوحة والناقلية الكهربائية وزيادة المواد الصلبة سواء كانت مترسبة أو عالقة وينقسم إلى :

- التلوث الطبيعي:

وهو موجود وجودا دائما. فالمخلفات العضوية وجدت في الماء منذ ظهور الكائنات الحية النباتية والحيوانية على سطح الأرض، إذ تأخذ المخلفات الطبيعية الناتجة عن أجسام الكائنات الحية والمواد العضوية الميتة طريقها إلى الماء في كل مرة تتدفق فيها المياه الجارية وخصوصا لدى هطول الأمطار فوق التربة

والصخور والرواسب المعدنية والفضلات العضوية، ومع ذلك فربما يكون الإنسان مسؤولا في كثير من الحالات عن زيادة التلوث الطبيعي نتيجة لتعدياته على الغابات وأشكال الغطاء النباتي المختلفة.

- التلوث الحراري:

ويحدث عادة حيثما توجد محطات توليد الطاقة الكهربائية والمصانع التي تستخدم الماء للتبريد، إذ تضيف هذه المنشات إلى المسطحات المائية ماء ذا درجة حرارة مرتفعة. وهو ما يسبب في كثير من الأحيان اضطرارا للحياة النباتية والحيوانية أكثر مما تسببه المواد الملوثة التي تقذفها المصانع ذاتها فكل زيادة عن درجة الحرارة الطبيعية في الكتل المائية تخل بالتوازن الطبيعي [4] [9].

- التلوث الإشعاعي :

ومصدر هذا التلوث يكون غالبا عن طريق التسرب الإشعاعي من المفاعلات النووية أو عن طريق التخلص من هذه النفايات في البحار والمحيطات والأنهار.

وفي الغالب لا يحدث هذا التلوث أي تغيير في صفات الماء الطبيعية مما يجعله أكثر الأنواع خطورة حيث تمتصه الكائنات الموجودة في هذه المياه، وفي غالب الأحوال تتراكم فيه ثم تنتقل إلى الإنسان أثناء تناول هذه الأحياء فتحدث فيه العديد من التأثيرات الخطيرة منها الخلل والتحولات التي تحدث في الجينات الوراثية [10].

1-3-2- التلوث البيولوجي:

هي مياه المجاري المستعملة حيث تحتوي على فضلات دورات المياه وشوائب ومنظفات صناعية وبكتيريا. يتم التخلص من هذه المياه في معظم الدول عن طريق تصريفها في المسطحات المائية دون معالجتها حيث تكون المياه ملوثة بالمنظفات الصناعية والصابون وبعض أنواع البكتيريا الضارة.....الخ.

ينتج عن ذلك حدوث أضرار جسمية وتقليل نسبة الأكسجين في الماء والتي تؤدي إلى موت الكائنات المائية وتعفن المياه [11].

1-3-3- التلوث الكيميائي:

ينتج عن تغير الحالة الكيميائية للمياه من درجة الحموضة (pH) أو زيادة تراكيز الأنواع الكيميائية كالأملاح والأحماض والمعادن وذلك بسبب النشاطات الصناعية والزراعية وغيرها ويضم أكثر أنواع الملوثات نذكر منها:

- التلوث بالمخلفات الصناعية:

وهي مركبات خطرة على النظم البيئية، حيث تقوم المنشآت الصناعية بصرف مخلفاتها الصلبة أو السائلة أو الغازية بطريقة عشوائية، وتكمن خطورتها في احتوائها على مركبات كيميائية سامة ومما يزيدها خطورة أن اغلبها شديد الثبات أي أنها لا تتحلل في الظروف الطبيعية، وأن لها اثر تلوثي طويل المدى ومن أهم هذه المواد نجد الأحماض، القواعد، المنظفات الصناعية، الأصباغ، مخلفات المدابغ وبعض مركبات الفسفور والكثير من المعادن الثقيلة السامة مثل الرصاص والزئبق والزرنيخ مما تتسبب في تلوث شديد للمياه التي تلقى فيها [12].

- التلوث بالمبيدات:

المبيدات هي مجموعة واسعة من المركبات العضوية وتنقسم إلى :

*مبيدات الحشرات : مثل الهيدروكربونات الكلورية و الكلورين و مركبات أخرى.

*مبيدات الأعشاب : مثل الاميترول و البراكوت و غيرها [13].

تحتوي هذه المبيدات على مركبات كيماوية معقدة غير قابلة للتفكك في الطبيعة إلا بشروط خاصة وبفترات زمنية متباينة، ينجز عنها تسمم الكائنات الحية المائية بالدرجة الأولى ثم تنتقل هذه المواد عبر السلسلة الغذائية فيصل ضررها إلى الحيوان والإنسان أو قد تصل للإنسان عن طريق الغذاء(المنتجات الزراعية خاصة الألبان)

بينت الدراسات انه خلال 35 سنة الأخيرة رشت أكثر من 1.5 مليون من مادة DDT في دول حوض البحر المتوسط نتج عنه انخفاض في احتياطي الأسماك به [14].

- التلوث بالأسمدة:

هناك ثلاث أنواع رئيسية من الأسمدة الكيميائية وهي الأسمدة النيتروجينية (N) والفوسفاتية (P) والبوتاسية (K) إلى جانب مجموعة رابعة شاع استخدامها مؤخرا وهي أسمدة العناصر الصغرى. الإسراف في استخدام هذه الأسمدة والمخصبات الزراعية بهدف زيادة الإنتاج الزراعي دون الالتزام بالمعدلات القانونية والتي لا يستفيد النبات إلا بالمعدل الطبيعي منها، أما الكميات الزائدة منها تذوب في مياه الري ومياه الصرف الزراعي و يذهب جزء كبير منها إلى المياه السطحية والمياه الجوفية، مما ينجم عنه أضرار كبيرة إذ تتحول الأسمدة النيتروجينية إلى ايون النترات الذي يسبب مشاكل صحية خطيرة، وفي دراسة أجريت في كوريا لتقفي بعض أضرار التسميد في حقل أرز تبين أن تسميد الازوت يزيد من معدل تسرب مشتقات النتروجين كالآمونيا (NH_3) و الامونيوم (NH_4) و النترات (NO_3^-) و النتريت (NO_2^-) وفي

دراسات أخرى كثيرة تبين وجود علاقة وثيقة بين مياه الشرب الملوثة بمشتقات نترو جينية، ومخاطر الإصابة بسرطان البنكرياس والدماغ والمعي الغليظ والمثانة والغدة الدرقية [15].
أما المركبات الفسفورية(P) فإنها تؤذي إلى ترسيب بعض العناصر النادرة الموجودة في التربة الزراعية والتي يحتاجها النبات في نموه وتحويلها إلى مواد عديمة الذوبان في الماء [16].

- التلوث بالمخلفات النفطية:

يعد النفط من أكثر مصادر التلوث المائي انتشارا وتأثيرا، ويرجع هذا التلوث إلى عدة أسباب نذكر منها:

*الحوادث التي تحدث أثناء عمليات الحفر والتنقيب في البحار والمحيطات.

*تسرب النفط إلى البحر أثناء عمليات التحميل والتفريغ بالموانئ النفطية.

*تسرب النفط الخام بسبب حوادث التآكل في الجسم المعدني للناقلة.

*إلقاء ما يعرف بمياه الموازنة الملوثة بالنفط في مياه البحر.

*الحوادث البحرية بمختلف مسبباتها وخير مثال ما حصل على الشواطئ السعودية نتيجة حرب الخليج سنة 1991 وكذا تسرب 350 ألف برميل من النفط من الناقلة الفرنسية كول قرب السواحل اليمنية سنة 2002.

*تسرب أنابيب النفط القريبة من الشواطئ والبحيرات [17].

- التلوث بالأمطار الحمضية :

تعد ظاهرة الأمطار الحمضية وليدة الثورة الصناعية وتعرف على أنها تلك الأمطار الملوثة باكاسيد النتروجين واكاسيد الكبريت بحيث لاحظ العالم السويدي "سفانت اودين" أن الأمطار التي تتساقط تزداد حموضتها عبر الزمن مما يؤثر على صحة الإنسان والحيوان خاصة أن هذه الأمطار تذيب مواد سامة موجودة في التربة مثل الزئبق والرصاص [18].

1-4- مياه الصرف الصحي :

1-4-1- تعريف مياه الصرف الصحي:

- الماء المستعمل هو الماء الملوث الذي يتركب من المخلفات المنزلية والتي تشمل بقايا الدهون والأطعمة والمنظفات الصناعية المستعملة في الغسيل والتنظيف والمواد العضوية والمخلفات الآدمية بالإضافة إلى مياه الشطف لساحات المنازل حاملة معها الأتربة وبعض المواد العالقة، كذلك المخلفات الصناعية وهي المياه الناتجة من المصانع وتحتوي على نسب مختلفة من المواد الغريبة والكيماوية التي تفسد خواصه الكيميائية مما يجعله غير صالح للإنسان [19].

- هي المياه التي تصدر عن التجمعات السكنية والصرف الصناعي والتجاري وهطول الأمطار والعواصف المطرية، ومزارع تربية الحيوانات والمياه المرشحة إلى أنابيب المجاري العامة وغيره وتحتوي مياه الصرف على 99% إلى 99.6% مياه أما البقية فهي مواد معلقة ومواد ذائبة [20].

- هي المياه العادمة التي استخدمت من طرف الإنسان في مختلف المجالات تكون هذه المياه ملوثة بواسطة مواد تغير من خصائصها الكيميائية أو تغير من طبيعتها مما يجعلها غير صالحة للإنسان أو الحيوانات أو النباتات أو الكائنات التي تعيش في البحار و المحيطات [21].

1- تتحدد نوعية مياه الصرف الصحي باللون والرائحة والعكارة ودرجة الحرارة التي تكون عادة أعلى من حرارة الجو [19].

2- تتحدد نوعية مياه الصرف الكيميائية بمحتواها من المواد العضوية وغير العضوية [2].

1-4-2- خصائص مياه الصرف الصحي:

من أهم الخصائص الأساسية لمياه الصرف الصحي نجد ما يلي :

- الشوائب الصلبة المعلقة:

وهي أجسام صلبة ذات كثافة أعلى من كثافة الماء وبقاءها على شكل معلق مرتبط بقوة حركة المياه بحيث تكون الأجسام المعلقة ذات طبيعة معدنية مثل الرمال والتراب أو عضوية كبقايا النباتات والحيوانات أو حيوية مثل البكتيريا [21].

- المواد الصلبة المنحلة:

تكون هذه الملوثات عضوية ومنها الهيدروكربونات والدسم والزيوت والشحوم والمبيدات الحشرية والعشبية والبروتينات والفينولات ....الخ، أو اللاعضوية ومنها القلويات والأحماض والكلوريدات والمعادن الثقيلة والنتروجين والفسفور والكبريت.

- الغازات المنحلة:

ومنها غاز كبريت الهيدروجين والامونيا والميثان والأكسجين.

- الأحياء الدقيقة:

وهي الأجسام الحية الدقيقة كالفيروسات والبكتيريا والطحالب.... وهي المسؤولة عن تفكيك المادة العضوية الموجودة في الماء [21].

1-4-3- أنواع مياه الصرف الصحي:

تنقسم المياه حسب درجة تلوثها إلى مياه رمادية وسوداء، المياه الرمادية تحتوي على ملوثات قليلة على سبيل المثال من أصل محلي ناتج عن غسل الأطباق والملابس واليدين والحمامات أما المياه السوداء فهي تحتوي على مواد مختلفة أكثر تلويثا وأكثر صعوبة في إزالتها مثل البراز ومستحضرات التجميل وجميع أنواع المنتجات الثانوية الصناعية المخلوطة بالماء بالإضافة إلى مياه الأسطح والطرقات إلا انه في الغالب تقسم المياه العادمة حسب مصادرها إلى: المياه المنزلية – المياه الصناعية – المياه الزراعية – مياه المجاري و الأسطح [22].

- مياه الصرف الصحي المنزلي:

هي المياه التي يستخدمها الإنسان لتلبية الاحتياجات المنزلية، وهي تشكل الجزء الرئيسي من التلوث وتتكون من:

*مياه المطبخ التي تحتوي على مادة معدنية ناتجة عن غسل الخضروات والمواد الغذائية القائمة على المواد العضوية (الكربوهيدرات والدهون والبروتينات) ومنتجات المنظفات.
*مياه الغسيل التي تحتوي على المنظفات بشكل رئيسي.
*مياه الحمام محملة منتجات للنظافة الشخصية ودهون هيدروكربونية عامة.
*صمام ماء من الصرف الصحي محمل بالمواد العضوية الهيدروكربونية والنيتروجين والفوسفور والكائنات الحية الدقيقة [23].

- مياه الصرف الصناعي:

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

تحتوي على مواد عضوية وغير عضوية ومواد ربما سامة قد تسبب عدم التوازن البيئي وتتطلب معاملة خاصة تبعا لنوع المركبات قبل تصريفها [24].

- مياه الصرف الزراعي:

هي المياه الآتية من السقي الزراعي والري وتكون ملوثة بالأسمدة ومبيدات الأعشاب ومبيدات الحشرات وكذلك المواد العضوية الناتجة عن فضلات الحيوانات وبقايا النباتات.

- مياه الأسطح و المجاري:

وتشمل كل من مياه الأمطار الساقطة على سطح الأرض ومياه غسيل الشوارع والتي تتجمع في البالوعات، بالإضافة إلى مياه الرشح والتي تعرف بمياه السيلان التي تدخل إلى قنوات الصرف من خلال الوصلات غير المتقنة حيث تحمل معها الرمال والبقايا الصلبة العالقة، وقد تصرف هذه المياه في قنوات خاصة ثم تلقى في الوسط البيئي مباشرة لأنها غير ملوثة لكن في الغالب تكون البالوعات متصلة بقنوات الصرف الصحي.

1-5- مقاييس تصنيف الملوثات في المياه المستعملة :

1-5-1- مقاييس فيزيائية:

- درجة الحرارة

هي مؤثر مهم لمعرفة مدى تلوث المياه حيث يؤثر على:

- ذوبانية الأملاح والغازات خاصة الأكسجين المنحل.
- تكاثر الكائنات الحية الدقيقة وبالتالي تؤثر على التنقية البيولوجية[25].

- الدليل الهيدروجيني

هو تركيز ايونات +H في الماء. يتحكم PH في عدد كبير من التوازنات الفيزيائية والكيميائية كما أن معظم البكتيريا تنموا في نطاق PH بين 5 . 9 والأفضل بين 6.5 و 8.5 تؤثر قيم الأس الهيدروجيني الأقل من 5 أو الأعلى من 8.5 على نمو وبقاء الكائنات الحية الدقيقة المائية وفقا لمنظمة الصحة العالمية [22].

- مواد العالقة MES

تمثل المواد غير الذائبة والموجودة في مياه الصرف وتضم المواد العضوية والمعدنية و يرمز لها ب: MES أي matière en suspension يعبر عنها ب: mg/l، القيمة القصوى للمواد العالقة لا تتجاوز 35 mg/l لكي نستطيع رميها في المحيط بدون خطورة أما إذا تجاوزتها تصبح خطر على المحيط فيجب معالجة هذه المياه حسب (المرسوم التنفيذي رقم 06 – 141 المؤرخ في 19 افريل 2006)[2].

- الناقلية الكهربائية

تحتوي المياه الطبيعية على تراكيز خفيفة من الأملاح المعدنية المتشردة وبالتالي فجميعها تشارك في الناقلية الكهربائية وتنتج الناقلية العالية عن ارتفاع نسبة الملوحة بسبب الملوثات المعدنية، القيمة القصوى للناقلية الكهربائية لا تتجاوز 3ds/m.

- العكارة

تتناسب عكسيا مع شفافية المياه فهي إلى حد بعيد عامل التلوث يشير إلى وجود مواد عضوية أو معدنية في شكلها الغروي العالق في مياه الصرف الصحي، تتغير تبعا للمادة العالقة (MES) الموجودة في الماء [26].

- اللون و الرائحة

يكون عادة لون مياه الصرف الصحي الخام العادية رمادي أما اللون الأسود فيعود إلى تحلل جزئي للمواد العضوية الذائبة أو الغروية. أما الرائحة فمياه الصرف الصحي الحديثة لديها رائحة لطيفة و ليست قوية، الرائحة الكريهة ترجع إلى المياه التي بدأت في التخمر عن طريق الركود إما في نظام الصرف الصحي أو قبل التفريغ في القنوات [27].

