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 المحيط

من إعداد: عبير بوخلوه - مروة حجاج

بعنـوان

دراسة مقارنة لمعالجة مياه الصرف الصحي باستعمال النبتتين قنا <<*Canna Indica*>> و البوط <<*Typha Latifolia*>> طريقة التدفق العمودي

نوقشت علنا يوم 2022/05/30 أمام لجنة المناقشة :

مسروق حورية	أستاذ محاضر (ب) جامعة قاصدي مرباح - ورقلة -	رئيسا
زغدي سعد	أستاذ محاضر (أ) جامعة قاصدي مرباح- ورقلة -	مناقشا
بن زاهي خديجة	أستاذ محاضر (أ) المدرسة العليا للأساتذة - ورقلة -	مؤطر
العابد براهيم	أستاذ تعليم عالي المدرسة العليا للأساتذة - ورقلة -	مساعد مؤطر

السنة الجامعية : 2021-2022

إهـداء

الحمد لله حدّ الأحد حدّ الرضى والسناء والسعد، الحمد له على أن بلغنا هذا المقام وجعلنا من الذين أوتوا خيرا كثيرا أما بعد:

إلى وصية الله بالإحسان والديّ الكريمين إلى مفتاح الجنة "أمّي" "وردة بن موسى" ولمعلّمي الأول ومن ورثّني حب العلم والحرف" أبتي" "مولود بوخلوة " مدينة لكما أنا بـ"أنا" .

إلى من يشدّ بهم العضد "إخوتي" "أسامة، وائل، محمد إقبال، ميسون، وصغيرتي صفوة".

إلى من حافظوا على عهد الأصدقاء ،إخوتي دون شروط ،صحبة القرءان قبل الحياة ..و الوصية التي بيننا "الدعاء ".

إلى من تقاسمت معها عناء هذا العمل لننتشي فرحا بالتخرج "مروة"

إلى من لقبتني "بنت العربية" ..إلى التي رحيلها كان أسرع من سقوط قبعة تخرجي على بلاط الكلية أستاذتي الراحلة عنا الباقية في الذاكرة "ح. بب".

إلى الفكرة التي لا تموت ، إلى عائلتي "تمكين شباب بالفكر".

إلى عائلتي الى من أنتمي "أكاديمية المقارين المتميزة ".

إلى من جعلوا الاستدامة أسلوب حياة عائلة مبادرة "استدامة ".

إلى من تسعى لتخريج جيل رباني ذي كفاءة واقتدار" أكاديمية جيل الترجيح للتأهيل القيادي" "فوجي بناة والغيث النافع "

إلى من آمن بي ..إلى من اقتطعوا من اوقاتهم ليخرج هذا العمل في حلته هذه "الأستاذ لقمان حلوة، الدكتورة فريدة طالجين، عماد بوحوش، المنجي بن زيد، محمد إدريس حداد "

إلى من لم تسعهم سطورنا ولكن وسعتهم صدورنا.....

وإلى من ذاقوا حلاوة العلم .....

"لكم هذا العمل المتواضع "

عبير بوخلوه

إهـــداء

الحمد لله وكفى والصلاة على الحبيب المصطفى و أهله الحمد لله الذي وفقني لتثمين هذه الخطوة في مسيرتي الدراسية بثمرة الجهد والنجاح بفضله تعالى . إلى من أبصرت بها طريق حياتي و استمديت منها قوتي واعتزازا بذاتي والدتي الغالية أمد الله في عمرها

"ســـكينة بن مـــوسى"

إلى من سيطر على ذهني في كل مسلك أسلكه ، صاحب الوجه الطيب و الأفعال الحسنة ، فلم يبخل علينا طيلة حياتي والدي العزيز

"براهيـــم حجـاج"

إلى من بهم أكبر و عليهم أعتمد إخوتي وسند حياتي

"إسحـاق و تـقي الـدين "

إلى من تحملت معي متاعب العمل وسرنا سويا نحو النجاح و الإبداع

" عبيـــر "

أهدي عملي هذا إلى جميع الأصدقاء "أختي ريمة وحبيباتي عبير، عفاف ،أشواق ،منال ،خلود ،نسرين ، مروة،" أخص بذكر صديقة العمر **"نور اليقين "**وإلى جميع الأهل و الأقارب .

أهدي عملي إلى جميع دفعة كيمياء محيط خريجات 2022

مروة حجاج

شكر وعرفان

قال الرسول ﷺ : "من لم يشكر الناس، لم يشكر الله عزوجل"

نحمد الله تعالى حمدا كثيرا طيبا مباركا ملء السموات والأرض على ما أكرمنا به من اتمام هذه الدراسة والذي أنعمنا الصحة والعافية والعزيمة .

ثم نتقدم بجزيل الشكر وعظيم الامتنان إلى كل من :

- إلى الأستاذة الدكتورة المشرفة "بن زاهي خديجة " على كل ما قدمته لنا من توجيهات ومعلومات قيمة ساهمت في إثراء موضوع دراستنا .
- إلى السيد مساعد المشرف الدكتور "العابد براهيم " على مساعدته لنا في إعداد النموذج التجريبي وكذا حرصه على إخراج المذكرة في شكل مميز .
- كما نخص بالشكر الأستاذة "البنة راضية" العاملة بمخبر الديوان الوطني للتطهير ONA على تقديم كل الشروحات للقيام بكل القياسات اللازمة .
- إلى السيدان "زراعي عامر" "سعودي مريم" على تزويدهم لنا بمختلف المراجع مع تمنياتنا لهم بالنجاح والتوفيق في مناقشة الدكتوراه .
- إلى لجنة المناقشة الموقرة المتمثلة في الأستاذتين "د. حورية مسروق" رئيسا ،و" د. زغدي سعد " مناقشا .
- وإلى كل من ساعدنا من قريب أو بعيد في إنجاز هذا العمل .

الملخص:

الهدف من الدراسة هو مقارنة قدرة أداء نبتتي *Typha Latifolia* و*Canna Indica* على معالجة مياه الصرف الصحي بنظام تدفق عمودي، شملت الدراسة مقارنة بين حوضين مزروعين كل حوض بنوع واحد من النباتات المختارة وحوض ثالث غير مزروع كشاهد.

أنجزت الدراسة بعمل نموذج تجريبي بمؤسسة الديوان الوطني للتطهير ONA بولاية تقرت -الجزائر-. والتي تتميز بمناخ شبه جاف، يتكون النموذج التجريبي كم أحواض دائرية ذات سعة (80L) مملوءة من الأسفل إلى الأعلى على سمك (20cm) بحصى (4-25mm) والمياه المستعملة الحضرية بعد المعالجة الأولية الفيزيائية بـ (15L) في اليوم بوتيرة منتظمة مرة واحدة في الأسبوع، على أن يتم تجميع الماء المتحصل عليه بعد مكوثه 5 أيام في الحوض عبر إناء موضوع أسفل كل حوض وبعد دراسة دامت خمسة أشهر كاملة من شهر أوت إلى غاية شهر ديسمبر 2021. تحصلنا على إزالة الملوثات بالنسب التالية DCO(67,8% بالنسبة لـ*Typha Latifolia*، 67,3% بالنسبة لـ *Canna Indica*) و DBO_5 (83,4% بالنسبة لـ *Typha Latifolia*، 80,4% بالنسبة لـ *Canna Indica*) و MES(82,6% بالنسبة لـ *Typha Latifolia*، 82,3% بالنسبة لـ *Canna Indica*) و NO_2^- (72% بالنسبة لـ *Typha Latifolia*و70,3% لنبات*Canna Indica*) و NO_3^- (95% بالنسبة لـ *Typha Latifolia*، وبالنسبة لـ *Canna Indica*) وPO_4^{-3} (76% بالنسبة لـ *Typha Latifolia*،60,7% بالنسبة لـ *Canna Indica*) وNH_4^+ (97,3%بالنسبة لـ*Typha Latifolia*، 93,4% بالنسبة لـ *Canna Indica*). ري الأحواض بنظام تدفق شاقولي أظهر نتائج معتبرة في التخفيض من نسبة الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصحي، إلى جانب تعايش النباتات والوسط المزروعة فيه في الظروف المناخية، أين كانت قدرة أداء الأحواض المغروسة أكبر من الحوض غير المغروس، وقدرة أداء نبات *Typha Latifolia* أحسن مقارنة مع نبات *Canna Indica* على إزالة المواد الملوثة. وبما أن النتائج أظهرت قدرة أداء عالية لنبات *Typha Latifolia* هذا يدفعنا إلى توسيع استعمال هذا النوع من النبات، ولما لا توجيه المياه المعالجة لأغراض زراعية أو صناعية .

الكلمات الدالة: *مياه الصرف الصحي، نبات Typha Latifolia ، نبات Canna Indica ، منطقة تقرت.*

Abstract

The aim of the study is to compare the performance of two plants ***Typha Latifolia*** and ***Canna Indica*** to treat wastewater with a vertical flow system. The study included a comparison between two ponds planted each with one type of selected plants and a third, not planted as a witness. The study was through the establishment of an experimental model at the Institution of the National Office for Disinfection **(ONA)** in the wilaya of Touggourt - Algeria. Which is characterized by a semi-arid climate, the experimental model consists of circular basins with a capacity of (80L) filled from bottom to top on a thickness of (20cm) with gravel (4-25mm) and urban wastewater after physical pretreatment with (15L) per day at a regular rate once per week, the obtained water is collected after its stay in the basin for 5 days through a container placed at the bottom of each basin, and after a study that lasted for five full months, from August to December 2021.

The results were that we obtained the removal of pollutants in the following proportions: DCO (67.8% for Typha Latifolia, 67.3% for Canna Indica), DBO5 (83.4% for Typha Latifolia, 80.4% for Canna Indica), MES (82.6% for Typha) Latifolia, 82.3% for Canna Indica (72%-NO2 for Typha Latifolia, 70.3% for Canna Indica), NO-3 (95% for Typha Latifolia, and Canna Indica) and PO4-3% 76 for Typha Latifolia, 60.7% for Canna Indica and NH4+ (97.3% for Typha Latifolia, 93.4% for Canna Indica).

Irrigation of basins with a vertical flow system showed significant results in reducing the percentage of pollutants present in sewage water, as well as the coexistence of plants and the cultured medium in it and in these climatic conditions, where was the performance capacity of the planted basins greater than the non-planted basin, and the performance ability of the plant Typha Latifolia better , compared with Canna Indica on the removal of pollutants. Since the results showed a high performance ability of this Typha Latifolia plant, this prompts us to expand the use of this type of plant, and why not direct the treated water for agricultural or industrial purposes.

KEYWORDS: wastewater, *Canna Indica* plant , *Typha Latifolia* plant, region of Touggourt

Résumé

L'objectif de cite etude chest de faire la comparison entre les due plantes *Typha Latifolia* et *Canna Indica* sur le traitement des eaux usées par un system à flux vertical D'études comp rends abuse la comparison entre due Vasquez plantes d'un seal genre de plantes choices et le troisième non Plante D'études est. fate sur un module de demonstration à office national de disinfection (On) à la wily de Touggourt _ Algérie qui est caractérisée par un climat semi_aride. ce modèle contient des vasques rondes de 80l remplies de bas en haut sur un épaisseur de 20cm avec des cailloux (25_4 mm).

Et des eaux usées urbaines après le traitement physique initial avec 15l par jour à un rythme régulier une fois par semaine Après 5 jours, on a rassemblé l'eau obtenue à travers un navire mis sous chaque bassin, après une étude durée 5 mois de août jusqu'à le mois de décembre 2021. On a obtenu l'élimination des polluants dans les proportions suivantes:

DCO (67,8% pour *Typha latifolia*, 67,3% pour *Canna indica*) et DBO5 (83,4% pour *Typha latifolia*, 80,4% pour *Canna indica*) et MES (82,6% pour *Typha latifolia*, 82,3% pour *Canna indica*) et NO_2^- 72% pour *Typha latifolia* et 70,3% pour Canna indica) , et NO_3^- (% 95 pour *Typha latifolia*, et pour *Canna indica*) et PO_4^{3-}(76% pour *Typha latifolia*, 60,7% pour *Canna indica*) et NH_4^+(% 97,3 pour *Typha latifolia*, 93,4% pour *Canna indica*).

Irrigation des bassins avec un système d'écoulement vertical a montré des résultats significatifs en réduisant le pourcentage de polluants présents dans les eaux usées.

Ainsi que la coexistence des plantes et le centre de culture dans les conditions climatiques, où la performance était bassins entée une plus grande capacité de la non-implantation du bassin, et la capacité de la performance de l'usine *Typha latifolia* mieux par rapport à la plante Canna Indica à supprimer matériaux contaminés. Comme les résultats ont montré une grande capacité de performance de cette plante *Typha latifolia* nous d'étendre l'utilisation de ce type de plante, et pourquoi pas le traitement direct de l'eau des fins agricoles ou industrielles**.**

MOTS- CLÉS: eaux usées, plantes Typha Latifolia, plantes Canna indica ,*région de Touggourt*

الفهرس

	قـــــائمة الأشكال			أ
	قـــــائمة الجداول			ب
	قـــــائمة الرموز			X
	الـــــمقدمة			01
I	الجـــــــــزء الـــــنظري			
	الفصـــــل الأول: المياه الملوثة وطرق معالجتها			16-03
	عموميات حول المياه الملوثة			03
	1 تلوث المياه			03
		1 ملوثات الماء (أنواع ومصادر)		03
	2 مياه الصرف الصحي			04
	1 مصادر مياه الصرف الصحي			05
	2 خصائص مياه الصرف الصحي			06
	3 مقاييس التصنيف			07
	4 المعايير والتراكيز المسموح بها			10
	5 اعادة استخدام مياه الصرف الصحي بعد المعالجة			11
	6 أثار مياه الصرف الصحي على البيئة والانسان			11
	3 طرق معالجة مياه الصرف الصحي			11
	1 أهداف معالجة مياه الصرف الصحي			11
	2 طرق المعالجة الرئيسية لمياه الصرف الصحي			12
		1 محطات معالجة المياه بطريقة الحمأة المنشطة		14
		2 المعالجة بالبحيرات		15
		3 المعالجة بالأحواض الطبيعية		15
		4 معالجة المياه بواسطة النباتات		16
	الفصـــــل الثانـــــي : معالجة مياه الصرف الصحي بواسطة النباتات			25-17
II	1 تمهيد			17
	2 محطات المعالجة بالنباتات			17
	1 النباتات المستخدمة في محطات المعالجة بالنباتات			18
	2 عوامل اختيار النباتات			19
	3 أحواض النباتات المستعملة في تنقية مياه الصرف الصحي			19
	4 آلية إزالة الملوثات وفعالية أحواض المعالجة بالنباتات			21
	5 النبات المستعمل في التصفية			22
		1 نبات البوط		22
			1 وصف النبات	23
			2 البيئة والانتشار	23
			3 استعمالات نبات البوط	23
		2 نبات القنا		24
			1 وصف نبات	25
			2 البيئة والانتشار	25
			3 استعمالات نبات	25
	المراجع			