1-5-2- مقاييس كيميائية:

- الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO5:

وهو كمية الأكسجين اللازمة لأكسدة المواد العضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي وتحويلها إلى مركبات بسيطة ثابتة تحت درجة حرارة 20 C° خلال خمسة أيام وذلك بواسطة أنواع من الكائنات المجهرية الدقيقة الهوائية وأهمها البكتيريا.

هذه الكمية تساوي حوالي 0.66 من كمية الأكسجين اللازمة لتفكيك كافة المواد العضوية القابلة للهضم الكامل و التي تتطلب فترة طويلة من الزمن و يكون معدل الطلب البيوكيميائي للأكسجين في المياه المستعملة المنزلية (150mg/l – 500).

- الطلب الكيميائي للأكسجين DCO:

يعرف بأنه مقدار الأكسجين المستهلك من اجل أكسدة كيميائية للمواد العضوية وغير العضوية المسببة لتلوث المياه لكل واحد لتر من المياه، ومن أجل أكسدة هذه المواد تستعمل مؤكسدات قوية مثل ثاني كرومات البوتاسيوم [2].

- النيترات (NO_3^-) :

أثبتت الأبحاث الطبية مضار النترات على الصحة وخاصة على الأطفال بالإضافة إلى تزايد النترات بشكل كبير في المياه الجوفية والسطحية نتيجة التوسع الكبير في استعمال الأسمدة الازوتية والكيميائية.

إن تحديد تلوث المياه بالنترات عملية صعبة نتيجة التحولات المستمرة للازوت ضمن حلقة متكاملة تعرف بحلقة الازوت توضح هذه الحلقة أن النترات تمثل المرحلة النهائية لأكسدة المركبات العضوية الازوتية،

ولذلك فان وجودها في المياه الملوثة يشير إلى سير عملية التنقية الذاتية وتأتي النترات المتواجدة في المياه الطبيعية بفعل جريان المياه على سطح التربة في مرحلة تشكل الأنهار، يضاف إليها النترات القادمة مع مياه الصرف والنترات الناتجة عن أكسدة البكتريا للفضلات العضوية الازوتية[2].

- النتريت (NO_2^-) :

تمثل شوارد النتريت مرحلة انتقالية من شوارد النترات وشوارد الامونيوم ضمن عملية الأكسدة والإرجاع لهما أي أن شوارد النتريت المتواجدة في الوسط المائي ناتجة عن إرجاع النترات أو عن أكسدة شوارد الامونيوم ولا يوجد مصدر طبيعي للنتريت[2].

- ارتو فوسفات (PO_4^{-3}) :

ينشا الفوسفات في المياه السطحية من مصدر طبيعي ومصدر صناعي كالأسمدة والمنظفات الصناعية تتواجد شوارد الفوسفات في الماء بأشكال مختلفة تبعا لقيمة ph الوسط حيث تكون المياه الطبيعية ذات ph بين (5– 8) تحتوي شوارد الفوسفات أحادية وثنائية الهيدروجين ($H2PO^- – HPO_4^{-2}$).

يعتبر الفوسفات المنحل في مياه الري مادة مغذية للنباتات غير أن ارتفاع نسبته أكثر من 60ملغ/ل يؤدي إلى تغير في بنية بعض النباتات كما أن الأسماك تتغذى بالفوسفات المنحل في المياه [2].

1-5-3- مقاييس بيولوجية:

الهدف من التحليل البكتربيولوجي للمياه البحث عن الأنواع التي يحتمل أن تكون ممرضة. لكن من الصعب الكشف عنها لذلك تختبر المياه لوجود مجموعة القولونيا من عدمها، حيث يدل وجودها على تلوث المياه، وأهم مجموعة القولونيات هي *Coli forme group* التي تشتمل على القولونيات البرازية *Bactérie Coliformes Fécaux* وتتكون بشكل رئيسي من بكتيريا *Escherichia coli* وبعض سلالات بكتيريا *Pneumonie Klebsiella* وبكتيريا القولون البرازية هي التي تحدد حجم التلوث ومدى خطورته وهي توجد بصور طبيعية في أمعاء الإنسان والحيوانات من ذوات الدم الحار بمعدل مليون / جرام من البراز. ونادرا ما توجد في التربة أو في النباتات.

*البكتيريا الكلية *Coliforme totaux* تحمل نفس خصائص البكتيريا السابقة إلا أنها تستطيع أن تعيش خارج جسم الإنسان خاصة في الأراضي الزراعية، والبكتيريا الكروية السبحية البرازية *Les Streptocoques Fécaux* وهي بكتيريا كروية الشكل تتواجد متراصة بشكل سبحي غالبا حيث توجد بشكل طبيعي في أمعاء الإنسان والحيوان إلا أن نسبة وجودها إلى وجود بكتيريا القولون البرازية يختلف في الإنسان منه في الحيوان، وبذلك زادت أهميتها كمؤشر يمكن من خلاله معرفة مصدر التلوث وتتميز عن

بكتيريا القولون البرازية بتحملها الملوحة والحرارة والقلوية كما أنها تبقى حية فترة أطول خارج الأمعاء ولكنها موجودة بأعداد قليلة [28].

*أما الفيروسات فهي كائنات معدية ذات حجم صغيرة جدا(10 إلى 350 nm). تتواجد بشكل غير طبيعي إما عن قصد وذلك بالتلقيح أو بالصدفة عن طريق العدوى. تنتقل بلمس سوائل وإفرازات الشخص المصاب (الدم، اللعاب، العرق، البراز...) مثل فيروس التهاب الكبدي بأنواعه A.B.C وهو أخطرها وفيروس شلل الأطفال [22].

*كما تحتوي المياه العادمة على الطفيليات والتي تسمى الأوليات أو *Protozoaires* وهي كائنات وحيدة الخلية ذات نواة أكثر تعقيدا واكبر من البكتيريا، تعتمد بعض الأوليات خلال دورة حياتها ما يسمى الكيس، هذا الشكل يسمح لها عموما بمقاومة طرق معالجة المياه المستعملة.

*الديدان الطفيلية هي ديدان متعددة الخلايا، مثل الأوليات فهي في الغالب كائنات طفيلية مثل دودة الإسكارس والدودة الشريطية، بيضها مقاوم للغاية ويمكن أن يعيش لعدة أسابيع أو حتى شهور في التربة أو النباتات المزروعة [22].

1-6- المعايير و التراكيز المسموح بها :

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

جدول رقم (1) : قيم الحد الأقصى لمعالم صرف نفايات الوحدات الصناعية [2]

المقاييس	القيمة
درجة الحرارة	30 م°
Ph	6.5 –8.5
المواد العالقة MES	30mg/l
الطلب الحيوي للأكسجين DBO_5	30mg/l
الطلب الكيميائي للأكسجين DCO	90mg/l
الازوت N	30mg/l
الفوسفات	02mg/l
الزنك	10mg/l
الكروم	0.1mg/l
المنظفات	01mg/l
الزيوت و الدهون	20mg/l
الأكسجين المنحل	5-2mg/l
النتريت	30mg/l

1-7- طرق معالجة مياه الصرف الصحي:

هناك عدة طرق معتمدة في معالجة مياه الصرف الصحي نذكر أهمها :

1-7-1- المعالجة بطريقة الحمأة النشطة:

نظرا لأن المياه التي تصل للمحطة هي مياه ملوثة إذن فهي تحتوي على أنواع متعددة من الملوثات مثل الزيوت والشحوم والأتربة والمواد الصلبة مثل الحجارة والبلاستيك فبذلك تختلف مراحل التصفية.

المعالجة الفزيائية :

- تعتبر هذه أول مرحلة نسبة المعالجة فيها 30% يتم فيها:
- إزالة المواد الصلبة (حجارة، أغصان، بلاستيك) (dégrileur)
- إزالة الرمال ونزع الزيوت (dessableur-déshuileur)

الشكل(1) :حوض إزالة الرمال و الزيوت

الشكل(2) :حوض نزع المواد الصلبة

وتمر هذه المعالجة بمراحل:

المرحلة الأولى الغربلة Filtration :

يتم فيها إزالة الجزيئات اللاعضوية كبيرة الحجم و كذلك الألياف غير قابلة للانحلال بنسبة (30-20)% بالغربلة Tamisage أو بالترسيب البسيط أو غير البسيط، فتنزع المواد الصلبة الكبيرة بوسائل ميكانيكية بتصفيتها في مصاف معدنية وينزع الرمل بالترسيب بحركة هرمية دائرية وهي معالجة ضرورية لحماية المنشات الميكانيكية والمضخات المختلفة الموجودة في المراحل اللاحقة من المعالجة [29]. وتتكون هذه المرحلة من عدة مراحل وهي:

1)نزع المواد كبيرة الحجم

يتم في هذه المرحلة فصل المواد الصلبة بوسائل ميكانيكية مناسبة حيث تمر المياه الملوثة في مصافي معدنية ذات فتحات مناسبة من اجل فصل المواد كبيرة الحجم حيث تترسب المياه المعدنية في أحواض مناسبة وفي هذه المرحلة يتم فصل المواد الطافية والرغوية من فوق سطح المياه بوسائل معدنية.

2)نزع الرمل

تهدف هذه المرحلة إلى التخلص من الرمل والأتربة المحمولة ضمن المياه الخام لتفادي تأثيرها السلبي في التجهيزات، هناك عدد من الأحواض المستخدمة لفصل الرمل(Des sableur) منها الأحواض العادية على هيئة قناة ضيقة أو الأحواض المستطيلة أو الدائرية. وتستعمل مع تحريك هوائي أو دونه وفقا لنوعية المياه وفي جميع تلك التجهيزات تتجمع الجسيمات والشوائب في قعر الحوض و تزال يدويا أو بمضخات خاصة، وإن تحديد أبعاد الحوض يعتمد على القاعدة التي تفترض التخلص من 80 % من الرمل الذي تزيد أبعاد حبيباته على 200 ميكرومتر، أما التخلص من حبيبات الرمل الصغيرة (اقل من 200 ميكرومتر) فيمكن أن تحدث بإبقائها بالحالة المعلقة على السطح بالتحريك الهوائي والتخلص منها بإزالة الطبقة السطحية يمكن للرمل المترسب أيضا أن يحتوي مواد عضوية ملتصقة بحبيباته [30].

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 ومن 40% إلى 60% من الجزيئات الثقيلة الصلبة.

4)أحواض التعديل

ضمن هذه المرحلة تعدل فيها حدة المتغيرات ضمن سيلان وتدفق المياه غير المعالجة الواصلة إلى المحطة حتى تكاد تكون ثابتة التدفق وشبه ثابتة التركيز للملوثات التي تحتويها المياه غير المعالجة الداخلة إلى المحطة [29].

المرحلة الثانية :

تترسب في هذه المرحلة المواد الصلبة الدقيقة فتمر المياه في ثلاثة أحواض وهي:

1)حوض إزالة الرمال

وهو حوض ذو زمن مكوث قصير لإزالة الرمال الدقيقة والثقيلة الوزن سريعة الترسيب ذات القطر ما بين (0.1– 0.2 مم) وسرعة الجريان 0.3 م/ثانية [2].

2)حوض الترسيب الأولي

ويتم فيه إزالة المواد الصلبة بطيئة التركيد إذ يبلغ زمن المكوث هنا أكثر من ساعتين حيث تطفو القطرات الزيتية الأخف من الماء على السطح في نفس الوقت الذي تترسب فيه المواد الصلبة الأثقل من الماء في قاع الحوض [2].

3)حوض نزع الزيوت و الشحوم

ويتم نزع الدهون والزيوت الطافية بواسطة كاشطات وهي الطريقة المستخدمة بكل محطات التنقية على مستوى الوطن [31].

المعالجة البيولوجية :

تسمح المعالجة البيولوجية بتحطيم وهضم المادة العضوية القابلة للتحلل من طرف الكائنات الحية الدقيقة Les micro-organismes وهذا في وجود الهواء حيث تقوم هذه الأخيرة بامتصاص المواد العضوية الملوثة وتوجد عدة طرق:

1)طرق المعالجة المركزة

تعتبر طرق المعالجة المركزة أكثر التقنيات البيولوجية تطورا على مستوى محطات المياه الحضرية، يعتمد مبدأ هاته الطرق على توفير مساحات صغيرة وتكثيف عمليات تحويل المواد العضوية التي يمكن ملاحظتها في الوسط الطبيعي [32] توجد ثلاث طرق أساسية وهي:

***الأسرة البكتيرية أو أسرة الترشيح**

يتكون السرير البكتيري من تجمع جزيئات كبيرة مثل: الأحجار ثم تليها جزيئات اقل حجما منها إلى غاية الوصول إلى جزيئات دقيقة في الطبقة الداخلية هذه الطبقات تمثل دعامة للكائنات الحية وقد تكون الدعامة من البلاستيك ، تمر مياه الصرف عبر هذه الطبقات من خلال حامل أنبوب كبير به ثقوب على شكل مرشات صغيرة موزعة على سطح الحوض، وبعد عدة أسابيع يغطى سطح السرير البكتيري بطبقة غشائية رقيقة لزجة تدعى Zooglée ذات طبيعة بيولوجية تحتوي على كائنات حية دقيقة مختلفة التي تؤكسد المادة العضوية الملوثة تتواجد في الطبقات العليا بكتيريا هوائية بنسبة كبيرة أما في الطبقات السفلى فتحتوي في اغلبها على بكتيريا لا هوائية [33].

أولا تمر المياه بالتصفية الميكانيكية وأحواض الترسيب الأولي ويعبر الماء الصافي إلى السرير البكتيري أين يتم هدم المادة العضوية بتدخل البكتيريا لتعطي طبقة Zooglée والماء الناتج أي المصفى يمرر في حوض الترسيب الثانوية أين تختزل المادة العضوية بدرجة كبيرة [33].

***الأقراص البيولوجية**

الأقراص البيولوجية لها نفس مبدأ عمل الأسرة البكتيرية تتألف من حوض أو أكثر تدور فيه ببطء أقراص دائرية متقاربة ومركبة على أعمدة أفقية حيث تمر الأقراص المصنوعة من البولستر ين أو الكلوريد المتعدد الفينيل جزئيا في المياه الملوثة بحيث تتشكل طبقة من الوحل البكتيري على سطحها الرطب.

ويسمح دوران هذه الأقراص بتعرض البكتيريا للمياه الملوثة حيث تمتز المواد العضوية ثم للهواء حيث تمتص الأكسجين [34] تميز هذه التقنية بتكلفتها المنخفضة وأدائها الضعيف وتأثرها بالظروف المناخية (الأمطار وغيرها)[2].

***الحمأة النشطة**

يعتمد مبدأ الحماة المنشطة بتكثيف عمليات التنقية الذاتية الموجودة في البيئة الطبيعية [32] فبعد المعالجة الفيزيائية الأولية تعبر المياه إلى حوض الترسيب الابتدائي يتم فيه التخلص من المادة العالقة بنسبة 70% خلال عدة ساعات بترسبها مشكلة أوحال ابتدائية Boues primaires، ثم تمر المياه إلى أحواض التهوية(أحواض مهوات ميكانيكيا) يتم أكسدة المادة العضوية بواسطة الكائنات الدقيقة مشكلة Les flocs وهذه الأخيرة تترسب وتتجمع وتعطي Les boues activées [35].

تخضع المياه الناتجة عن حوض التهوية إلى الترسيب الثانوي عند تراكم Les boues activées 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 " الهواظم اللاهوائية " من اجل قتل البكتيريا، المعالجة بالأوحال النشطة تضمن نقص في DBO_5 بنسبة 9% ومعالجة 1000L من مياه الصرف تعطي 500g من الوحل [35].

1-7-2- المعالجة بالبحيرات

هي عملية معالجة بيولوجية هوائية تكون مجهزة بنظام تهوية اصطناعي يضمن أكسدة المياه المستعملة، يتم إحضار هذا الأخير ميكانيكيا بواسطة جهاز تهوية سطحي أو نفخ الهواء يعتمد مبدأ البحيرة المتدفقة بشكل أساسي على تدهور المواد العضوية الواردة في مياه الصرف الصحي عن طريق سلسلة غذائية من الكائنات الحية الدقيقة [36].