الجـــــزء العملـــــي			
III	الفصـــــل الثالـــث: طـــرق وأدوات		39-26
	1	تقديم منطقة الدراسة	26
III	2	تقديم محطة التصفية بتقرت	27
	3	البرتوكول التجريبي	28
		1 العتاد التجريبي المستعمل	28
		2 الخصائص الفيزيوكيميائية للمياه المستعملة	30
	4	تحديد الوسائط الفيزيائية والكيمائية المقاسة	30
		1 تحديد المواد العالقة MES	30
		2 تحديد الطلب الكيميائي للأكسجين DCO	32
		3 تحديد الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5	33
		4 تحديد كمية النتريت NO_2^-	35
		5 تحديد كمية النترات NO_3^-	35
		6 تحديد كمية أرتو فوسفات PO_4^{3-}	36
		7 تحديد كمية الأمونيوم NH_4^+	37
		8 قياس كمية الأكسجين المنحل O_{2diss}	37
		9 قياس الأس الهيدروجيني pH	38
		10 قياس درجة الحرارة T(C°)	38
		11 قياس الناقلية CE	39
IV	الفصـــــل الرابـــع: نتائـــج ومنـــاقشة		57-40
	1- تمهيد		40
	2- معامل التحلل البيولوجي		40
		1 تحديد خصائص مياه الصرف الصحي المستعملة الداخلة لمحطة التصفية	41
		2 خصائص المياه المعالجة	42
	3- النتائج والمناقشة		44
	1	تطور درجة الحرارة	44
	2	تطور الأكسجين المذاب O_{2diss}	45
	3	تطور الأس الهيدروجيني pH	46
	4	تطور الناقلية الكهربائية CE	48
	5	تطور الملوحة Salinité	49
	6	تطور المواد العالقة MES	49
	7	تطور الطلب الكيميائي للأكسجين DCO	50
	8	تطور الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5	51
	9	تطور ازالة النتريت NO_2^-	52
	10	تطور ازالة النترات NO_3^-	53
	11	تطور أرتو فوسفور PO_4^{3-}	54
	12	تطور الأمونيوم NH_4^+	55
	الخاتمة		57
المراجع			
الملاحق			

قائمة الأشكال

الرقم	الشكل	الصفحة
1	مخطط خصائص المياه الصرف الصحي	6
2	مخطط معالجة مياه الصرف الصحي	13
3	صورة لمخطط تقنيات المعالجة الأولية	13
4	صورة لعملية التنقية بالحمأة المنشطة	14
5	صورة مراحل المعالجة بالحمأة المنشطة	14
6	صورة البحيرات المهواة	15
7	صورة الأحواض الطبيعية	16
8	مراحل معالجة مياه الصرف الصحي	18
9	صورة حوض نباتي ذو تدفق سطحي أفقي	20
10	صورة حوض نباتي ذو تدفق شاقولي	20
11	صورة حوض مغروس بنباتات بتدفق سطحي حر	20
12	صورة أحواض مغروسة بنباتات ذات تدفق مهجن	20
13	صورة نبات ***Typha Latifolia***	22
14	صورة نبات ***Canna Indica***	24
15	خريطة تبين موقع منطقة الدراسة ولاية تقرت - الجزائر-(Google earth)	26
16	صورة توضح محطة تصفية المياه تقرت	28
17	صورة بالقمر الصناعي تحدد موضع منطقة الدراسة	28
18	العتاد التجريبي المستعمل	29
19	حوض غير مزروع (شاهد)	29
20	حوض مزروع بنبات *Canna Indica*	29
21	حوض مزروع بنبات *Typha Latifolia*	30
22	الكواشف المستعملة لقياس DCO	33
23	التطور الزمني لدرجة الحرارة T(c°) للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة وحوض الشاهد	45
24	التطور الزمني للأكسجين Odissالمنحل للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة وحوض الشاهد	46
25	التطور الزمني للأس الهيدروجيني الـ PH للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة وحوض الشاهد	47
26	التطور الزمني للناقلية الكهربائية CE للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة وحوض الشاهد	48
27	التطور الزمني للملوحة Salinité للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة وحوض الشاهد	49
28	التطور الزمني للمواد العالقة MES للمدخل والمخرج لكل منا لأحواض المزروعة وحوض الشاهد	50
29	التطور الزمني للطلب الكيميائي للأكسجين DCO للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة وحوض الشاهد	51
30	التطور الزمني للطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5 للمدخل والمخرج لكل من الأحواضالمزروعة وحوض الشاهد	52

31	التطور الزمني للنتريت $N\text{-}NO_2^-$ للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة وحوض الشاهد	53
32	التطور الزمني للنترات $N\text{-}NO_3^-$ للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة وحوض الشاهد	54
33	تطور أرتو فسفور $P\text{-}PO_4^{-3}$ للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة وحوض الشاهد	55
34	التطور الزمني للأمونيوم $N\text{-}NH_4$ للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة وحوض الشاهد	56

قائمة الجداول

الرقم	الجدول	الصفحة
1	أنواع تلوث المياه أشكال ومصادر وطرق المعالجة	4
2	أنواع مياه الصرف الصحي ومكوناتها	5
3	قيم الحد الأقصى لمعالم صرف نفايات الوحدات الصناعية	10
4	أنواع النباتات المنقية	21
5	يمثل متوسط الخصائص المناخية – تقرت– 2021	27
6	يمثل معامل تغير قيمة DBO_5 بدلالة حجم العينة المستعملة	34
7	القيم المتوسطة للوسائط المقاسة للمياه المستعملة الحضرية المستعملة في تغذية الأحواض أثناء عملية التنقية خلال مدة الدراسة	41
8	يمثل قيم معامل التحلل البيولوجي للمياه المستعملة الداخلة لمحطة التصفية	41
9	القيم المتوسطة للوسائط المقاسة للمياه المعالجة الحضارية للأحواض المزروعة وحوض الشاهد	43

قائمة الرموز

الاختصار	المدلول
MES	Matières en suspension
CE	Conductivité électrique
pH	potentiel d'hydrogène
$O_{2dissou}$	l'oxygène dissous
Po_4^{3-}	ortho Phosphore
NO_2^-	Nitrite
NO_3^-	Nitrate
NH_4^+	Azote ammoniacal
DBO_5	Demande Bio chimique en Oxygène (05 jours)
DCO	Demande Chimique en Oxygène
WHO	World Health Organization
WWG	Gardens Waste water Treatment
ONA	Office nationale d'assainissement
ONM	Office national de météorologie Touggourt

الـمقدمـــــة

المقدمة:

تعتبر المياه من أهم عوامل التنمية المستدامة، لذلك هناك ضرورة ملحة للاستخدام الرشيد لموارد المياه المتاحة خاصة في الدول العربية حيث تندر الموارد المائية، أين تقع معظمها في نطاق جغرافي قاحل وشبه قاحل، وتتسم بانخفاض منسوب الأمطار. إذ تزايدت في الآونة الأخيرة أهمية معالجة مياه الصرف الصحي والمياه العادمة وإعادة استخدامها نظرا لارتفاع التعداد السكاني والتقدم الصناعي، والذي من شأنه أن يجعل من المخلفات السائلة خطرا كبيرا مشكلة بذلك تحديا اقتصاديا واجتماعيا وسياسيا كبيرا. فتحولت سياسات العديد من دول العالم إلى التخطيط وتطوير تقنيات المعالجة، التي توفر مصدرا غير تقليدي ومتجدد للمياه. إذ يعتمد نجاح عمليات معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها على مجموعة من المعايير والضوابط البيئية المتعلقة بطبيعة المياه. والهدف من المعالجة وإعادة الاستخدام والذي يجب أن يتم في إطار حماية مضمونة بيئيا، وكذا ضمان حماية الأفراد مع مراعاة العوامل الاقتصادية مع متابعة الآثار البيئية على المنظومة، وذلك من خلال تطوير برامج شاملة للرصد البيئي للملوثات وتأثيرها على المحيط.[26]

في السياق ذاته مؤخرا شهد العالم انتشار ما يعرف بالتقنية الخضراء وهي عمليات استخدام النباتات والكائنات الحية لإزالة الملوثات من المياه الملوثة، وأبرز هذه التقنيات المعالجة بواسطة النباتات. كونها أثبتت كفاءاتها على تحقيق المواصفات المرغوبة لمياه الصرف عن طريق خفض نسبة الملوثات و العوامل الممرضة والوصول إلى الحدود المسموحة لاستخدام المياه الناتجة عنها في الزراعة دون استخدام المحاليل الكيميائية.

تعتمد آلية التنقية بالنباتات على الجذمور و الجذور، حيث تشكل حامل لنمو البكتيريا وتصفية المواد العالقة . تشكل الجذور مع الجذمور أكبر مساحة التماس بين التربة و المياه حيث تساعدها على الانسياب داخل التربة، النباتات بدورها تسمح للأوكسجين أن يتنقل إلى الجذورعن طريق الأوراق والسيقان، الأوكسجين يساعد على تزايد و نمو البكتيريا التي تقوم بهدم المواد العضوية الموجودة ضمن المياه. الجذمور و شبه الجذور تنتج مادة سامة (مضادات حيوية) تقتل البكتيريا الضارة.[2]أظهرت هذه الطريقة من المعالجة أنها ذات فعالية مقارنة بطرق أخرى كونها أقل تكلفة وذات أثر إيجابي على البيئة .

استعملنا في دراستنا نوعين من النباتات المائية*Typha Latifolia* و*Canna Indica* التي تتأقلم ومناخ المنطقة. ويعود سبب الاختيار كونها نباتات محلية موجودة في منطقة وادي ريغ وتنمو تلقائيا دون اللجوء لجلبها من مناطق أخرى .

انطلاقا مما سبق نسعى بدورنا إلى تقدير فعالية النبتتين على تنقية مياه الصرف الصحي بنظام تدفق شاقولي، والمقارنة فيما بينهما من حيث إزالة الملوثات مع الحوض الشاهد (غير مزروع) .

أين أنجزنا دراسة احتوت أربعة فصول جاءت على النحو التالي :

الجزء النظري :

الفصل الأول :المياه الملوثة وطرق معالجتها .

الفصل الثاني : معالجة مياه الصرف الصحي بواسطة النباتات.

الجزء التطبيقي :

الفصل الثالث : طرق وأدوات.

الفصل الرابع : نتائج ومناقشة .

الفصـل الأول:
الميـاه الملوثـة وطـرق معالجتهـا

ملخص الفصل الأول :

تناولنا في هذا الفصل المياه الملوثة وكذا مصادرها، وخصصنا الحديث عن مياه الصرف الصحي تعريفا، مصادرا وأنواعا وخصائصا. إلى جانب مقاييس التصنيف ومعايير التصريف في البيئة المسموح بها لأغراض الري وغيرها، كما تطرقنا إلى طرق معالجة مياه الصرف الصحي (الأهداف)، وتحدثنا على سبيل الذكر لا الحصر عن أربعة طرق، المعالجة بالحمأة المنشطة، والمعالجة بالبحيرات، والمعالجة بالأحواض الطبيعية، إلى جانب الطريقة محور دراستنا المعالجة بواسطة النباتات.

I-عموميات حول المياه الملوثة :

I-1- تلوث المياه:

حسب منظمة الصحة العالمية عام 1961م لتلوث المياه على أنه :" هو أي تغير يطرأ على الخصائص الطبيعية والكيميائية والبيولوجية للمياه مما يؤدي إلى تغير في حالتها بطريقة مباشرة أو غير مباشرة، بحيث تصبح المياه أقل صلاحية للاستعمالات الطبيعية لها، سواء للشرب أو الاستهلاك المنزلي أو الزراعي أو غيره ".[2]

أما بالنسبة للمشرع الجزائري، فقد عرف هذا النوع من التلوث في الفقرة العاشرة من المادة 4 من القانون رقم 10/03 المتعلق بحماية البيئة في إطار التنمية المستدامة بأنه :" إدخال أية مادة في الوسط المائي، من شأنها أن تغير الخصائص الفيزيائية أو الكيميائية و/أو البيولوجية للماء، وتتسبب في مخاطر على صحة الإنسان، وتضر بالحيوانات والنباتات البرية والمائية وتمس بجمال المواقع، أو تعرقل أي استعمال طبيعي آخر للمياه ".[1]

I-1-1- ملوثات الماء (أنواع ومصادر):

تنقسم أنواع ملوثات الماء إلى أربعة أقسام منها :

- تلوث طبيعي.
- تلوث كيميائي.
- تلوث بيولوجي.
- تلوث حراري.

فيما تختلف مصادر تلوث المياه وتعدد، ولكن يمكن تصنيفها إلى:

- مصادر طبيعية.
- مصادر زراعية.
- مياه الصرف الصحي.[2]

الجدول (01): يمثل أنواع تلوث المياه، أشكال ومصادر وطرق المعالجة [6]

أنواع التلوث	أشكال الملوثات	مصادر التلوث				طرق المعالجة
		طبيعية	**زراعية**	**مياه الصرف**	**مصادر متنوعة**	
- طبيعي	- تغير اللون ، المذاق ، اكتساب رائحة كريهة	- الجو - المعادن الذائبة - تحلل المواد النباتية - الجريان السطحي للأملاح والكيماويات	- الانجراف المائي للتربة التي تحمل معها أسمدة كيماوية ومبيدات - المخلفات الحيوانية (مزارع الإنتاج الحيواني والدواجن) - مياه الري	الصرف الصحي - الصرف الصناعي - المركبات البحرية - الحوادث البحرية	- أنشطة البناء - المناجم - الماء الجوفي - أماكن تجمع القمامة وأماكن إنتاج الاسمنت	- الترسيب - الترشيح - التعويم - التناضح العكسي - الإمتزاز الفيزيائي والكيميائي - التبادل الأيوني - العمليات الكيميائية
- كيميائي	- المعادن الثقيلة ، مبيدات حشرية ، مواد كيميائية خطرة					
- بيولوجي	ميكروبات أو طفيليات، بكتيريا .					
- حراري	- ارتفاع درجة حرارة الكتل المائية نتيجة استعمالها في تبريد المفاعلات النووية ومحطات) توليد الكهرباء					

I-2- ميـاه الـصرف الـصحي :

وهي ما تسمى أيضا بالمياه الملوثة وهي كل المياه التي من المحتمل أن تلوث البيئات التي يتم تصريفها فيها هذه المياه بشكل عام منتج ثانوي للاستخدام البشري، سواء أكان محليا أم صناعيا.