1-7-3- المعالجة بالنباتات

هي إحدى الطرق المستخدمة لمعالجة المياه المستعملة أو ما يسمى بنظام الحدائق وهو منطقة رطبة اصطناعية يعتمد فيها على توفير نفس شروط المناطق الرطبة وهذا بفضل النشاط الذي تقوم به النباتات والكائنات الحية الدقيقة في تفكيك الملوثات والمواد العضوية والوقت المفضل لبقاء الماء داخل الحوض هو من 4- 5 أيام، و بالتالي يستحسن أن يكون حوض الحديقة كبير بحيث يسمح للمياه بالإقامة المدة المطلوبة من اجل الحصول على معالجة عالية الجودة و تتمثل هذه الطريقة بما يأتي:

***حوض التجميع** : وهو حوض لجمع المياه القذرة حيث تحدث فيه معالجة أولية .

***حوض النباتات :** وهي المرحلة الثانية للمعالجة ويتكون من طبقة سميكة من الحصى لهذا منه أن يكون كدعامة لجذور النباتات حيث يكون وسط دائما مملوء ومشبع بالماء وهذه النباتات لا تعتبر نباتات مائية لعدم وجود مياه على السطح [2].

***حوض الجريان الحر :** تحتوي هذه الأحواض على نباتات مائية مغمورة كليا بالماء وتزيل هذه المرحلة العوامل المسببة للمرض نظرا لتعرض المياه فيها لأشعة الشمس [37].

وبما أن موضوع دراستنا حول المعالجة بالنباتات سنتطرق إليها بالتفصيل .

الفصل الثاني

معالجة مياه الصرف الصحي

بواسطة النباتات

1- مدخل

المعالجة النباتية هي 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[38].

فقد أظهرت بعض الدراسات العلمية على المعالجة الطبيعية للمياه الصرف الصحي الحضرية بأن المعالجة بواسطة النباتات هي أفضل تقنية بسيطة ورخيصة وطريقة معالجة طبيعية في إزالة التلوث عن طريق الأراضي الرطبة الاصطناعية وتعتمد فيها على توفير نفس شروط المناطق الرطبة الطبيعية، وتدعى رئة الأرض وذلك لقدرة معالجة المياه القذرة، وهذا بفضل النشاط والدور الكبير الذي تقوم به النباتات، والكائنات الحية الدقيقة.

2- محطات المعالجة

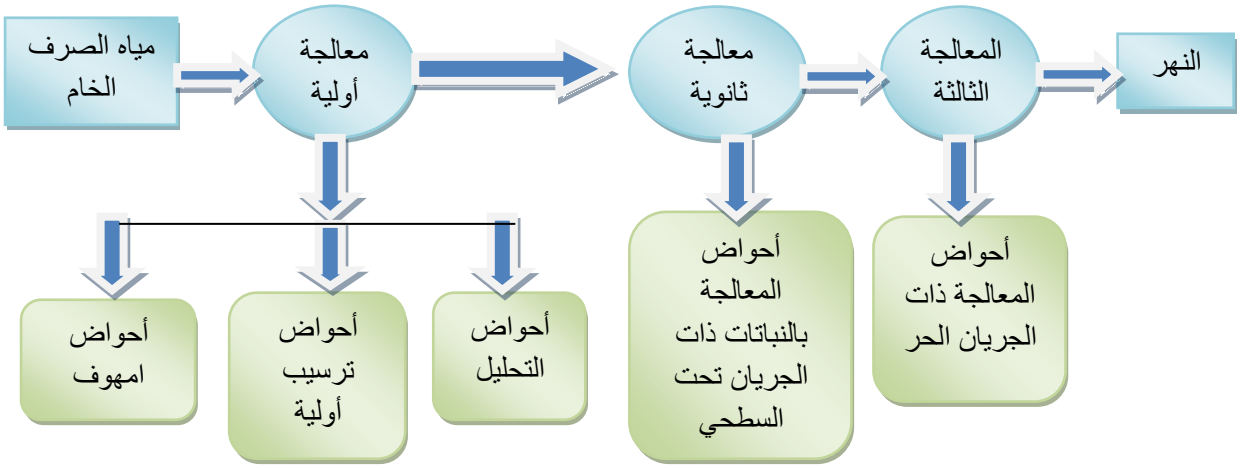
تتم هذه المعالجة بواسطة نظام حدائق معالجة مياه الصرف الصحي (Gardens Wastewater Treatment) ويرمز له بالرمز (WWG) حيث يعتبر كمنطقة رطبة اصطناعية تتوفر فيها نفس شروط المناطق الرطبة الطبيعية، يتكون هذا النظام من طبقة سميكة من الحصى(Gravier) الهدف منه أن يكون كدعامة لجذور النباتات، ويكون وسط دائما مملوء ومشبع بالماء.

تبدأ مراحل المعالجة في نظام حدائق معالجة المياه المستعملة من حوض التجميع (fosse septique) 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 (Boite de control)، 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[39].

3- مبدأ نظام WWG

نظام WWG هو عملية بيولوجية معقدة تستند أساسًا إلى التفاعلات التكافلية بين النباتات القادرة على العيش في وسط مغمورة بالمياه والحصى والكائنات الدقيقة. تتغذى الكائنات الحية الدقيقة على المركبات العضوية أو غير العضوية الموجودة في النفايات السائلة. حيث تتميز المياه العادمة بأنها غنية بالمركبات التي يتم استخدامها كمصدر طاقة للكائنات الحية الدقيقة، والجذور التي توفر وسط مهما لنموها بالإضافة إلى إنزيمات التي تنتجها الجذور تعمل على قضاء المواد الضارة في المياه المستعملة[38] [40].

4- معالجة مياه الصرف الصحي بالنباتات المخطط



المخطط رقم (1) مراحل معالجة مياه الصرف

إن معالجة المياه بالنباتات هي نظام فعال في تطهير مياه الصرف الصحي، خاصة كمعالجة ثانية وثالثة. تقلص بصفة قطعية من الملوثات مثل النيتروجين والفسفور والوسيطات مثل(طلب الأكسجين البيو كيميائي) و (طلب الأكسجين الكيميائي). حيث تكمن فعالية حوض WWG بالاعتماد في ذلك على وقت إقامة المياه داخل هذه الوحدة، أي يتحكم في حجم وحدة WWG وكفأتها وقت الاحتفاظ بالماء داخل الحديقة لمدة كبيرة أو أطول وقت ممكن والوقت المفضل لبقاء الماء داخل الحوض هو من 4-5 أيام، وبالتالي يستحسن أن يكون حوض الحديقة كبير بحيث يسمح للمياه بالإقامة المدة المطلوبة من أجل الحصول على معالجة عالية الجودة، وللحصول على نتائج إيجابية نحتاج إلى زيادة وقت إقامة الماء في حوض الحديقة، أو تأمين طريقة تهوى بها الماء(مما يزيد نشاط الكائنات الحية الدقيقة في تفكيك الملوثات والمواد العضوية).

إن وجود النباتات ضمن أحواض الأراضي الرطبة تشكل عبر جذورها وسيقانها وأوراقها مكانا ملائما لنمو الكائنات الدقيقة التي تقوم بتحطيم المواد العضوية الموجودة ضمن مياه المجاري. فتجمع هذه الكائنات الدقيقة المتنوعة التي يطلق عليها اسم بيريفايتون (Periphyton) إن دور البيريفايتون والعمليات الفيزيائية والبيولوجية والكيميائية الطبيعية يقود إلى التخلص من 90 % تقريبا "من الملوثات كما أن محطات المعالجة بالأراضي الرطبة لا تتطلب تقديم تهوية ميكانيكية وما يرافق ذلك من استهلاك كبير للطاقة[41][38].

5- النباتات المائية المستخدمة ضمن محطات المعالجة بالنباتات

توجد أنواع مختلفة من النباتات المستخدمة في المعالجة تم تصنيفها ضمن مجموعات: النباتات العائمة ذات الجذور المثبتة في التربة، النباتات ذات الجذور المغمورة والسيقان والأوراق الظاهرة، النباتات المغمورة كليا بالمياه، النباتات القصبية ذات النبتة الخشبية، النباتات القصبية ذات النبتة العشبية والنباتات الطافية ذات الجذور المعلقة .....الخ]. وعادة يتم استخدام النباتات المتوفرة في منطقة إنشاء المحطة نظرا لتكيفها مع ظروف المنطقة [42] وفي عام 1920 قام العالم البيئي أربر Arber بتقسيم مجموعات النباتات المائية (وعائيات البذور) إلى نباتات ذات جذور وعديمة الجذور، وذلك تبعا لنوع الأوراق ونوع الأزهار، وتبعا لكون الأزهار والأوراق مغمورة بالماء أو طافية على سطح الماء أو الظاهرة بحيث تعلو سطح الماء. وبناء على هذا فقد ظهرت لاحقا تصنيفات سهلة وشائعة لأنواع النباتات المائية عبر أبحاث العلماء وهذه الأنواع تتلخص في ما يلي:

5-1- النباتات المائية البارزة Emergent Macrophijtes

وهي التي تكون جميع أو بعض أعضائها الخضرية بارزة أو منبثقة خارج سطح الماء [44][43] ومن الأمثلة على هذه النباتات القصب (Phragmites) ونبات (Typha) وهو النبات الذي استخدمناه في تجربتنا وسنتطرق لشرحه لاحقا.

5-2- النباتات المائية الغاطسة Submerged Macrophytes

وهي التي تنمو كليًا 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 [44][43] وعموما هذا الصنف من النباتات المائية يضم الأنواع التالية:

Coratophylun spp (coontails). Eggeria ،Cacomba caroliniana (Fanwort) densa (Brazilian

5-3- النباتات المائية الطافيةFloating Leaved Macrophytes

وهي التي تكون جميع أو بعض أعضائها الخضرية طافية[45]. وتنقسم إلى 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 [43][44] وأمثلة على هذا النوع *Eichhornia crassipes (Water hyacinth)* ، *Lemnaceac (Duck weeds*)

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

هذه النباتات الطافية قادرة على بلوغ القاع عبر سيقانها الطويلة حيث تنمو جذورها ضمن قاع الحوض [43][44] ومن الأمثلة *عليها : Nuphar or Nymphaea، Brassenis ، Potamogéton natan*

6- عوامل اختيار النباتات

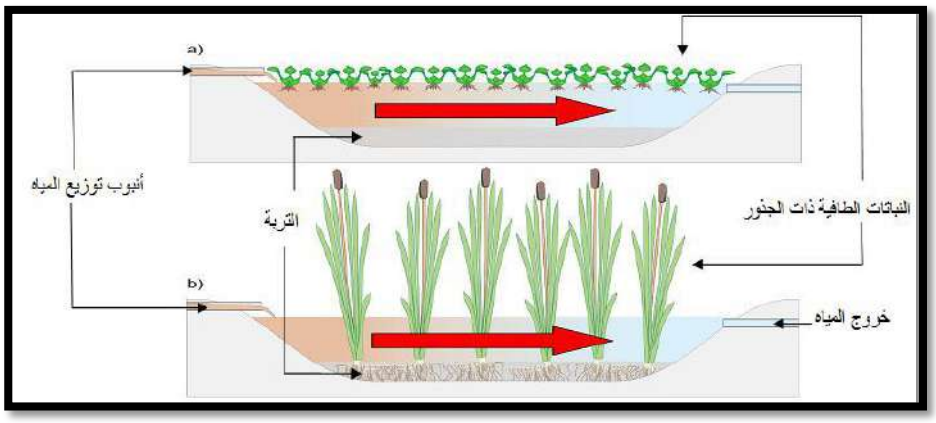
- النباتات يجب أن تكون من النوع الذي ينمو حال ما يتم زرع مجموعة جذرية منه
- يجب اختيار النباتات التي تنمو في البيئة الطبيعية في المنطقة وتتكيف مع مناخها
- يؤخذ في الاعتبار الكتلة الحيوية للنبات، وكذا قوته مطهرة
- يمكن المزج بين نوعين من النباتات لتغطي أعماق مختلفة من النبتات [46]

7- أحواض النباتات المستعملة في تنقية مياه الصرف الصحي

هناك أربعة أنظمة تستعمل في معالجة المياه المستعملة [2]

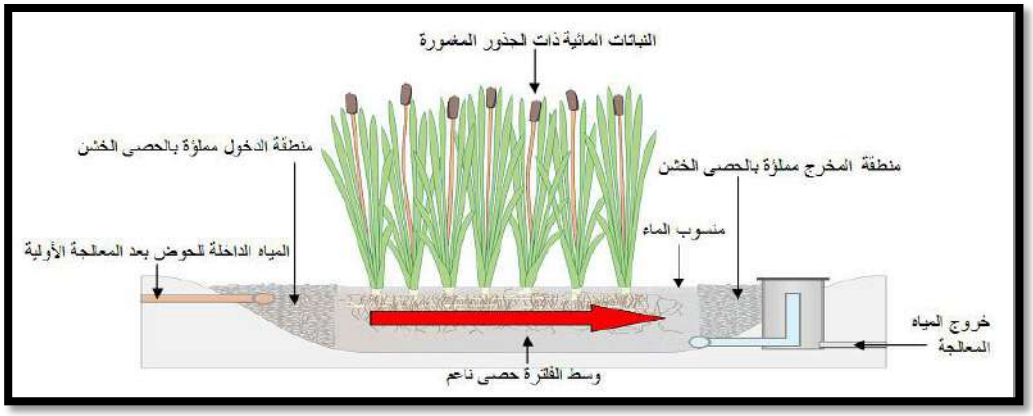
- الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر
- الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الأفقي
- الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان الشاقولي
- الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان المتنوع (أفقي + شاقولي)

7-1- أحواض النباتات ذات الجريان السطحي الحر



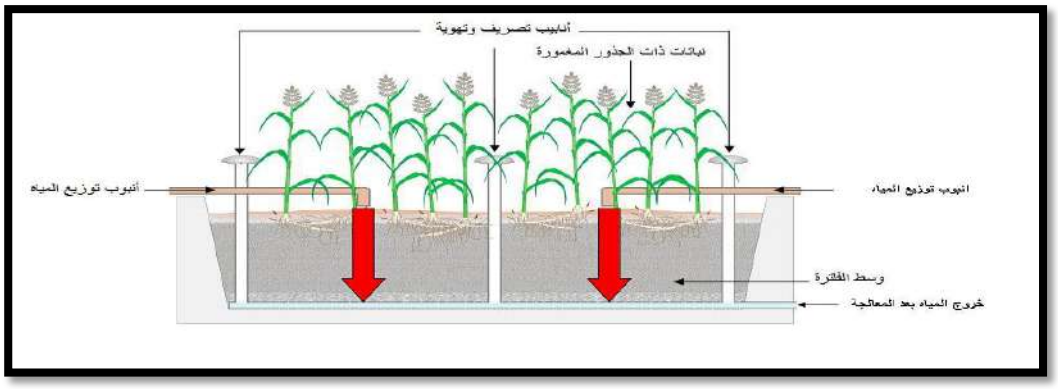
الشكل(3): يوضح حوض معالجة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر

7-2- أحواض النباتات ذات الجريان تحت السطحي الأفقي



الشكل(4) : حوض معالجة بالنباتات بجريان تحت السطحي الأفقي

7-3- أحواض النباتات ذات الجريان تحت السطحي الشاقولي



الشكل(5): حوض معالجة بالنباتات بجريان تحت السطحي الشاقولي

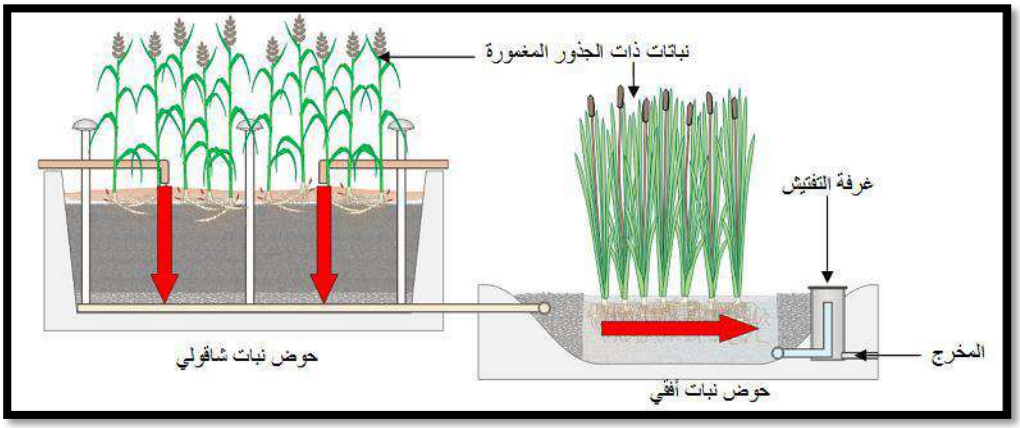
في هذه الدراسة ارتأينا تطبيق الأحواض المدروسة بالنباتات ذات الجريان الشاقولي

ملئ الحوض بالمياه يكون عن طريق استعمال مضخة أو أنابيب من حوض تجمع مياه الصرف الصحي الخام بعد نزع المواد العالقة الثقيلة، استعملوا هذه الأحواض بالتوازي بطريقة الرمل والنباتات وكانت طريقة الغرس بشكل تجمعات نباتية[47]

[50][49][48]تزويد الحوض بالمياه يكون عن طريق استعمال مضخة أو أنابيب من حوض تجمع مياه الصرف الصحي الخام بعد نزع المواد العالقة الثقيلة، وهذه الطريقة تستغرق وقت أطول، حيث استعمل الدكتور الألماني سيدال (Seidel) حوض تصفية شاقولي وأربعة أحواض تصفية أفقية والأخير استعمل فيه نباتات (*Scirpes et iris*) بينما الباحثين في منظمة Cemagraef استعملوا نفس الطريقة مع زيادة حوض تصفية شاقولي.