المياه المستعملة هي المياه التي تغيرت بفعل الأنشطة البشرية نتيجة الاستخدام المنزلي أو الصناعي أو الحرفي أو الزراعي أو أي استخدام آخر تعتبر ملوثة ويجب معالجتها .

- يشار إليها أحيانا بالمياه الرمادية عندما تكون المياه ذات المنشأ المنزلي، الناتجة عن غسل الأطباق والأيدي والحمامات أو الاستحمام، والمياه السوداء عادة ما تحتوي على مواد مختلفة أكثر تلويثا أو يصعب التخلص منها، مثل البراز أو مستحضرات التجميل أو أي نوع من المنتجات الثانوية الصناعية الممزوجة بالماء .[3].

I-2-1- مصـادر ميـاه الصرف الـصحي :

تصنف المياه المستعملة حسب نوعية المواد الملوثة إلى أربعة أصناف:[2]

يمكن أن تكون مياه الجريان السطحي من الأسطح غير النفاذة، وبالتالي تعتبر مياه الجريان السطحي من أماكن وقوف السيارات مياه صرف بسبب وجود ملوثات مختلفة مثل الهيدروكربونات أو غبار تآكل الإطارات .

تعتبر المشاكل المتعلقة بالمياه العادمة قديمة قدم المياه نفسها وهي تزداد سوء مع النمو السكاني وتحسن نوعية الحياة وتطور الأنشطة الصناعية .اعتمادا على مصدر المواد الملوثة أين نجد أربعة فئات لمصادر مياه الصرف الصحي :

- المياه المنزلية (المحلية).
- المياه الصناعية.
- المياه الزراعية.
- المياه المطرية. [3]

الجدول (2) : يمثل أنواع مياه الصرف الصحي ومكوناتها .[2].

أنـــواع ميـاه الصرف الـــصحي	مكونـــــــاتهـــــــــا
مياه الصرف الصحي المحلية	- فضلات الإنسان. - مياه الاستعمال المنزلي محملة بمواد التنظيف ، الشحوم ، المياه الرمادية. - مياه المراحيض المحملة ب المواد العضوية ، النيتروجينية ، الفسفورية، جراثيم برازيه المسامات، المياه السوداء .
مياه الصرف الصحي الزراعية	- مبيدات - الأسمدة الزراعية الضارة - منتجات الصحة النباتية

مياه الصرف الصحي الصناعية	- خصائصها تختلف من صناعة إلى أخرى - مواد عضوية ،آزوتية،فسفورية، مواد كيميائية (عضوية، معدنية) - حسب أصولها الصناعية : - الشحوم (الصناعة الغذائية الحيوانية) ، الهيدروكربونات المصافي ، معادن الصناعة الحديدية والتعدين ، أحماض ونواتج الصناعة الكيميائية المختلفة ، المياه الصناعية الناتجة عن عملية التبريد ، المواد المشعة الناتجة من المحطات النووية .
مياه الصرف الصحي المطرية	- الملوثات الجوية من الغبار - بقايا الصخور - بقايا الاحتراق للبترول في العربات

I-2-2- خصائص مياه الصرف الصحي :

الشكل (1): مخطط خصائص مياه الصرف الصحي.[7]

I-2-3- مقاييس تصنيف الملوثات في المياه المستعملة:

- **درجة الحرارة :T(c)**

درجة الحرارة لها دور مهم في التوازن القائم في البيئة المائية ولكن طرح المخلفات الصناعية ذات الحرارة المرتفعة تتسبب في التلوث الحراري، وبالتالي التغير المفاجئ في درجة حرارة الوسط.[4]

يؤثر تغير الحرارة على:

ذوبان الأملاح والغازات، ثبت أن قابلية ذوبان الغاز تتناقص بزيادة درجة الحرارة. هذه الظاهرة مهمة بشكل خاص في حالة تبديد الأكسجين(الأكسجين المذاب).

- كذلك، كلما زادت درجة حرارة الماء قل تركيز تشبع الأكسجين، مما يؤدي إلى انخفاض احتياطي الأكسجين المتاح للكائنات الحية الدقيقة المشاركة في عمليات التنقية الذاتية .
- على تكاثر الكائنات الحية الدقيقة، مما يؤثر على التنقية البيولوجية. [3]

- **الدليل الهيدروجيني :(pH)**

يقيس الرقم الهيدروجيني تركيز أيونات H^+ في الماء. تظهر هذه العلامة التوازن الفيزيائي الكيميائي. تعمل قيمة الرقم الهيدروجيني على تغير نمو وتكاثر الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في الماء، أين يمكن لمعظم البكتيريا أن تنمو في نطاق يتراوح بين 5 و9 من الأس الهيدروجيني. ويكون الحد الأمثل بين 6.5 و8.5 من قيم الأس الهيدروجيني إذا كانت منخفضة عند 5 أو مرتفعة عند 8.5 أين تؤثر القيمة على نمو الكائنات الحية الدقيقة المائية وبقائها وفقا لمنظمة الصحة العالمية .[3].

- **الناقلية الكهربائية (CE)**

يعد معامل الناقلية عاملا "مهما" لتحديد مواصفات الماء وهذا لأنه يعبر عن ملوحة الماء (تراكيز خفيفة من الأملاح المعدنية المتشردة). في الوسط المائي تصبح الناقلية عالية في حالة التدخل الطبيعي كطبيعة صخور الحوض أو المجرى المائي أو تدخل بشري الذي يظهر في مياه الصرف المطروحة .[4]

- **المواد العالقة (MES)**

وهي المواد العالقة بالمياه ومن المحتمل رؤيتها بالعين المجردة. وتشمل المواد الطافية والرمل والحصى والأوراق وقطع الأخشاب ومخلفات الطعام والنفايات الصلبة ، ومخلفات الجسم البشري وغيرها. يمكن إزالة هذه المواد بطريقة سهلة من المياه المستعملة وذلك بالطرق الفيزيائية أو الميكانيكية كالترسيب أو الترشيح مثلا.[4]

- **المواد العضوية**

تتواجد في أشكال مختلفة فيزيائيا فقد تكون :

- جزيئات كبيرة أو صغيرة مثل: سكريات (نشاء، سيليلوز)، أحماض عضوية طيارة.
- غرويات منحلة : تتكون أساسا من مركبات الأزوتAzotes، كربون Carbone ، أوكسجين Oxygène، الكبريت Soufre،الفسفورPhosphore، ويتم تقييم المواد العضوية من خلال تحديد نسبة $DCO-DBO_5$. [4]

- **اختبار الطلب البيوكيميائي للأوكسجين :(DBO_5)**

الطلب الحيوي للأكسجين يعني كمية الأكسجين(O_2) المستهلكة في ظل ظروف اختبار الحضانة لمدة خمسة (5) أيام عند درجة حرارة 20°C وفي الظلام، لضمان التحلل البيولوجي لبعض المواد العضوية موجودة في الماء. أين توفر لنا هذه المعلومة المهمة أيضا مؤشرات على الوقت الذي سيكون ضروريا لمخطط التنقية البيولوجية وكميات الهواء التي يتم استخدامها .

عمليا، نقيس استهلاك الأكسجين المذاب (O_2) من الكائنات الحية الدقيقة لمدة خمسة أيام. يلخصه التفاعل الكيميائي التالي :

الركيزة + الكائنات الحية الدقيقة $+O_2$ $CO_2 + H_2O$ ⟵ كتلة حيوية + طاقة

يكون الطلب الأوكسجيني البيولوجي لمياه الصرف عموما أقل من الطلب الكيميائي للأكسجين (DCO). [3]

- **اختبار الطلب الكيميائي للأوكسجين (DCO)**

يمثل كمية الأكسجين التي تستهلكها الأكسدة الكيميائية لجميع المواد العضوية والمعدنية الذائبة في الماء.

يعتمد تحديد DCO على قياس كمية الأكسجين أو المؤكسد الذي تستهلكه المواد الصلبة الذائبة أثناء التفاعل التالي :

$$\mathbf{O_2 + MO \longrightarrow H_2O + CO_2 + X_i}$$

تتأكسد المواد العضوية، لتكوين ثاني أكسيد الكربون والماء عن طريق تقليل الأكسجين أو المؤكسد الكيميائي. لذلك يترجم ال DCO، في كمية الأكسجين التي يمكنها أكسدة مادة كيميائية تتحلل بواسطة المواد المختزلة الموجودة في عينة الماء .هذه الطريقة تمكن من قياس المركبات التي يحتمل أن تستنفذ الأكسجين المذاب في البيئة المستقبلة، ويتم التعبير عنها بالمليجرام من الأكسجين لكل لتر.[3]

- **النترات NO_3^-:**

تتعدد مصادر النترات في المياه،فمنها ما هو طبيعي نتيجة انحلال مركبات النترات في المجرى المائي لكنها ضعيفة نسبيا مقابل النسبة العظمى من النترات في المياه السطحية نتيجة استعمال الأسمدة الأزوتية في الزراعة .[4]

- **النتريت NO_2^-:**

شوارد النتريت في الوسط المائي إما أن تكون ناتجة عن إرجاع شوارد النترات أو أكسدة شوارد الألمنيوم وليس هناك مصدر طبيعي مباشر لها .[4]

- **ارتوفوسفات PO_4^{3-}:**

ينشأ الفوسفات في المياه السطحية من مصدر طبيعي ومصدر صناعي، كالأسمدة المنظفات الصناعية تتواجد شوارد الفوسفات في الماء بأشكال مختلفة تبعا لقيمة pH الوسط، حيث تكون المياه الطبيعية ذات pH بين (5-8) تحتوي شوارد الفوسفات أحادية وثنائية الهيدروجين (HPO_H2PO)، يعتبر الفوسفات المنحل في مياه الري مادة مغذية للنباتات غير أن ارتفاع نسبته أكثر من 60ملغ/ل يؤدي إلى تغير في بنية بعض النباتات.[4]

- **الكائنات الحية الدقيقة :**

تحتوي مياه الصرف علىLa flore : مجموع الكائنات الحية الدقيقة خاصة البكتيريا القولون البرازيةBactérie Coliformes Fécaux، تضم Les Entérobactéries مثل Escherichia Nitro bacterklebsiellamcholi،Entéro Bactérie، والتي تتمثل Les Coliformes Totaux أما Les coliformes Fécaux فتتمثل في :Escherichia Coli بالإضافة إلى البكتريا السباحية البرازية (les Streptocoques Fécaux) مثل : S.bovis،S.faecium، S. faecali .

إلى 10^5 في 1 مللتر. من المستحيل ذكر جميع الأجناس أو الأنواع أو المجموعات المتواجدة والمعروفة لأن براز الإنسان يحتوي على 300 إلى 500 جنس مختلف، كما نجد بكتيريا Aeromonas بتركيز مساوي أو أكبر من تركيزEntérobactéries رغم مصدرها غير البرازي (من 10^5 إلى 10^6 في 1 مللتر) .[2]

I-2-4-المعايير والتراكيز المسموح بها :

للمحافظة على البيئة والصحة العامة فرضت الدولة الجزائرية معايير محددة لقيم الحد الأقصى لمعايير الصرف لنفايات الوحدات الصناعية السائلة .

إذ وجب عدم تصريف المياه العادمة المجمعة في شبكات حضرية أو مياه الصرف الصحي التي تدخلها الصناعة مباشرة في بيئة استقبال طبيعية (نهر،بحيرة،ساحل البحر،الأرض) إلا عندما توافق مع المعايير التي تحددها اللوائح. إذ وردت القيم المحدودة لتصريف النفايات السائلة في المرسوم التنفيذي (25شعبان 1433 الموافق ل 15جويلية 2012) جدول(3). قبل تصريفها في البيئة الطبيعية وتدهورها ، يجب أن تمتثل المياه المصرفة بشكل حتمي للمعايير الموضوعة لحماية البيئات المستقبلة من أي نوع من أنواع التلوث. لهذا يتم نقلهم إلى محطة المعالجة حيث يخضعون لعدة مراحل معالجة اعتمادا على حجم الملوثات وحساسية البيئة المستقبلة. [7]

جدول (3): قيم الحد الأقصى لمعالم صرف نفايات الوحدات الصناعية[2]

المقاييس	القيمة
pH	6.5_8.5
درجة الحرارة	30م°
المواد العالقة MES	30 ملغ/ل
الطلب الحيوي للأوكسجين DBO_5	30ملغ/ل
الطلب الكيميائي للأوكسجين DCO	90ملغ/ل
الأزوت	30ملغ/ل
الفوسفات	02ملغ/ل
الزنك	10ملغ /ل
الكروم	0.1ملغ /ل
المنظفات	01ملغ/ل
الزيوت والدهون	20ملغ/ل
الأكسجين المنحل	5_2 /ملغ/ل
النتريت	30ملغ/ل

I-2-5- إعادة استخدام مياه الصرف الصحي بعد المعالجة:

- الاستخدامات الحضرية : ري المساحات الخضراء،غسيل الشوارع، تغذية خطوط المسطحات المائية والنوافير.
- الاستخدامات الزراعية: الري .
- الاستخدامات الصناعية: التبريد.
- تحسين موارد المياه وجودتها: تغذية المياه الجوفية.[3]

I-2-6- آثار مياه الصرف الصحي على البيئة والإنسان:

تحمل مياه الصرف الصحي غير المعالجة العديد من البكتيريا،وبعضها قد تسبب أمراضا خطيرة، كما أنها عامل مهم في تلوث المياه الجوفية والأنهار وأي سطح مائي آخر مثل البحر على سبيل المثال .عندما يم تصريفها في البيئة الطبيعية بكميات كبيرة وبدون معالجة مسبقة، فإن المياه العادمة تهدد توازن العناصر التي تشكل نظاما بيئيا إلى درجة التسبب في تفاعل متسلسل، مما يعرض الحياة النباتية والحيوانية للخطر .