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، لذلك تحصل عملية النترجة بشكل كامل ضمن هذه الأحواض. الفرق بين أحواض الجريان تحت السطحي الأفقي والجريان تحت السطحي الشاقولي، هو أن هذا الأخير يكون له التهوية أفضل من الأول، وبهذا تكون عملية أكسدة النتريت أفضل و نقص البكتريا اللاهوائية تؤدي إلى نقص الرائحة هذا النظام يحتاج إلى راحة منتظمة من اجل تحطيم المواد العضوية المثبتة في الوسط الفلترة.

7-4- الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان المتنوع(المهجن)



الشكل (6) : حوض معالجة بالنباتات بالجريان المتنوع (المهجن)

8- دور مختلف مكونات النظام:

8-1- دور مواد التعبئة

إن دور مواد التعبئة هي إزالة المواد العالقة في المياه المستعملة وقد أطلق عليها اسم المصفاة، يعتمد اختيار مواد التعبئة على النتيجة المراد الوصول إليها وكذا نوعية الوسط مشبع أو غير مشبع المرتبط بنوعية ومبدأ نظام التصفية شاقولي أم أفقي، و نوع وحجم مكونات مواد التعبئة يعتبر جزء هام لنجاح عمل حوض المعالجة بالنباتات. التوازن البيولوجي ناتج عن مواد التعبئة ومرتبط بسرعة تدفق المياه ومدة مكوث المياه في الحوض. في الأحواض السطحية عملية وضع مواد التعبئة فيزيائية بحتة وسهلة ولكن من الناحية البيولوجية معقدة حيث استنتج (Ronner 1994 et Mitchell،1964) أنه يمكن أن يحدث تدخلات الإفرازات البكتيرية حسب الميتابوليزم البكتيري ونوعية البكتريا الهوائية ولا هوائية حسب شروط الوسط مكونات مواد التعبئة لها القدرة على امتصاص الفسفور والمعادن الثقيلة وهذا مرتبط بكمية الحديد والألمونيوم والكالسيوم الموجود فيها وزمن مكوث المياه داخل الحوض، هذه القدرة تتغير حسب مسامات مواد التعبئة [53][52][51].

8-2- دور النباتات

✓ **دور المباشر**

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 مشبطة مواد سامة Exudats التي تقضي على بعض الأجسام المجهرية الضارة[54]

نوعية النباتات المستخدمة لا تدخل في عملية التنقية لان 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، الهدم الهوائي يبدأ مباشرة عند تزويدها بمياه الصرف الخام .كلما كانت مدة مكوث مياه الصرف في الأحواض صغيرة تكون الروائح شبه منعدمة، تقبل هذه الطريقة للتقنية من طرف السكان مهم جدا و تعتبر ورقة رابحة للمستقبل[54]

✓ **دور الغير مباشر**

زيادة على الملاحظات المستخلصة من التجربة السابقة النباتات تساعد على نمو الكائنات المجهرية وبالتالي الطبقة السطحية تتشبع بسرعة بالمواد المعدنية. العالم كيكوت (Kickuth)أعطى هذه الفرضية ولكنه وجد معارضة من طرف Haberl 1990 et.Cooper)، (1996حيث قالوا من المفروض أن المياه تدخل عن طريق الفتحات الناتجة عن خروج السيقان الجديدة ثم تتسرب إلى الحوض عن طريق الجذور و أشباه الجذور. تقوم أوراق وسيقان النباتات المغمورة بالماء بتأمين سطوح لنمو الكتلة البيولوجية عليها كما أن أنسجة النباتات المغمورة بالماء تستعمر من قبل الطحلبيات والبكتيريا حيث تقوم الطحالب باستهلاك المغذيات وبتزويد المياه بالأكسجين المنحل نتيجة التركيب الضوئي وتقوم البكتيريا بهضم المواد العضوية . الأجسام المجهرية العالقة بالجذور وشبه الجذور تصبح أكثر نشاط لتحطيم المواد العضوية. ولاحظ أن كمية البكتيريا الموجودة في الأماكن المغروسة تكون أكثر من الأماكن الغير مغروسة العالم 0001 (Hofmannفي بعض بحوثه عند تجفيف(الحمأة) la boues هو الوحيد الذي اهتم بهذه العملية[57][56][55]

وأكد فعاليتها بعده العالمانDecamp ، (1998 و Warren) أثبتا أن هذه العملية تستطيع أن تقضي على الأجسام المجهرية (E. Coli) أوراق وسيقان النبات تساعد على تزويد البكتيريا بالأكسجين إلى الداخل، عن طريق الجذور وشبه الجذور [60][59][58] [46]

دور أجزاء النباتات ضمن محطات الأراضي الرطبة(محطات المعالجة بالنباتات)

❖ **أهمية أنسجة النبات المحاطة بالهواء الجوي في المعالجة**

- تحد من نفاذ الضوء إلى الماء مما يقلل من نمو الطحالب.
- العزل الحراري للحوض و خصوصا 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 أحواض الجريان الحر.

❖ **أهمية أنسجة النباتات المغمورة في الماء في المعالجة**

- تمنع الإنسدادات 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.

❖ **أهمية الجذور وأشباه الجذور ضمن وسط الفلترة أو التربة في المعالجة**

- تؤمن نباتية سطح الفلترة(التربة).
- تمنع الوسط من الانسداد في الأحواض ذات الجريان الشاقولي.
- تحرير الأكسجين مما يساعد على النترجة.
- تستهلك المغذيات.
- تحرر مضادات حيوية.

3-8-دور الكائنات الدقيقة(الأجسام المجهرية)

الكائنات الدقيقة لها دور مهم في معالجة وتحطيم الملوثات العضوية بالإضافة إلى تحول للمركبات النيتروجينية. تقوم البكتيريا على عملية الأكسدة الارجاعية، والتي بدورها تنتج الطاقة اللازمة للتخليق العضوي، بحيث تقوم بتحويل المركبات الآزوتية والفسفورية إلى المواد المعدنية الممتصة من طرف النبات.

الدور الثاني للكائنات الدقيقة(البكتيريا) هو أنها تقوم بوظيفة نزع و إنتاج النتريت أو هدمه، وهذا لكي تستطيع البكتيريا من أداء دورها الكامل، فهي تتثبت على حوامل كجذور النباتات ومواد التعبئة لتفادي جرها من طرف المياه.

تحطم الأجسام المجهرية المواد العضوية منتجة كمية من الكتلة الحيوية والتي بدورها يجب القضاء عليها لتفادي الانسدادات.

9- آليات إزالة الملوثات وفعالية أحوض المعالجة بالنباتات

الجدول(2) :أهم آليات الإزالة الرئيسة للملوثات ضمن أحواض النباتات

الملوثات	آلية الإزالة الرئيسية
المواد العضوية	التحليل البيولوجي (هدم ميكروبي هوائي و لا هوائي)
المواد الصلبة العالقة	الترسيب الفيزيائي ، الفلترة الفيزيائية و التحلل البيولوجي
النتروجين	النترجة و إزالة النترجة البيولوجية عمليات الامتصاص الفيزيائية و الكيميائية ضمن وسط الفلترة ومن طرف النبات
الفسفور	عمليات الامتصاص الفيزيائية و الكيميائية ضمن وسط الفلترة ومن طرف النبات
المعادن	امتصاص وتبادل الكاتيونات تشكيل مركبات ترسيب امتصاص من طرف النبات أكسدة وإرجاع من طرف المكروبات
العوامل الممرضة	الافتراس البيولوجي والموت الطبيعي وعمليات الترسيب الفلترة الفيزيائية إفراز مضادات حيوية من طرف جدمور النبات

الجزء العملي

الفصل الثالث

الطرق و الأدوات

1- تقديم منطقة الدراسة (تقرت) :

*الموقع الفلكي : [61]

تقع مدينة تقرت بمنخفض وادي ريغ في نقطة تقاطع بين:

دائرتي عرض 33.116 شمالا.

خطي طول 6.0783 درجة شرقا.

*الموقع الجغرافي : [62][61]

تقع مدينة تقرت في المنطقة الشرقية للجزائر يحدها:

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

- من الشرق مدينة الوادي على الطريق الوطني رقم 16 ب 95 كلم.

- من الشمال مدينة بسكرة على الطريق الوطني رقم 03 ب 220 كلم.

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

الشكل(7) : خريطة توضح الموقع الجغرافي لمدينة تقرت [63]

مدينة تقرت عاصمة إقليم وادي ريغ الذي يمتد على مسافة أكثر من 160 كلم من الجنوب إلى الشمل من قرية قوق إلى شط ملغيغ (اللورير) و شط مروان. حيث يقع وادي ريغ على الجهة الغربية للعرق الشرقي الكبير بالصحراء الشمالية الشرقية للجزائر، ترتفع على مستوى سطح البحر ب 70 متر، تتربع مدينة تقرت

على مساحة إجمالية تقدر ب 481 كلم^2 [64][63] تتميز منطقة تقرت بمناخ حار صيفا و شتاء بارد قارص.

1- تقديم محطة التصفية بتقرت :

تقع محطة التصفية على :

- خطي عرض 16 ° 33 شمالا.

- خطي طول 04 ° 6 شرقا.

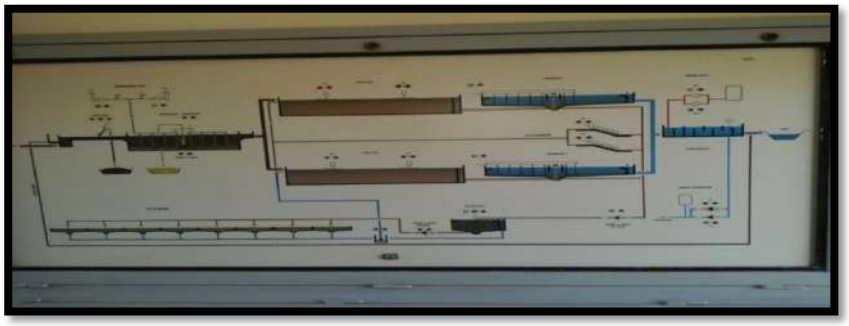
محطة تصفية المياه المستعملة بتقرت هي محطة تابعة للديوان الوطني للتطهير متواجدة بحي بني اسود بتراب بلدية تبسبست. وهي محطة متوسطة الحجم مساحتها حوالي 5 هكتارات ذات قدرة استيعاب تعادل 62500 ساكن و تتكون من إدارات و أماكن دخول المياه و حوض الإزالة الزيوت و الرمال و حوض لإزالة المواد الصلبة و حوضين تهوية و حوضين للترسيب و أحواض التجفيف و حوض التعقيم بالكلور و مخبر. حيث تقدر الكمية المصفاة يوميا بحوالي عشرة ألاف متر مكعب إذ انطلقت الأشغال بها سنة 1993 ثم توقفت مدة لأسباب أمنية و تقنية، ثم تم إعادة تأهيلها سنة 2003 وعادت للعمل من جديد سنة 2004 ولحد الآن لا يتم استغلال المياه المصفاة في السقي لخطورتها على النباتات الموسمية فيقومون برميها في قناة واد ريغ إلى حين استغلالها في سقي الأشجار و النخيل فقط و تستغرق عملية التصفية من 18 إلى 24 ساعة. و تتمثل المهمة الكبرى لهذه المحطة في تصفية المياه المستعملة المتدفقة من بلديات ولاية تقرت عبر مراحل علمية و بتقنيات مختلفة قصد المحافظة على البيئة و المساهمة في حماية الثروة و دعم الفلاحة المحلية بتوفيرها للماء و الأسمدة الطبيعية الناتجة عن عملية التصفية.

الشكل(8) : توضح محطة التصفية بتقرت

***المجسم العام للمحطة :**

الشكل (9): توضح المجسم العام للمحطة

***المخطط العام للمحطة :**



الشكل(10): توضح المخطط العام للمحطة

3- العتاد التجريبي المستعمل:

يتكون العتاد التجريبي المستعمل من حوض التغذية بسعة 80L مملوءة بمياه الصرف الصحي يغذي الأحواض بطريقة التدفق الشاقولي بمعدل التحويل الهيدروليكي 0.057 m3/J حيث يتكون العتاد من حوضين مملوءين بالحصى من الأسفل إلى الأعلى بعمق 20cm بطبقات أحادية ما بين(4-25 mm) الحوض الأول مزروع بنبات *Typha Latifolia* بكثافة (36ساق /m2) أخد هذا المعيار من دراسات سابقة. و حوض ثاني غير مزروع يسمى الشاهد.

الشكل (11): توضح العتاد التجريبي المستعمل

4- النبات المستعمل في التنقية :

نبات ***Typha Latifolia*** ينتمي إلى جنس البوط *Typha* من الفصيلة البوطية *Typhaceae*

1)التصنيف العلمي لنبات ***Typha Latifolia*** : [2]

النطاق : حقيقيات النوى	Eucaryote
المملكة : النباتات	Plantea
الشعبة : البذريات	phanerogams
التعيبة : مستورات البذور	Angiospermes
الصف : أحاديات الفلقة	Monocotylédone
الرتبة : القبائيات	Typhales
الفصيلة : البوطية	Typhaceae
الجنس : البوط	Typha
النوع : عرض الأوراق	Latifolia
الاسم العلمي :	***Typha Latifolia***

الشكل(12) : نبات *Typha latifolia*

2)وصف نبات *Typha latifolia* :

البوط عريض الأوراق *Typha latifolia* نبات عشبي معمر من جنس البوط *Typha* من الفصيلة البوطية، [65] *Typhaceae* [66]يصل طولها من 1.5 إلى 3 أمتار، وهي نبتة خشنة ذات أوراق تشبه الحزم يتراوح عرضها من 2إلى 4 سم، وتنمو من 0.75 إلى 1 متر تحت الماء [67]، وهي وحيدة الفلقة، وتصل من 12 إلى 16 ورقة يصل جدعها من 1 إلى 3 أمتار وتختلف البراعم بين الذكر والأنثى [67]. الأزهار الذكرية تكون في أعلى الجدع بلون بني فاتح، وسرعان ما تسقط مخلفة سيقان عارية، أما الأزهار الأنثوية تكون تحت الأزهار الذكرية بلون بني داكن، تدوم هذه الزهور عدة شهور، لا توجد مسافة بين الزهور الذكرية والأنثوية حيث تسقط الزهور الذكرية بينما تبقى الزهور الأنثوية صلبة و رمادية[2].

تتفتح الأزهار في فصل الصيف، الزهور الأنثوية بعد التلقيح تتحول إلى اللون البني مثل البذور الناضجة وتشكل اسطوانة مألوفة، في فصل الخريف تتحول أوراق نبات *Typha latifolia* إلى اللون الأصفر البني [68]، إن هذه النبتة تصمد أمام الحرائق و حتى إن تم حرقها تبقى البذور كي تنمو بعد فترة من إطفاء الحريق وإزالة أثاره [69]. تتكاثر هذه النبتة بغزارة كبيرة وبطريقة سريعة الانتشار، فهي تتكاثر بطريقتين جنسية و ساكنة، في الطريقة الجنسية تنمو البذور في الوحل وبجانب الوديان وتحت الماء، وهنا البذور تتكاثر أكثر من النبتة في حد ذاتها لأن نبتة *Typha latifolia* تنبت وتتأقلم مع المناخ الرطب [69]. في المراحل الأولى تعتمد على التنفس تحت الماء، و بمجرد أن تنمو فوق الماء تعتمد على التنفس الجوي الهوائي، يصل محصول هذه النبتة إلى 3 طن في الهكتار. هذه النبتة دائمة الحياة على مدار السنة [70].