بسبب هذه المخاطر، غالبا ما تعتبر مياه الصرف الصحي خطرة أو سامة،بينما من خلال معرفة العمليات الطبيعية التي تسمح باستيعابها /تنقيتها ، يمكن أن تمثل هذه المياه نفسها موردا ذا قيمة كبيرة من خلال إنشاء مناطق خضراء إضافية .[9].

I-3- طرق معالجة مياه الصرف الصحي :

I-3-1- أهداف معالجة مياه الصرف الصحي:

تتم عملية معالجة المياه العادمة من أجل :

- القضاء على الكائنات الدقيقة "الممرضة خاصة" .
- إزالة المواد الصلبة العالقة. ونتيجة لهذه الإزالة نحصل على انخفاض في تركيز الملوثات :

✓ 50% من المواد الصلبة العالقة.

✓ 30% من الطلب الكيميائي للأكسجين DCO .

✓ 10% نتروجين وفسفور.

وعلى الرغم من التخلص من هذه المواد إلا أن بعضها يظل في شكله المتحلل مثل : الألمنيوم والفسفور ويتم التخلص منها بطرق بيولوجية بهدف :

- تقليل كمية المواد العضوية .
- تقليل كمية النتريت وتحويلها إلى نترات .
- تقليل كمية النتروجين عن طريق تحويله إلى نتروجين جزيئي .
- التقليل من نسبة الفسفور .
- المحافظة على الصحة العامة والبيئة .
- استعادة المياه العادمة لإعادة استخدامها لعدة أغراض مختلفة.
- استخدام الحمأة الناتجة عن المعالجة لعدة أغراض (مثل الزراعة) .

I-3-2- طرق المعالجة الرئيسية لمياه الصرف الصحي :

تتعرض مياه الصرف الصحي في محطات المعالجة لمجموعة من التقنيات، وإن اختيار التقنية المناسبة يعتمد بشكل كبير على عديد من الاعتبارات أهمها الاجتماعية والاقتصادية والتقنية والمناخية. بهدف نزع الملوثات منها حتى يتم تصرفها بشكل آمن غير مضر بالبيئة . أين نجد ثلاث مستويات متتابعة للمعالجة في وحدات معالجة الصرف الصحي المتكاملة:

1- المعالجة الأولية (الفيزيائية): ويتم فيها إزالة المخلفات الصلبة ذات الأحجام المختلفة ، ومن ثم ترسيب المواد الصلبة العالقة .

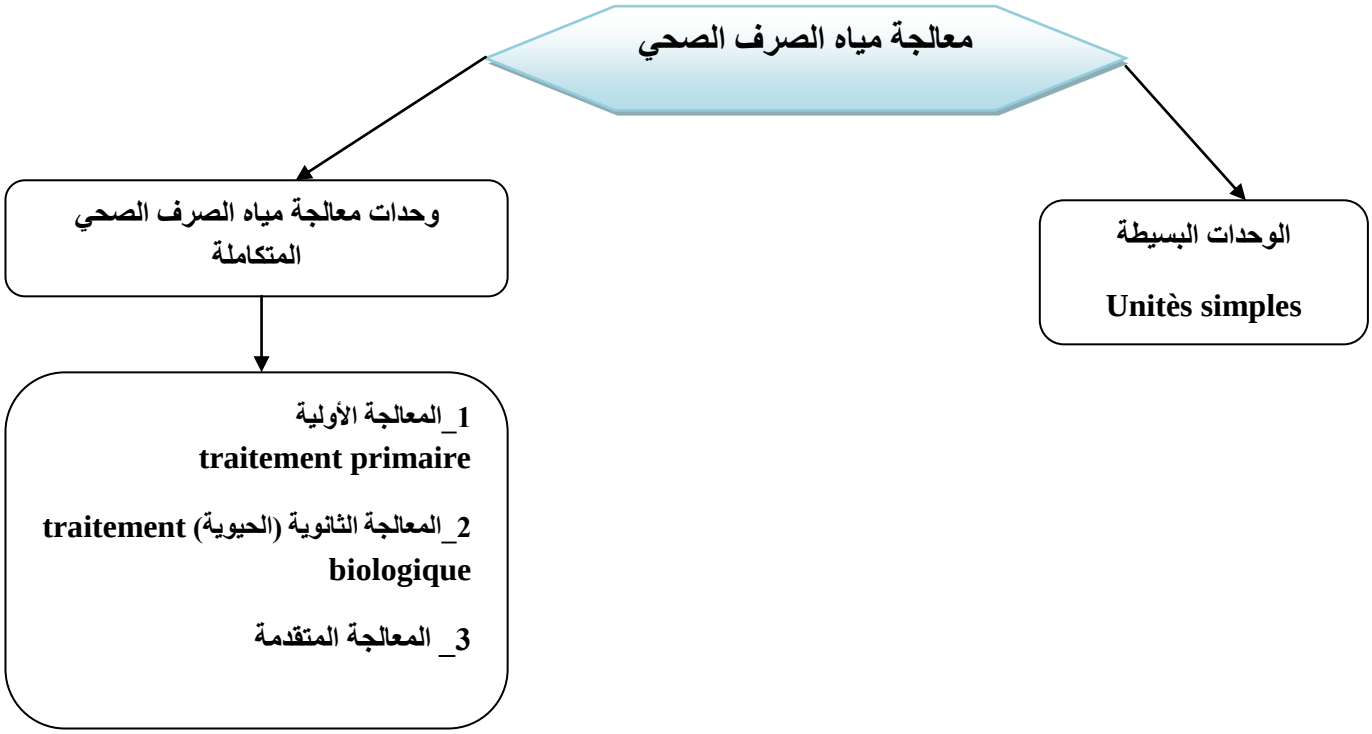
2- المعالجة الثانوية (بيولوجية) : يتم فيها تحليل المواد العضوية الصلبة المترسبة من المرحلة الأولى على عدة مراحل بواسطة أنواع من البكتيريا في خزانات ذات تهوية للسماح للبكتيريا الهوائية إجراء عملية التحليل ، ثم تحويل المخلفات الناتجة إلى خزانات غير مهواة للسماح للبكتيريا اللاهوائية بالقيام بعملية تحليل للتخلص من كل النواتج الصلبة .