3)استعمالات نبات *Typha latifolia* :

لهذه النبتة استعمالات كثيرة فقد استعملت قديما كغذاء، حيث تؤكل على حالها أو مطبوخة أو مغلاة خاصة أنها مصدر قوي وغني بالألياف ، كما استعملت لتضميد الجروح[71] ، لقيت هذه النبتة عناية كبيرة حديثا خاصة لتخفيض نسبة التلوث، وهي مهمة في الوقاية من الفيضانات، وفي معالجة المياه الراكدة، وكذلك

الانسدادات في المناطق المائية، وتستعمل في معالجة النفايات البشرية والزراعية والصناعية وامتصاص الفضلات الصلبة وهي مهمة في تخفيض الكميات الزائدة من نسبة الزنك والنحاس والنيكل [73][72] وهي مهمة لأنها سهلة النمو والانتشار خاصة في المناطق الساحلية والتي تكثر فيها الفيضانات وتخفف من التلوث في وقت قصير [74] . تعتبر هذه النبتة مأوى لكثير من الحشرات والزواحف فهي غذاء لها ومكان لوضع بيوضها [72] .

استعملت هذه النبتة قديما للأكل وللاستعمال اليومي في الأثاث مثل حشو الدمى والوسائد والمطارح وصناعة الكراسي والسلال حيث تجمع خضراء وتجفف في مكان واسع ومضلل [75][69].

5- تحديد الوسائط الفيزيو كيميائية المقاسة : [2]

5-1- تحديد المواد العالقة MES :

يوجد طريقتين لقياس كمية المواد العالقة وهما :

الطريقة الأولى: الترشيح و تستعمل عندما تكون المواد العالقة موجودة بكمية قليلة في المياه.

الطريقة الثانية: الطرد المركزي وتستعمل هذه التقنية عندما تكون المواد العالقة ذات كثافة عالية في المياه.

الأدوات و الأجهزة المستعملة :

- الحاضنة
- جهاز نزع الرطوبة
- ميزان الكتروني
- جهاز الطرد المركزي ذو معدل سرعته (2800 – 3200) دورة في الدقيقة
- جهاز الترشيح تحت الضغط
- حوجلة عياريه
- بوتقات
- أوراق ترشيح

***طريقة الترشيح :**

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

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

- نزن ورقة الترشيح وهي فارغة و نسجل وزنهاM0

- نأخذ 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 105C° لمدة ساعتين

- نخرج ورقة الترشيح من الحاضنة و نتركها تبرد بعيدا عن الرطوبة داخل dessiccateur لمدة15 دقيقة

- نزن ورقة الترشيح ونسجل وزنهاM1

حساب النتيجة : كمية المواد العالقة MES نحسب النسبة بين الفرق في الوزن وحجم العينة المستعمل

انطلاقا من العلاقة التالية و تعطى ب(mg/l):

$$C(MES)= M1-M0/V$$

C(MES) : تركيز المواد العالقة (mg/l)

M0 : وزن ورق الترشيح وهو فارغ (mg)

M1 : وزن ورق الترشيح بعد الاستعمال (mg)

V : حجم الماء المستعمل من العينة *(L)*

***طريقة الطرد المركزي(Centrifugation)**

- نأخذ 100ml من العينة و نضعها داخل إناء pots ذو سعة 100ml

- نخضعهما لطرد مركزي لمدة 20 دقيقة حتى نحصل على الراسب

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

- نزن بوتقة نظيفة (Capsule) ونسجل وزنهاM0

- نسكب الراسب داخل Capsule ثم نضعها داخل الحاضنة (Etuve) على درجة حرارة

°105Cحتى نحصل على وزن مستقر

- نخرج البوتقة من الحاضنة ونتركها تبرد بعيدا عن الرطوبة داخل Dessiccateur

- نزن البوتقة مع الراسب الجاف ونسجل وزنهاM1

حساب النتيجة : تركيز MES يحسب من العلاقة التالية:

C(MES)= M1-M0/V

ويعطى بوحدة(*mg/l*)

M0 : وزن البوتقة *Capsule* قبل الاستعمال(*mg*)

M1 : وزن البوتقة مع الراسب بعد الاستعمال(*mg*)

V: حجم الماء المستعمل مع العينة(*ml*)

2-5- تحديد الطلب الكيميائي للأكسجين DCO :

تم تحديد *DCO* بطريقة الأكسدة بواسطة بيكرومات البوتاسيوم في وسط حمضي بوجود سلفات الفضة وسلفات الزئبق بواسطة جهازspectrophotometer) ، (DR3900بطريقة *Digestion par réacteur* في قياسنا ل DCO استعملنا كبسولات تحتوي على الكاشف التجاري محضر سابقا

الأدوات والأجهزة المستعملة :

- جهازspectrophotometer، DR3900

- مولد للحرارة Thermo réacteur

- حامل - كأس بيشر - ماصة - ماء مقطر

- كاشف LCK514 (DCO)

طريقة العمل:

- نرج كبسولة تحتوي على المتفاعلات جيدا من أجل مزج المواد المترسبة

- بواسطة ماصة نظيفة نأخذ *2ml* من العينة ونسكبها على الجدار الداخلي للأنبوبة(كبسولة)التي تحتوي على المتفاعل بحيث تكون الكبسولة بشكل مائل

- نغلق الكبسولة بإحكام ونرجها جيدا

- نسخن الكبسولة لمدة ساعتين أي *120* دقيقة على درجة حرارة *148C°* داخل مولد للحرارة *Thermo-réacteur*

- نخرج الكبسولة من Thermo-réacteur ونتركها تبرد على حامل لمدة 10 دقائق

- بعد 10 دقائق نرج الأنبوبة(الكبسولة)جيدا ثم نتركها تبرد على درجة حرارة عادية(زمن التبريد حوالي *30* دقيقة أو أكثر)

- بعد انتهاء وقت التبريد نضع الكبسولة داخل جهاز spectrophotometer ،DR3900

- نقرأ قيمة *DCO* من الجهاز مباشرة تبقى النتيجة مستقرة لمدة زمنية والنتيجة يعبر عنها ب mg/l

3-5- تحديد الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5 :

تم تحديد كمية DBO_5 باستعمال جهاز (ISO 5813) DBO (MF 120) بطريقة *manométrique*

الأدوات و المواد المستعملة:

- جهاز قياس DBO_5

- حاضنة (20 C°)

- قضيب مغناطيسي

- قارورات الحضن عازلة لضوء ذات سعة *500ml* مزودة بغطاء داخلي و غطاء خارجي

- ملقط

- حوجلة عيارية

- هيدروكسيد الصوديوم

- مثبط 1-alkyle-2- Thio-uree (C4H8N2S)

طريقة العمل :

- نقيس بواسطة دورق مدرج كمية العينة اللازمة للتحليل ثم نسكبها داخل قارورات الحضن نظيفة

- نضع القضيب المغناطيسي داخل كل قارورة

- نظيف قطرات من المثبط -*1-alkyle-2- thio –urée(C4H8N2S)* داخل القارورة

- بواسطة ملقط نظيف قرصين من هيدروكسيد الصوديوم NaOHفي كل غطاء داخلي للقارورة

- نغلق القارورة بإحكام بواسطة TOP OXI

- نضغط على الزرين (S+M) في وقت واحد لمدة 3 ثواني حتى تظهر على الشاشة القيمة (00)

- نثبت درجة حرارة الثلاجة في 20 C° و نتركها لمدة خمس أيام

- نقرا القيمة المعروضة على الشاشة بعد خمسة أيام و نحسب قيمة DBO_5 بالعلاقة التالية :

قيمة القراءة * المعامل =DBO_5(mgO2/L)

- قيمة القراءة : هي القيمة المتحصل عليها من الجهاز

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

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

مجال القياس	حجم العينة(ml)	المعامل	قطرات المثبط
0-40	432	1	9
0-80	365	2	7
0-200	250	5	5
0-400	164	10	3
0-800	97	20	2

1 0.5	50 100	43.5 22.7	0-2000 0-4000

4-5- قياس كمية الأكسجين المنحل :

تم قياس الأكسجين المنحل داخل العينة بالطريقة الأمبيرومترية Ampérométrique

- جهاز القياس Oxymétrie BPL Inolab

طريقة العمل:

- نفتح الجهاز

- نغسل قطب الجهاز بالماء المقطر

- نأخذ 100ml من العينة و نضعها داخل كأس بيشر

- نغمس قطب الجهاز في بيشر و نتركه حتى يستقر

- نسجل من الجهاز النتائج(التركيز - التشبع – الضغط الجزئي للأكسجين)عند ثبوتها على الجهاز بحيث القراءة تأخذ مباشرة من الجهاز.

5-5- قياس الأس الهيدروجيني pH :

تم قياس pH بواسطة جهاز pH متر PH métre

طريقة العمل:

- ضبط الجهاز

- نشغل جهاز pH متر

- غسل القطب بالماء المقطر

- نضع داخل كأس بيشر صغير محلول موقي pH=7

- ضبط جهاز الرج على أقل سرعة(سرعة ضعيفة)

- ندخل قطب داخل المحلول الموقي

- نتركه مدة صغيرة حتى يستقر و يظهر على الجهاز طلب إدخال المحلول الموقى الثاني

- نسحب القطب ثم نغسله جيدا بالماء المقطر ثم ندخله في كأس بيشر رقم 2 يحتوي على محلول موقي pH=4 أو pH=10 حسب طبيعة الوسط المراد قياسه

- نسحب قطب الجهاز و نغسله بالماء المقطر

5-6- قياس درجة الحرارة :

في قياس درجة الحرارة استعملنا جهاز متعدد القياساتanalyseur multi paramètres

كما يمكن استعمال جهاز في 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

5-7- قياس الناقلية الكهربائية :

تم قياس الناقلية الكهربائية بواسطة جهاز قياس الناقلية

طريقة العمل:

- نوصل القطب الخاص بقياس الناقلية بمكانه المخصص في الجهاز

- نغسل القطب بالماء المقطر

- ندخل القطب داخل كأس بيشر المحتوي على العينة

- نقرأ قيمة الناقلية الكهربائية مباشرة من الجهاز عند استقرارها

5-8- تحديد كمية النتريت $N\text{-}NO_2^-$:

تم تحديد كمية النتريت بواسطة جهاز (spectrophotomètre DR3900) بطريقةDiazotation

الأدوات و المواد المستعملة :

- جهازspectrophotometre DR3900

- أنبوب كالورومتريك Cuvette colorimétrique بسعة 10ml. 20 ml. 25ml

- كأس بيشر بسعة 50ml

المتفاعلات:

- كاشف (Nitri Ver 3) بشكل كيس تجاري محضر مسبقا

- ماء مقطر

طريقة العمل :

- نأخذ 10 ml من العينة نضعها داخل جهازspectrophotometre DR3900

- نسكب محتوى الكاشف داخل الأنبوب

- نغلق الأنبوب بإحكام ونرج جيدا ونتركه لمدة 15 دقيقة لتتفاعل

- نأخذ 10 mlمن الماء المقطر(الشاهد) ونضعها داخل أنبوب كالورمتري ثاني ثم نسكب محتوى الكاشف و نرج جيدا ثم نضعه داخل جهازspectrophotometre DR3900

- نضبط الجهاز على الصفر

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

5-9- تحديد كمية النترات $N\text{-}NO_3^-$

تم تحديد كمية النترات NO_3^- بواسطة جهازDR3900 (spectrophotometre) و الطريقة المتبعة Réduction au Cadmium

الادوات و الأجهزة المستعملة :

- جهازspectrophotometre DR3900

- كأس بيشر بسعة 50ml

- أنبوب كالورومتريك Cuvette Colorimétrique بسعة 10ml، 20ml، ml5

المتفاعلات :

كاشف (Nitri Ver 5) بشكل كيس تجاري محضر مسبقا

طريقة العمل :

- نسكب 10ml من العينة داخل أنبوب كالورمتري

- نسكب محتوى الكيس Nitri Ver 5 داخل الأنبوب

- نغلق الأنبوب بإحكام و نرج جيدا مدة دقيقة واحدة

- نترك الأنبوب مدة 5 دقائق ليتفاعل

- نأخذ 10 ml من الماء المقطر(الشاهد) ونضعها داخل أنبوب كالورمتري آخر ثم نضيف له محتوى كيس5 Nitri Ver ثم نضعه داخل جهاز spectrophotometre DR3900 من أجل ضبط الجهاز على الصفر

10-5- تحديد كمية أرتو فوسفات PO_4^{-3} :

تم تحديد كمية ارتو فسفات بواسطة جهازspectrophotometre DR3900

حسب طريقة (Phos Ver3 حمض الاسكوربيك)

الأدوات و الأجهزة المستعملة :

- جهازspectrophotometre DR3900

- كأس بيشر

- أنبوب كالورومتري Cuvette Colorimétrique بسعة10ml، 20ml، 25ml :

المتفاعلات :

- كاشف : Phos Ver3 بشكل كيس تجاري محضر مسبقا

طريقة العمل :

- نأخذ 10 ml من العينة و نضعها داخل أنبوب كالورومتري

- نضيف للأنبوبة محتوى الكيسPhos Ver3

- نغلق الأنبوب جيدا ثم نرجه نتركه لمدة دقيقتين ليتفاعل

- أثناء مدة التفاعل نحضر أنبوب ثاني و نضيف لها 10 mlمن الماء المقطر(الشاهد) ونضيف لها المتفاعل Phos Ver3

- نضع أنبوب الشاهد على الجهاز ونضبط الجهاز على الصفر

- نأخذ الأنبوب الذي يحتوي على العينة ونضعه داخل الجهازspectrophotometer DR3900

ثم نقرأ النتيجة على الجهاز spectrophotometer DR3900 مباشرة بـmg/l

الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

1-المدخل:

أجرينا التحاليل الفيزيو كيميائية للمياه المغذية للأحواض والمياه الناتجة بمخبر الديوان الوطني للتطهير بمدينة تقرت، حيث شرعنا في عملنا بالنتائج التي تحصلنا عليها ابتداءا من المعالجة الإحصائية لها.

2- تحديد خصائص مياه الصرف الصحي :

تم جمع النتائج المتحصل عليها في الجدول أدناه:

جدول رقم(4): القيم المتوسطة للوسائط المقاسة للمياه الداخلة المستعملة في تغذية الأحواض أثناء عملية التنقية خلال مدة الدراسة (5 أشهر)

الوسائط	عدد العينات	القيمة الدنيا	القيمة المتوسطة	القيمة العظمى
T(C°)	15	22.5	29.84	34
PH	15	7.63	7.686	7.89
Conductivities ms/cm	15	4.04	4.686	5.01
Odiss mg/l	15	0.09	0.244	0.38
Sel	15	2.1	2.5	2.7
DCO mg/l	15	194	224.832	274
DBO_5 mg/l	15	80	108.6	150
MES mg/l	15	95	138.6	195

جدول (5): قيم معامل التحليل البيولوجي بتحلل الماء

الوسائط \الأشهر	DCO	DBO5	K=DCO/DBO5
اوت	194	80	2.425
سبتمبر	274	130	2.107
اكتوبر	200.16	150	1.3344
نوفمبر	198	88	2.25
ديسمبر	258	95	2.7157

نستنتج من تحليل نتائج الجدولين أعلاه أن نوعية هذه المياه هي مياه حضرية أي من مجمعات سكانية حيث تبين النتائج أن كل القيم تدخل في مجال مياه الصرف الحضري وان الماء يتحلل بيولوجيا وهذا ما أثبته الجدول(5) معامل التحليل البيولوجي K=2.166 أي اقل من2.5

3- أداء وكفاءة إزالة الملوثات

بعد مكوث مياه الخام في كلا الحوضين الخاص بالنبات *Typha latifolia* وحوض الشاهد خلال 5 أيام فتحصلنا على النتائج المعالجة المدونة في الجدول أدناه:

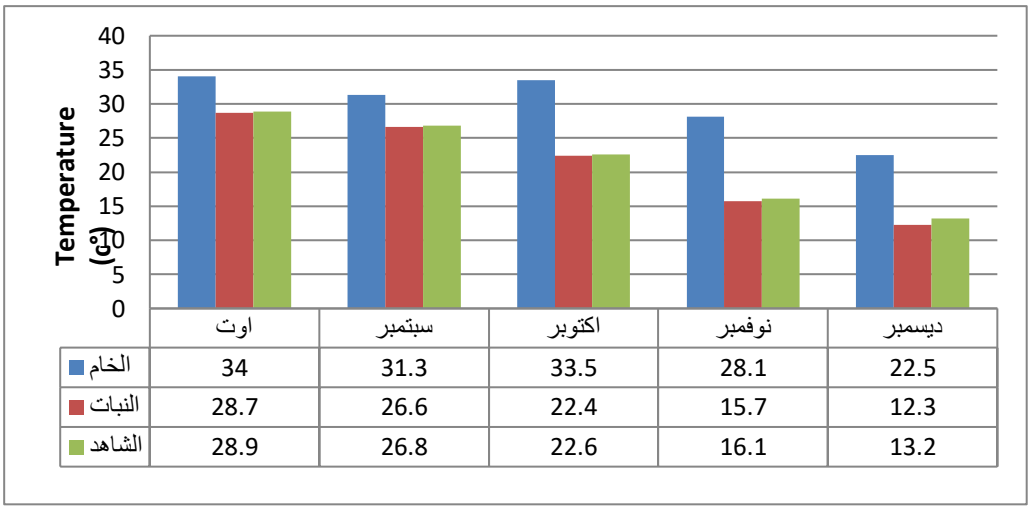
الجدول (6):القيم المتوسطة للوسائط المقاسة للمياه المعالجة بالحوض المزروع بالنبات و حوض الشاهد أثناء عملية التنقية خلال مدة الدراسة

حوض النباتtypha latifoli			حوض الشاهد				
قيمة العظمى	قيمة المتوسطة	قيمة الدنيا	قيمة العظمى	قيمة المتوسطة	قيمة الدنيا	عدد العينات	الوسائط
28.7	21.14	12.3	28.9	21.52	13.2	15	T(C°)
4.98	3.594	2.49	4.74	2.85	0.91	15	Odiss
6.66	7.106	7.15	8.29	8.098	8	15	Ph
12.8	9.858	6.75	10.36	7.566	5.03	15	CE (ms/cm)
35	24	18	39	27.8	18	15	MES (mg/l)
7.3	5.62	3.7	5.9	4.18	2.7	15	Sel
118.5	72.38	39.8	110	73.48	47	15	DCO (mg/l)
29	18	12	56	27.2	10	15	DBO_5 (mgo2/l)

4- مناقشة النتائج

1-تطور درجة الحرارة(c°)T

نلاحظ من الشكل(13) أن قيم درجة الحرارة تنخفض في المياه المعالجة في كلا الحوضين الشاهد والمزروع مقارنة بالمياه الخام (المستعمل) من خلال النتائج المحصل عليها، حيث وجدنا أعلى قيمة كانت 34 سجلت في شهر أوت وأدنى قيمة 22.5 في شهر ديسمبر بالنسبة للمياه الخام.



	اوت	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
الخام	34	31.3	33.5	28.1	22.5
النبات	28.7	26.6	22.4	15.7	12.3
الشاهد	28.9	26.8	22.6	16.1	13.2

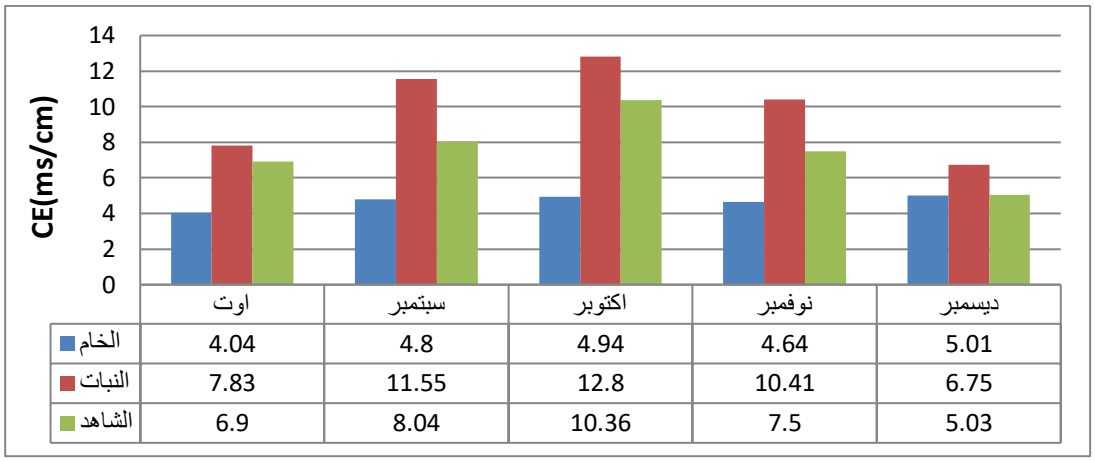
الشكل (13) :التطور الزمني لدرجة الحرارة T(c°) للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد

التفسير : يعود انخفاض في درجة الحرارة في الأحواض المعالجة إلى تناقص عدد البكتيريا ونقص التفاعلات البيوكيميائية.

- أما بالنسبة للمياه المعالجة في الحوض المزروع و الحوض غير المزروع متقاربة على طول مدة الدراسة في كل الأحواض، هذا الفرق في درجة الحرارة لا يؤثر على اختيار الكائنات الدقيقة المسؤولة على التنقية[76] .

2- تطور الناقلية الكهربائية CE

من الشكل(14) نلاحظ أن الناقلية الكهربائية للمياه المعالجة في حوض النبات تكون دائما أعلى على مدار مدة الدراسة مقارنة مع الناقلية الكهربائية للمياه المعالجة في الحوض الغير المزروع(الشاهد) والمياه المستعملة(الخام)



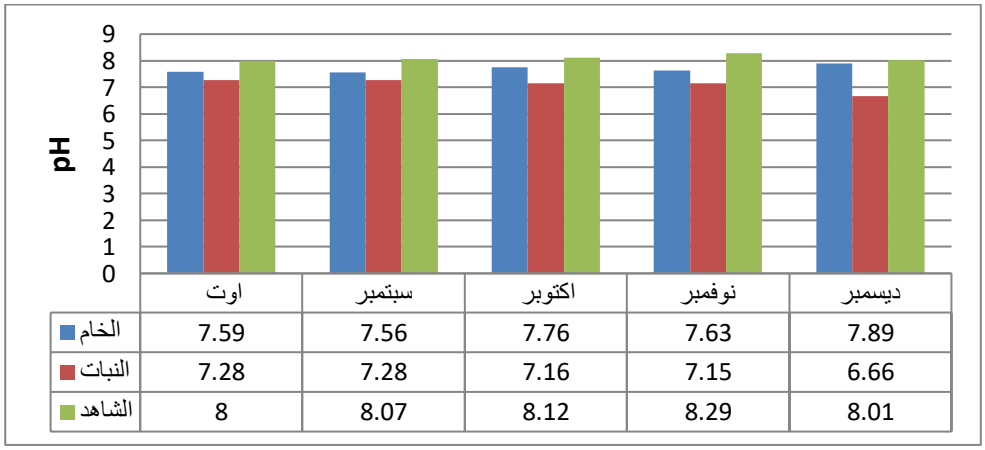
	اوت	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
الخام	4.04	4.8	4.94	4.64	5.01
النبات	7.83	11.55	12.8	10.41	6.75
الشاهد	6.9	8.04	10.36	7.5	5.03

الشكل (14) : التطور الزمني للناقلية الكهربائية CE للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد

التفسير: نفسر سبب ارتفاع الناقلية الكهربائية للمياه الموجودة على مستوى حوض النبات مقارنة بحوض الشاهد هو لأن البكتيريا تتغذى من المواد العضوية الموجودة في النبات القابلة للتحطيم بالإضافة إلى تعرق النبات فتصبح المواد العضوية مواد معدنية حيث جاء هذا في تفسير(ranjani 1996) [77] يعود سبب ارتفاع الناقلية الكهربائية نتيجة تحول المواد العضوية إلى مواد معدنية، كما أن عملية التبخر ونتح النبات تسبب في زيادة الملوحة ومنه ارتفاع الناقلية الكهربائية.

3- تطور الأس الهيدروجيني PH

نلاحظ من خلال الشكل(15) بأن قيم ال PH المتوسط ينخفض في المياه المعالجة بالنسبة لحوض النبات مقارنة بالمياه المعالجة في الحوض الشاهد والمياه المستعملة(الخام)، حيث سجلنا معدل انخفاض PH في مياه حوض النبات يقدر ب 7.106 أما بالنسبة لمياه حوض الشاهد بمعدل 8.098، وكانت قيمة الPH المتوسط في المياه المستعملة تقدر ب 7.686



	اوت	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
الخام	7.59	7.56	7.76	7.63	7.89
النبات	7.28	7.28	7.16	7.15	6.66
الشاهد	8	8.07	8.12	8.29	8.01

الشكل (15) : التطور الزمني للأس الهيدروجيني أل PH للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد.

من ملاحظتنا لمتوسط الأس الهيدروجيني في الحوض المزروع كان أقل من الحوض الشاهد، نستنتج أن هذه النتيجة مشابهة للنتيجة التي توصل إليها(Vincent et al 1994)[54]. هناك عدة عوامل تفسر هذا الانخفاض في الأس الهيدروجيني منها أكسدة النتريت DCO[78][79] ، أكسدة DCO ينتج عنها CO2، بدوره يؤدي إلى حموضة الوسط وأكسدة النتريت يؤدي إلى نترات، ويؤدي بدوره إلى حموضة الوسط ويعود سبب ذلك إلى:

- تجمع الهيدروجين نتيجة نشاط البكتيريا المسؤولة على النترجة Nitrifiantes

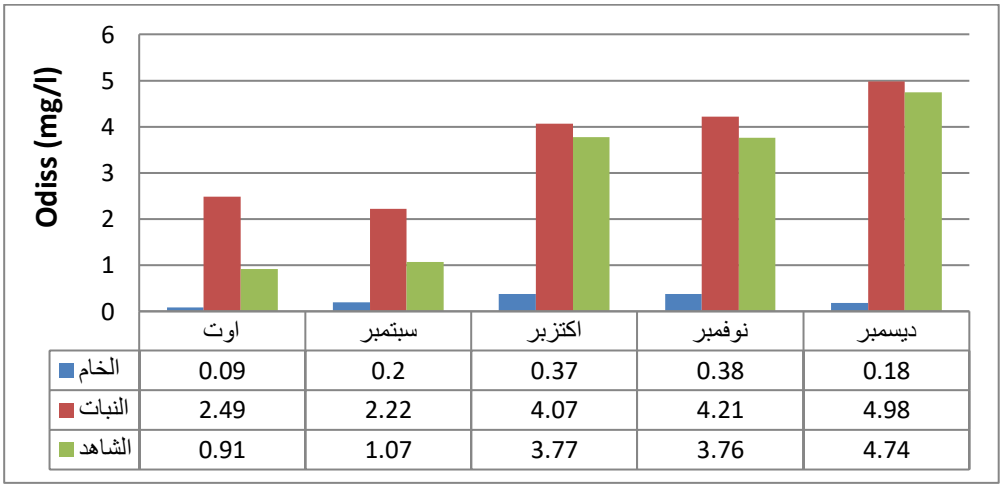
- تجمع CO2 نتيجة ميتابوليزم النبات أو تحطيم المواد العضوية من طرف البكتيريا[80] [81]

- إنتاج ايوناتH+ من طرف النبات لتعويض بعض الكاتيونات الداخلة في التغذية المعدنية للنبات[82]

- إنتاج بعض الإفرازات (أحماض عضوية) من طرف جذور النبات[83]

4- تطور الأكسجين المنحلOdissou

من خلال الشكل(16)نلاحظ أن القيم المتوسطة للأكسجين المنحل تزداد في الحوضين الشاهد والمزروع مقارنة بالمياه الخام (المستعملة)، حيث نلاحظ أن قيم Odissou متغيرة بين اقل قيمةmg/l 0.09 في شهر أوت في المياه المستعملة، و اكبر قيمة 4.98 mg/l في شهر ديسمبر في الماء المعالج بحوض نبات



	اوت	سبتمبر	اكتزبر	نوفمبر	ديسمبر
الخام	0.09	0.2	0.37	0.38	0.18
النبات	2.49	2.22	4.07	4.21	4.98
الشاهد	0.91	1.07	3.77	3.76	4.74

الشكل (16) : التطور الزمني للأكسجين المنحل Odissou للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع و الشاهد

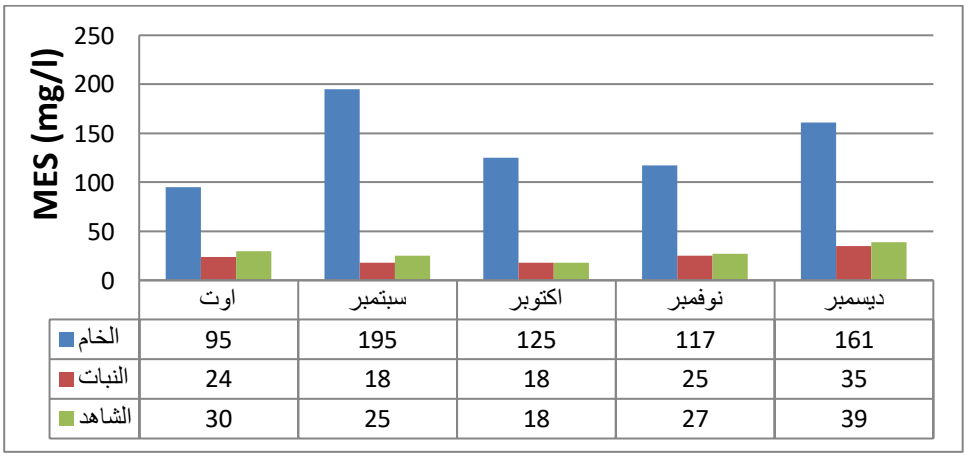
نلاحظ في المياه المستعملة أن قيمة الأكسجين المنحل تشمل ادني قيمة مقارنة مع المياه المعالجة، يفسر هذا على وجود عدد كبير من الكائنات الحية الدقيقة (البكتيريا،الفطريات ...)التي بدورها تستهلك كمية كبيرة

من الأكسجين لاستغلاله في عمليات الأكسدة، بالإضافة إلى وجود العكارة التي عملت على إعاقة نفاذية الأكسجين الهوائي داخل مياه الصرف الصحي.

من خلال هذه الدراسة نلاحظ أن كمية الأكسجين المنحل في الأحواض المعالجة تكون مرتفعة خلال فصل الشتاء. الأكسجين المقاس داخل الأحواض هو ناتج عن ميتابوليزم النبات والبكتيريا وكذلك انتقال الأكسجين الناتج عن انتشار الهواء. عموما نلاحظ أن الأكسجين المنحل يتغير عكس الكثافة العضوية للمياه المستعملة وفي عمق الأحواض المعالجة، كما نلاحظ أن هناك فرق في كمية الأكسجين المنحل بالنسبة للحوض المزروع بالنبات و الحوض غير المزروع(الشاهد)، و يعود ذلك لوجود النباتات التي تعمل على نقل الأكسجين من الهواء إلى داخل الأحواض من الأوراق إلى السيقان ثم الجذور[84].

5 - تطور المواد العالقة(MES)

الشكل (17) يبين تطور المواد العالقة MES بين القيمة الصغرى 95 mg/l والقيمة القصوى 195 mg/lبمعدل 138.6 mg/l في المياه المستعملة الحضرية، أما بالنسبة للمياه المعالجة قيمةMES المتوسطة في الحوض المزروع بنبات ***Typha Latifolia*** 24 mg/l بمردود % 82.68 وفي الحوض غير المزروع الشاهد 27.8 mg/l بمردود 79.94% مقارنة مع القيم الحدية لمعلمات التفريغ في بيئة الاستقبال للجريدة الرسمية الجزائرية المحددة ب 35mg/l



	اوت	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
الخام	95	195	125	117	161
النبات	24	18	18	25	35
الشاهد	30	25	18	27	39

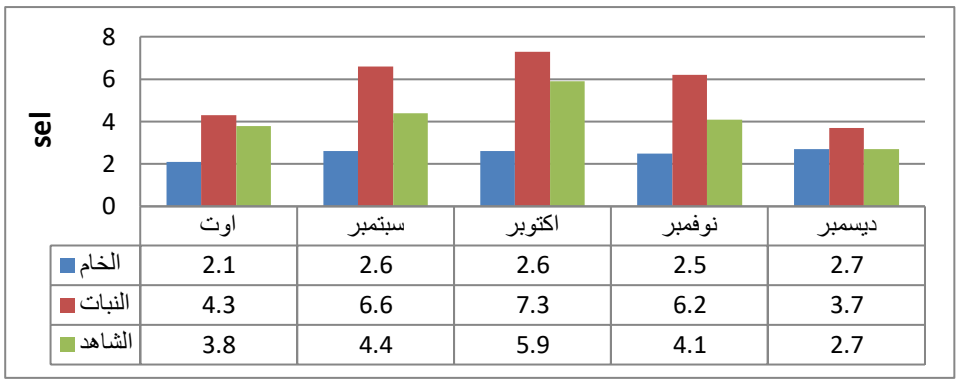
الشكل (17): التطور الزمني للمواد العالقة MES للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد

التفسير: تناقص تركيز MES في مختلف المياه المعالجة ناتج أساسا على المعالجة الفيزيائية مثل الترشيح [81]، حيث المواد الخشنة تبقى عالقة و المواد الدقيقة تحجز في مسامات المصفاة أو بالتفاعل الكيميائي Vander waals [85].

نسبة الإزالة للمواد العالقة في الحوض المزروع تكون أعلى مما هي من المياه المعالجة بالحوض غير المزروع (الشاهد) وهذا راجع إلى كفاءة وقدرة النبات على ترسيب و ترشيح المواد العالقة وهذا وفق (MOLLE P.2003)[86] .

6- تطور الملوحة Sel

نلاحظ أعلى قيم الملوحة كان في المياه المعالجة بالنسبة للحوض المزروع مقارنة مع المياه المستعملة (الخام) والحوض الشاهد، حيث ظهرت اكبر قيمة في شهر أكتوبر



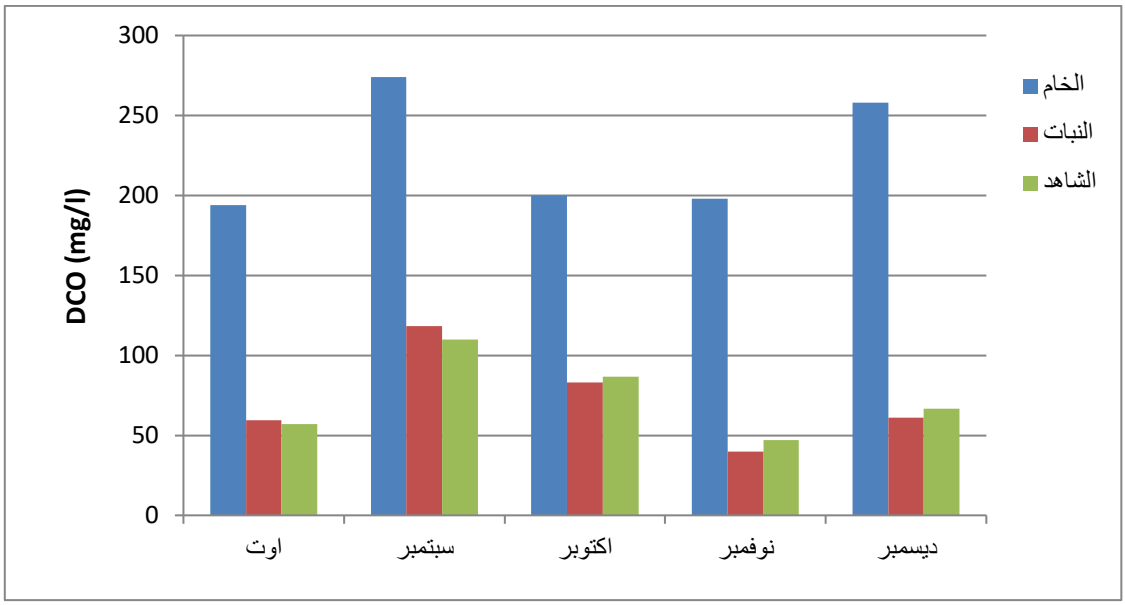
	اوت	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
الخام	2.1	2.6	2.6	2.5	2.7
النبات	4.3	6.6	7.3	6.2	3.7
الشاهد	3.8	4.4	5.9	4.1	2.7

الشكل(18): تطور الملوحة Sel في المدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد

التفسير: نفسر ارتفاع نسبة الملوحة في محطة تقرت أن مياه الصرف المنزلي قبل دخوله للمحطة يختلط مع مياه الصرف الزراعي بالإضافة إلى عملية تبخر الماء نتيجة ارتفاع الحرارة في المنطقة و الذي يؤدي إلى رفع تركيز الأملاح في الماء.

7- تطور الطلب الكيميائي للأكسجين(DCO)

في الشكل (19) نلاحظ الطلب الكيميائي للأكسجين DCO في المياه المستعملة يرتفع مقارنة مع المياه المعالجة في الحوضين، حيث كانت قيم DCO في المياه المستعملة تتغير بين أدنى قيمة 194 mg/l وأعلى قيمة 274 mg/l، أما بالنسبة للمياه المعالجة قيمة DCO المتوسطة في الحوض المزروع بنبات ***Typha Latifolia*** 72.38 mg/l بمردود 67.80% وفي الحوض غير المزروع(الشاهد) القيمة المتوسطة تقدر بـ73.48mg/l بمردود 63.31% ومقارنة مع القيم الحدية لمعلمات التفريغ في بيئة الاستقبال للجريدة الجزائرية المقدرة بـ120mg/l ومعايير مياه الصرف الصحي النقية المستخدمة لأغراض الري (90mg/l) أي أن هذه المياه مناسبة للري الزراعي.



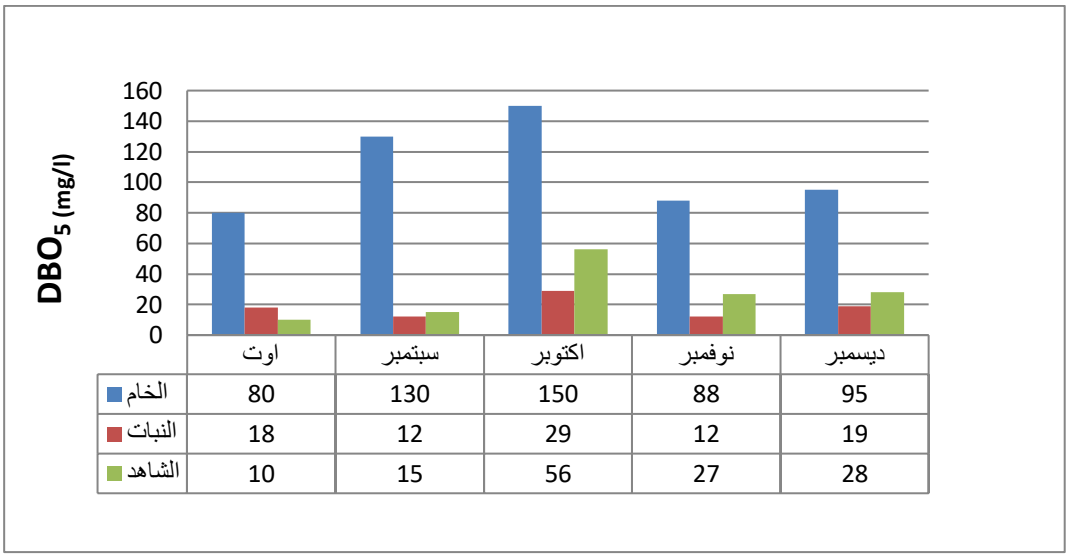
الشكل (19) :التطور الزمني للطلب الكيميائي للأكسجين(DCO)للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد

لاحظنا أن في الحوض المزروع و الحوض الشاهد أعطت مياه بتركيز DCO اقل من المياه المستعملة، هذا ناتج عن الامتصاص الفيزيائي للمواد العضوية في المياه المستعملة في المصفاة و تهوية الوسط عن طريق الكائنات البكتيرية. هذا الحوض المزروع أعطى مردود أحسن مقارنة بالحوض الغير مزروع .

نفسر سبب هذا الانخفاض هو وجود النبات الذي يوفر شروط فيزيوكيميائية حيث يؤمن الأكسجين للوسط المصفى عن طريق الأوراق إلى السيقان ثم الجذور و الجذمور بواسطة الكائنات البكتيرية التي تسبب أكسدة DCO [85][2]

8- تطور الطلب البيو كيميائي للأكسجين(DBO_5)

الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5 يتغير بين 80 mg/l و 150 mg/l في المياه المستعملة. ومن خلال التطور الزمني ل DBO_5 في الشكل (20) نلاحظ أن أعلى كمية إزالة كانت في شهرين سبتمبر و نوفمبر بالنسبة للحوض المزروع بالنبات و أدنى نسبة للإزالة ل DBO_5 كانت في شهر أكتوبر بالنسبة للحوض المزروع بالنبات وعموما تركيز DBO_5 في المياه المستعملة الحضرية أكبر من تركيز DBO_5 في المياه المعالجة في الحوضين، حيث يكون متوسط قيمة DBO_5 في المياه المعالجة بالنبات مساويا إلى 18 mg/l، وفي مياه الشاهد يقدر ب27.2mg/l وهي في حدود معايير مياه الصرف الصحي حسب المنظمة العالمية للصحة. كما أن نسب إزالة DBO_5 في الحوض المزروع للنبات تقدر ب 83.42% و 74.95% بالنسبة للشاهد.



الشكل (20) :التطور الزمني للطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5 في المدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد

نفسر الفرق في إزالة DBO_5 بين الحوض المزروع بالنبات و الحوض الشاهد سببه هو الخاصية التي تمتلكها النباتات المائية ألا وهي امتصاص الأكسجين من الجو لتحريره عبر جذورها في المنطقة المحيطة بالجذور، وبدوره يقوم الأكسجين بتنشيط البكتيريا، حيث تقوم على أكسدة وتحطيم المواد العضوية.

الخاتمة

الخاتمة

إن الدراسة الميدانية التي قمنا بها على مدى خمسة أشهر ابتداءا من شهر أوت إلى غاية شهر ديسمبر سنة 2021، تهدف إلى معالجة المياه الملوثة بنبات ***Typha latifolia*** وإبراز مدى استطاعة أو قدرة أداء النبات المزروع في معالجة المياه المستعملة الحضرية في المناخ الشبه الجاف، وذلك بتزويد الحوض بتدفق الشاقولي، حيث كان مكوث الماء داخل الحوض لمدة خمسة أيام كافية لإزالة الملوثات بشكل مقبول. يظهر عملنا هذا بوضوح قدرة نبات *Typha latifolia* على معالجة مياه الصرف الصحي سوى بالنسبة ل *التلوث العضوي الجسيمي بنسبة إزالة MES(82.68%)

*التلوث العضوي بنسب إزالة تقدر ب DCO(67.80%) و DBO5(%83.42)

كما أن نبات *Typha latifolia* له فعالية كبيرة في المعالجة ويعتبر نبات ذو نشاط ملحوظ وهذا ما أثبتته النتائج بالإضافة انه أبدى تأقلم وتعايش باستعمال هذه المياه في مناخ المنطقة الشبه جافة. أثبتت هذه النتائج أن العامل الأساسي المؤثر على النشاط البيولوجي هو وجود النبات و الكائنات المجهرية وتطور النبتة بحد ذاتها.

النبات أظهر كفاءته وقدرته على تحقيق المواصفات المرغوبة لمعالجة مياه الصرف الصحي، عن طريق خفض في نسبة الملوثات والعوامل الممرضة، والوصول إلى الحدود المسموحة لاستخدام المياه المعالجة الناتجة من الحوض المزروع بالنبات في الزراعة كسقي الأشجار والفواكه ...التي لها القدرة على تحمل ملوحة هذه المياه بدون الحاجة إلى استخدام المحاليل الكيميائية حيث تعد التقنية الأقل تكلفة مقارنة مع التقنيات المعالجة الأخرى .

الأفاق المستقبلية لهذا العمل

مقارنة بين منتوجات الأشجار التي تم سقيها بالمياه المعالجة من طرف نبات *Typha latifolia* والمياه الطبيعية.

استخدام نبتتين في حوض واحد لمعالجة مياه الصرف الصحي ودراسة النتائج.

بحث عن نباتات أخرى لها القدرة على تنقية مياه الصرف الصحي.

المراجع

المراجع

المراجع بالغة العربية :

[2]الدكتور العابد إبراهيم، 2015، أطروحة دكتوراه لمعالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منقية محلية، كلية الرياضيات وعلوم المادة، قسم الكيمياء، جامعة قاصدي مرباح ورقلة.

[3] جوري نسيم ماهر، 2007، تحليل وتقويم جودة المياه،دار نشأة المعارف جلال حزي وشركائه ص 121.

[4] السعدي حسين علي، 2006، أساسيات علم البيئة والتلوث دار اليازوري العلمية عمان الأردن .

[6] سحر أمين حسين، 2010، موسوعة التلوث البيئي، صفحة-62-61-60.

[7] الإدارة العامة لتطوير الخطط والمناهج دراسات جغرافية ثانوي للمعاهد العلمية، 1432ه، جامعة الامام محمد بن سعود الإسلامية، الرياض، ص120.

[8] وحيدة هزاع القحطاني، 1418 ه، تلوث المياه، جامعة الملك سعود.

[9] أبو سعد نجيب إبراهيم، 2000، التلوث البيئي ودور الكائنات الدقيقة ايجابيا وسلبيا، دار الفكر العربي: القاهرة.

[10] هاني عبد القادر عمارة،2011، كتاب الماء بين العلم والإيمان، الطبعة الأولى دار زهران للنشر والتوزيع ص306.

[11] سعيدة كاكي، ازدهار بلحسن، 2016 ، مذكرة ماستر، جامعة ورقلة.

[12] كافي فريدة وبوشنقير إيمان، مقال بعنوان مشكلة تلوث المياه بالمخلفات الصناعية وتحقيق التنمية المستدامة بين النظري والتطبيق.جامعة عنابة.

[14] قانون حماية البيئة في إطار التنمية المستدامة المادة رقم 04 من القانون رقم10-03 ، 1992.

[15] د-محمد صابر، 2000، الإنسان وتلوث البيئة-م.ع-السعودية: الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر.

[16] خالد مصطفى، 2018، الأسمدة الزراعية : استخداماتها وأضرارها، الأرشيف العربي العلمي.

[17] الصفدي عصام، صحة البيئة وسلامتها.ط،1 دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع 200، ص 30.

[18] شريف حمودة، 2002، ناقلات البترول ....مسامير في نعش البيئة- إسلام اونلاين .12/22.

[20] م – محمد معن برادعي، 2018، استشاري معالجة مياه الصرف، محطات معالجة مياه الصرف، مؤسسة زايد الدولية للبيئة.

[22] محمد عبد الناصر الزرقة، 2010، تلوث المياه في محافظة الشمال و الوسطى وتأثيرها على الإنسان.

[28] غري و فان لون – ستيفن ج دفي، 1999، كيمياء البيئة نظرة شاملة، مدينة الملك عبد العزيز للتقنيات و العلوم.

[29] زغدي سعد، 2016، تحديد محطات التنقية المحلية و استخدامها في تطهير المياه العادمة في منطقة الوادي، أطروحة دكتوراه جامعة ورقلة ص13.

[30] د- نصر الحايك، 2017، مدخل إلى كيمياء المياه (تلوث - معالجة – تحليل)، منشورات المعهد العالي للعلوم التطبيقية و التكنولوجيا.

[32] عيدة مير و غمام نواس حمزة، 2011، دراسة مساهمة محطة معالجة مياه الصرف بالبحيرات المهوات في حماية البيئة – واد سوف . جامعة العربي بالمهيدي : أم البواقي.

[33] أحمد السروي، 2016، الكيمياء البيئة، المرجع الالكتروني للمعلومات [متصل] 13 01 .

[34] أ . فضيلة الشيباني مسعود، أ.حسن محمد خليفة سليمان، 2016، التلوث البيولوجي لمياه الشرب و علاقته بانتشار الأمراض في مدينة الزاوية . مجلة كلية التربية، العدد الخامس .

[35] أغا محمد أحمد مراد، 1988، هندسة البيئة، منشورات جامعة حلب كلية الهندسة المدنية : سوريا.

[37] محمد مروان (مراحل معالجة المياه المستعملة 3 فيفري 2019).

[38]عبد الرزاق التركماني، 2009، محطات المعالجة بالنباتات، دليل تخطيط و تصميم و تنفيد محطات المعالجة بالنباتات، شبكة خبراء المياه السوريين.

[61] عبد الرحمان ابن خلدون، 1983، كتاب العبر و ديوان المبتدأ أو الخبر المجلد السابع بيروت و لبنان ج13ص98 .

[62] الرحمان الجيلاني، 1980، تاريخ الجزائر العام دار الثقافة ببيروت ج1 ص 138 .

[63] عبد الحميد إبراهيم قادري، 1999، التعريف بوادي ريغ منشورات جمعية الوفاء للشهيد تقرت الآمال للطباعة – الوادي.

[64] إبراهيم بن محمد الساسي العوامر، 1977، الصروف في تاريخ الصحراء و سوف – الدار التونسية للنشر ص 78.

مراجع باللغة الأجنبية :

[1] **Lindberg، C.** Control and estimation strategies applied to the activated sludge process. - Thèse: Department of Materials Science Systems and Control Group، Uppsala University،Sweden] : 1997.

[5] Abibsi N.،2011،"Réutilisation des eaux usées épurées par filtres plantes (phytoépuration) pour l'irrigation des espaces verts application a un quartier de la ville de Biskra"، Mémoire de Magister Université Mohamed Khider، Biskra ، P2 .

[13] Bradford ; Alina ;2018. 'Pollution Facts & Types of pollution – www.livescien.com .[Online] 12 10.

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

[21] PENG،X. LUO ، and al 2000. Rapid detection of shigella species in environnemental sewage by in immuncapture PCR with universal primers. Journal of applied microbiology 68: pp2580-2583

[23] Hammadi B.،2017،"Lagunage Aéré en Zone Aride Performances Epuratoires، Paramètres Influents : Cas de la Région de Ouargl"، Thèse de doctorat، Université KASDI Merbah-Ouargla.p 4 -5-44.

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

[25] **BAKIRI، Zahir.2017.** TRAITEMENT DES EAUX USEES PAR DES PROCEDES. sétif : s.n.

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

[27]**Rodier، J. 2009.** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles، eaux résiduaires، eaux de mer. Dunod،9ème Edition، Paris : s.n.

[31] AYAZ،S:AKCA ، L.2001.Treatement of wasterwater y natural sustews. Environnement international .

[36] Zobeidi Ammar،2017، épuration des eaux usées par lagunage aéré en zone aride –cas de la région d'el-oued paramètrs influents et choix des conditions optimales doctorat université ouargla.

[39] CARR R; 2001.Excreta-related infections and the role of sanitation in the control of transmission .Water Quality : Guidelines ، Standards and Health . WHO.، Ed Frewtrell L .and Bartram J.، London ، UK،pp-89-113.

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

[41] KARIA. G.L. and CHRISTIAN. R.A. 2006. wastewater treatment، concepts and design Approach. Prentice Hall of India Pvt. Ltd.، New Delhi. pp 302-304.

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

[43] KONE.D ; 2002. Epuration des usées par lagunage a microphytes et à macrophytes en afrique de l'Ouest et de centre : Etat des lieux performances épuration et critères de dimensionnement. Thèse N°2653. Lausanne . EPFL . pp 17-30-31

[44] AL-MAYAH،A.A.1994. The Aquatic plantes of the Marshes of southem Iraq. Marin Sci. Cent. 18.

[45] REJSEK FRANCK، 2002، Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques، CRDP d'Aquitaine pp 125-255.

[46] ARMSTRONG J. and ARMSTRONG W. 1988. Phragmites australis – preliminary study of soiloxidising sites and internal gas transport pathways. New Phytol.، **108**، pp373-382.

[47] LIÉNARD A.، BOUTIN C. and ESSER، D. 1990. Domestic wastewater treatment with emergent hydrophyte beds in France. In : onstructed Wetland in Water Pollution Control (Adv. Wat. Pollut. Control n°11). P.F. Cooper and B.C. Findlater (Eds)، Pergamon Press، pp 183-192.

[48] 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)**، pp 97-104.

[49] GUILLOTEAU J.A.، LESAVRE J.، LIÉNARD A. AND GENTY P. 1993. Wastewater treatment over 71 sand columns. Treatment yields، localisation of the biomass and gaz renewal. Wat. Sci. Tech.، **28 (10)**، pp 251-261.

[50] BOUTIN C.، LIENARD A.، ESSER D. 1997. Development of a new Generation of Reed-Bed Filters in France : First results. Wat.Sci.Tech.، 35 (5)، pp 315-322

[51] LEMORE C. 1984. Colmatage et décolmatage des tranchées d'épandage en assainissement autonome، Thèse de doctorat، Université de Paris Val de Marne – École Nationale des Ponts et Chaussées، p 93.

[52] MITCHELL R. and NEVO Z. 1964. Effect of bacterial poysaccharide accumulation on infiltration of water through sand، Appl. Microbiol. 12، pp 219-223.

[53] RONNER A. B. and WONG A. C. 1994. Microbial clogging of wastewater infiltration systems. In : Proceedings of the Seventh International Symposium on Individual and Small Community Sewage Systems، Atlanta، Georgia، pp 559-562.

[54] 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.

[55]HABERL R.، PERFLER R. 1990. Seven years of research work and experience with wastewater treatment by a reed bed system. In : Constructed Wetlands in Water Pollution Control، P.F. Cooper.

[56] COOPER P.F.، JOB G.D.، GREEN M.B. & SHUTES R.B.E. 1996. Reed beds and constructed wetlands for wastewater treatment. WRc Publications، Medmenham، Marlow، UK. p184.

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

[58] DECAMP O.، WARREN A. and SANCHEZ R. 1998. The role of ciliated protozoa in subsurface flow wetlands and their potential as bioindicators. Proceedings of the 6th International Conference on Constructed Wetlands، Sao Pedro، Brazil. pp 481-491

[59] 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.

[60] ARMSTRONG J. and ARMSTRONG W. 1990. Pathways and jmechanisms of oxygen transport in Phragmites australis (Cav.) Trin ex Steud. In : Constructed Wetlands in Water Pollution Control، P.F. Cooper and B.C. Findlater (Eds)، Pergamon Press، pp 529-534.

[65] FEDCHENKO، B.A 1934، Familiy Typhaceae. In: komarov،V.I. (Eds)، Flora of U.S.S.R.،vol. 1. (English edition published in 1986. pp. 165-170.

[66] DAHLGREN، R.M.T، Clifford، H.T، Yeo، P.F 1985، the families of the Monocotyledons. Structure، evolution and taxonomy. Speringer، berlin. pp 179-182

[67] SAINT-MAXENT TH.، 2002. Jeu de fiches descriptives des espèces végétales exotiques et indigènes susceptibles de proliférer dans le bassin Artois-Picardie، Agence de l'Eau Artois-Picardie، p 167.

[68] GIBBINS. 1962، Eueli with illustrations by M.Shroeder. Stalking the wild Asparagus. New York: David Mckay company Inc. p55.

[69] ENGELHARDT W.، 1998. LA VIE DANS LES ETANGS، LES RUISSEAUX ET LES MARES، ed. Vigot، p 316.

[70] LOGSDON، GENE.1978، getting food from water: a guide to backyard aquaculture. Pennsylvania، rodale press. pp 64-65.

[71] GORE. ALFRED.B. 2007. Environmental RESEARCH AT THE Leading Edge. New York: Nova Science Publishers، Inc..pp. 106.

[72] DELASALLE 1998، bruno IN COOPERATION with ducks unlimited and environment Canada. Understanding wetlands: a wetland handbook for british Columbia's Interior. BC، Canada: Ducks Unlimited Canada p 47.

[73] MANIOS T. STENTIFORD EI and ILLNER. P، 2003. Removal of heavy metals from ametaliferous water solution by Typha latifolia plants and sewage sludge compost. Chemosphere **53(5)**: pp 487–494

[74] POJAR، JIM AND MACKINNON، ANDY. 1994. plants of coastal british columbia including washington، oregon and alaska. Vancouver، BC: lone pine publishing. P 338.

[75] TURNER ، NANCY J 1998. plant technology of first peoples in british columbia. Vancouver: University of British Columbia in collaboration with the royal British Columbia museum. p 122-123.

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

[77] RANJANI K.، KNEIDINGER CH. RIOS R.، SALINAS N.، SOTO G.، DURAN-DE-BAZUA C.; 1996. Treatment of maize processing industry wastewater by constructed wetlands. Proceeding of 5th International conference on wetlands. Proceeding of 5th International conference on wetlands system for water pollution control، vol. 1، Vienna، Sept. pp: 9، 15-19.

[78] DOMMERGUES Y.et Mangenot F. 1970. Ecologie microbinne du sol.Paris:Masson et **Cie**،p 796.

[79] MUCH C، KUSCHK P. 2004. La stimulation racinaire de l'élimination de l' azote concerne-t-elle des zones limités ou l'ensemble d'un marais artificiel ? *Ingénieries* N° *spécial* 2004، pp5-11.

[80] ATTIONU. R. H. 1976. "Some effects of water lettuce (Pistia stratiotes، L.) on its habitat." Hydrobiologia **50(3)**: pp 245-254.

[81] 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.

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

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

[84] JEDICKE، A.، FURCH، B.، SAINT، P. U. and SCHLUETER، U. B. 1989. "Increase in the . oxygen concentration in Amazon waters resulting from the root exudation of two notorious water plants، Eichhornia crassipes (Pontederiaceae) and Pistia stratiotes (Araceae). *Amazoniana* **11(1)**: pp53-70.

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

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

الملحق

الجدول رقم (1) معايير مياه الصرف الصحي حسب منظمة الصحة العالمية (1971)

الوسائط	جودة جديدة	جودة مقبولة	جودة رديئة	جودة سيئة
T(C°)	-	-	-	-
O_{2diss}	>5	3≤	1≤	>1
Ph	8.5 ≥و 6.5 <	-	8.5>و 6.5>	-
CE(ms/cm)	≤2	-	2000	-
MES(mg/l)	≤ 70	-	> 70	-
DCO(mg/l)	≤ 25	≤ 40	80	>80
DBO_5(mg/l)	≤5	≤10	25	> 25

الجدول رقم (2) القيم الحدية لمعالمات التفريغ في بيئة الاستقبال (الجريدة الرسمية للجمهورية 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

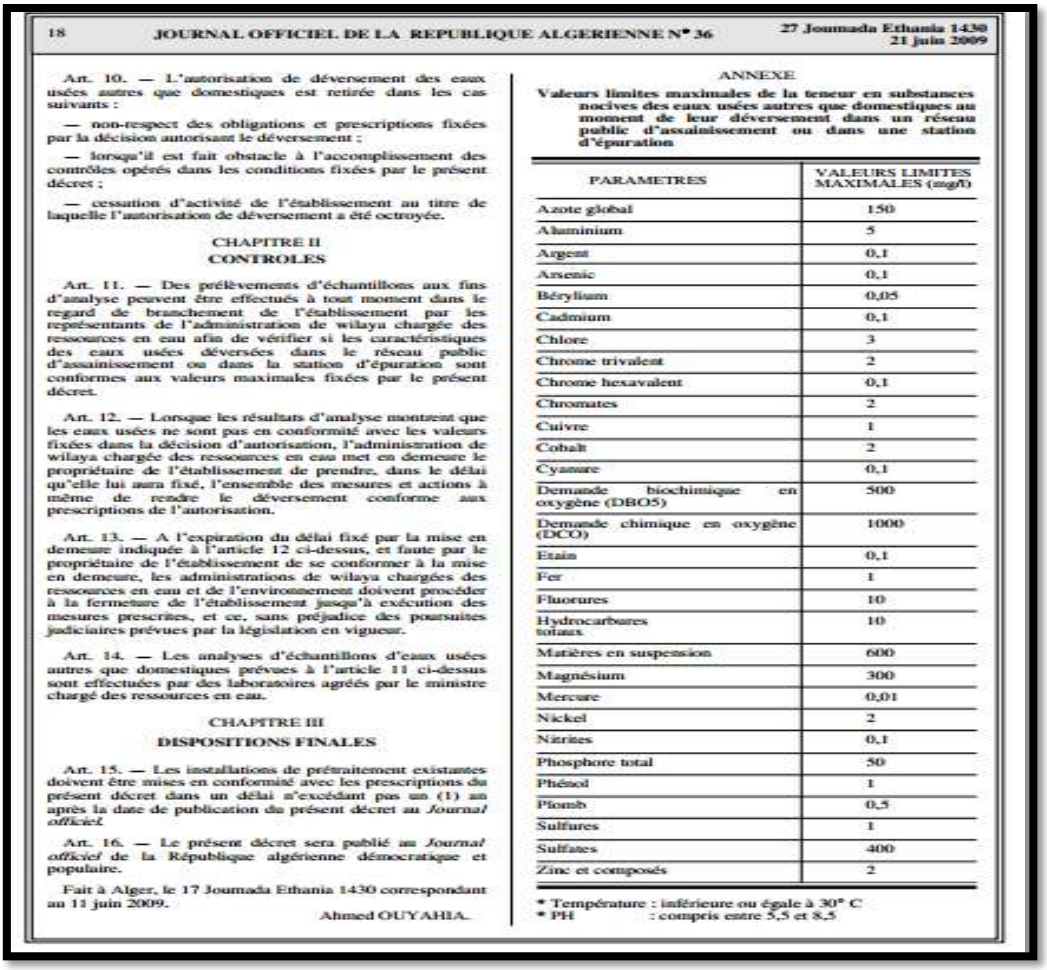
الجدول رقم(3) مواصفات مياه الصرف الصحي المعالج المستخدم لأغراض الري قرار وزاري مشترك بتاريخ 2جانفي2012

1. Paramètres physico-chimiques

PARAMETRES		UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
Physiques	pH	—	6.5 ≤ pH ≤ 8.5
	MES	mg/l	30
	CE	dS/m	3
	Infiltration le SAR = o - 3 CE	dS/m ou mS/cm	0.2
	3 - 6		0.3
	6 - 12		0.5
	12 - 20		1.3
	20 - 40		3
Chimiques	DBO5	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	CHLORURE (Cl)	meq/l	10
	AZOTE (NO3 - N)	mg/l	30
	Bicarbonate (HCO3)	meq/l	8.5
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20.0
	Arsenic	mg/l	2.0
	Béryllium	mg/l	0.5
	Bore	mg/l	2.0
	Cadmium	mg/l	0.05
	Chrome	mg/l	1.0
	Cobalt	mg/l	5.0
	Cuivre	mg/l	5.0
	Cyanures	mg/l	0.5
	Fluor	mg/l	15.0
	Fer	mg/l	20.0
	Phénols	mg/l	0.002
	Plomb	mg/l	10.0
	Lithium	mg/l	2.5
	Manganèse	mg/l	10.0
	Mercure	mg/l	0.01
	Molybdène	mg/l	0.05
	Nickel	mg/l	2.0
	Sélénium	mg/l	0.02
	Vanadium	mg/l	1.0
	Zinc	mg/l	10.0

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

الجدول رقم (4) قيم الحد لمحتوى المواد الضارة في مياه الصرف الصحي بخلاف المياه المنزلية في وقت تصريفها في نظام الصرف الصحي العام أو محطة المعالجة .JORA .2009



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

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

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

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

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

CHAPITRE II
CONTROLES

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

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

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

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

CHAPITRE III
DISPOSITIONS FINALES

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

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

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

Ahmed OUYAHIA.

ANNEXE

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

PARAMETRES	VALEURS LIMITES MAXIMALES (mg/l)
Azote global	150
Aluminium	5
Argent	0,1
Arsenic	0,1
Béryllium	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

الجدول رقم (5) النتائج المحصل عليها من خلال الدراسة

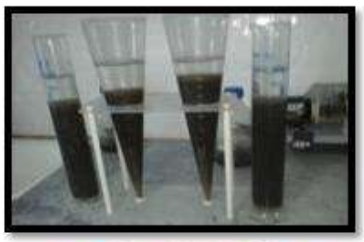
الاشهر		T(C0)	pH	Odiss mg/L	Condet ms /cm	MES mg/L	DCO	DBO5	Sel
اوت	الخام	34	7.59	0.09	4.04	95	194	80	2.1
	النبات	28.7	7.28	2.49	7.83	24	59.3	18	4.3
	الشاهد	28.9	8	0.91	6.9	30	57.1	10	3.8
سبتمبر	الخام	31.3	7.56	0.2	4.8	195	274	130	2.6
	النبات	26.6	7.28	2.22	11.55	18	118.5	12	6.6
	الشاهد	26.8	8.07	1.07	8.04	25	110	15	4.4
أكتوبر	الخام	33.5	7.76	0.37	4.94	125	200.16	150	2.6
	النبات	22.4	7.16	4.07	12.8	18	83.2	29	7.3

	الشاهد	22.6	8.12	3.77	10.36	18	86.5	56	6.9
نوفمبر	الخام	28.1	7.63	0.38	4.64	117	198	88	2.5
	النبات	15.7	7.15	4.21	10.41	25	39.8	12	6.2
	الشاهد	16.1	8.29	3.76	7.5	27	47	27	4.1
ديسمبر	الخام	22.5	7.89	0.18	5.01	161	258	95	2.7
	النبات	12.3	6.68	4.98	6.75	35	61.1	19	3.7
	الشاهد	13.2	8.01	4.74	5.03	39	66.8	28	2.7

الأجهزة المستعملة

Réacteur

DBO -metre



انبوب اختبار V30

جهاز الطرد المركزي

/Conductivité mèt / oxymétr
/ Ph mètre

الميزان الالكتروني

المجفف