ماء+ ملوثات عضوية+ كائنات حية دقيقة (بكتيريا)+ أكسجين ← زيادة عدد الكائنات الحية (البكتيريا الهوائية)+H_2O+CO_2

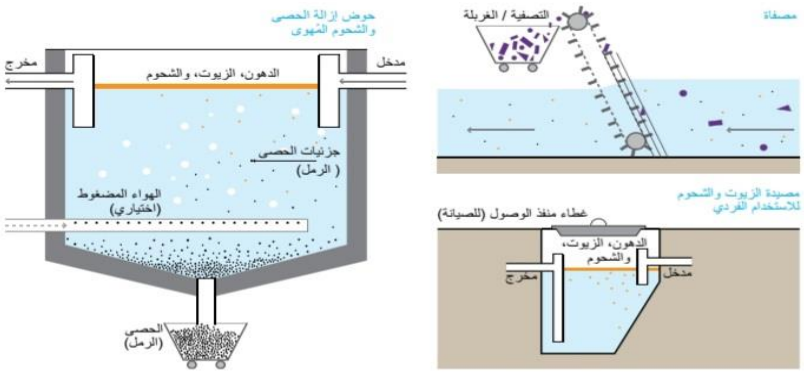
3- المعالجة المتقدمة (الكيميائية) :

في هذه المرحلة يتخلص العناصر الملوثة الباقية بعد المرحلة السابقة ،كالحبيبات الصغيرة وعناصر مركبات الفوسفات والنتريت ثم معالجتها بالكلور ضمانا للقضاء على أي ميكروبات تبقت. وفي نهاية المرحلة يكون لدينا ناتج نظيف غير ملوث ذو محتوى DBO_5 منخفض يمكن صرفه في المسطحات المائية المختلفة

أو استعماله في ري المزروعات، دون أي احتمالات يخشى منها .[4].



الشكل (2) : مخطط معالجة مياه الصرف الصحي .



الشكل (3): مخطط تقنيات المعالجة الأولية [5]

مراحل المعالجة في الميدان:

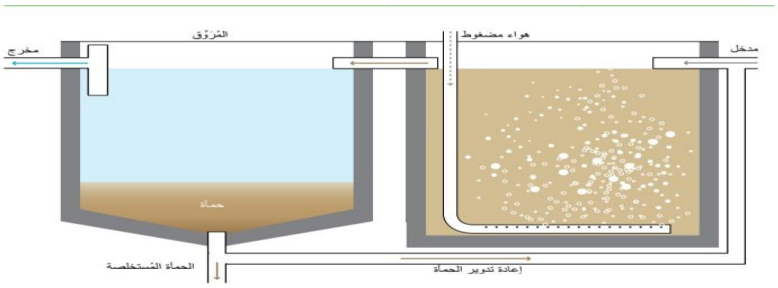
توجد طرائق عديدة لمعالجة مياه الصرف الصحي سنذكر بعضا منها :

I-3-2-1- محطات معالجة المياه بطريقة الحمأة المنشطة :

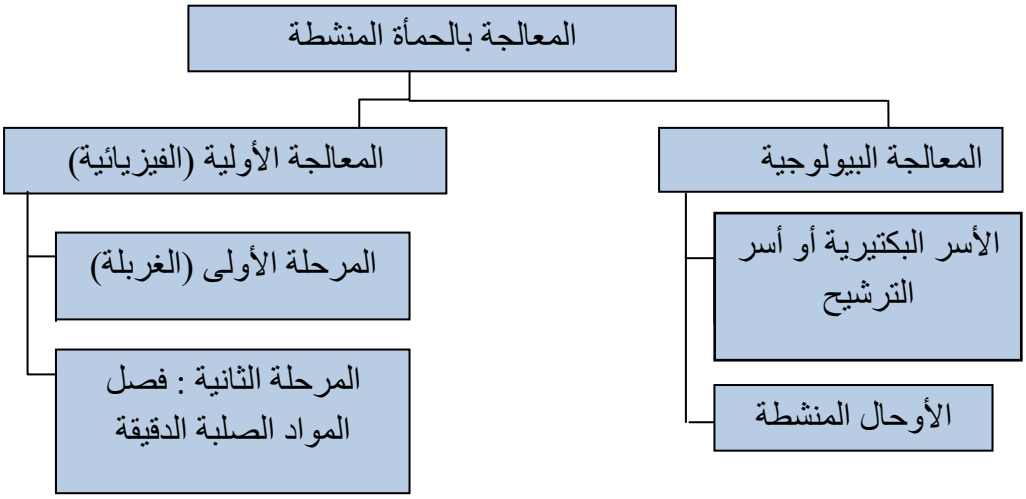
سميت الطريقة بهذا الاسم لأنه يتم إعادة جزء من الحمأة المترسبة في أحواض الترسيب الثانوية إلى حوض التهوية وذلك بشكل مستمر، وهذا يساعد في تسريع العملية البيولوجية وزيادة كفاءتها بسبب زيادة كثافة الكتلة الحيوية في حوض التهوية، وبالتالي زيادة معدل الأكسدة وتفكيك المواد العضوية إلى مكوناتها الأساسية.

وهي من الطرق الأكثر شيوعا بسبب فعاليتها في المعالجة .

يعتمد مبدأ طريقة الحمأة المنشطة في تكثيف عمليات التطهير الذاتي، عن طريق إعادة جزء من الحمأة ونفث الأكسجين اللازم لنمو البكتيريا وتكاثرها في حوض التهوية الموجود في محطة المعالجة. فيما يؤدي تكاثر البكتيريا إلى تخليص المياه من المادة العضوية المنحلة وتحويلها إلى مادة غير قابلة للترسيب في حوض الترسيب النهائي اللاحق لحوض التهوية في المحطة.



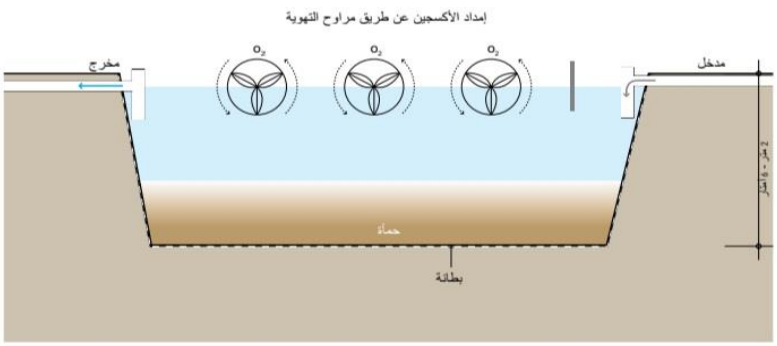
الشكل (4) : صورة لعملية الحمأة المنشطة [5]



الشكل (5): مراحل المعالجة بالحمأة المنشطة [2]

I-3-2-2- المعالجة بالبحيرات lagunage

هي إحدى الطرق المستعملة في معالجة المياه المستعملة،والتي تعتمد كمبدأ أساسي في عملها على التدفق والسيلان البطيء للماء. لإقامة هذا النوع من المحطات نحتاج لتضاريس ومساحات شاسعة تسمح بإقامتها (لهذا يستخدم هذا النوع من المحطات كثيرا في الصحراء)، لأن المحطة تتكون من أحواض كبيرة جدا قد يصل عددها من 7إلى 8 أحواض أو أكثر حسب طاقة استيعاب كل محطة من المياه المستعملة. تبدأ العملية بمرحلة أولى من المعالجة(معالجة فيزيائية) نفسها المتبعة في محطات التصفية بطريقة الحمأة المنشطة حيث تنزع الفضلات كبيرة الحجم الرمال والزيت من الماء ثم يمر الماء إلى الأحواض(برك)، التي تكون مجهزة بآلات للتهوية، وهذا بغرض توفير الظروف المناسبة للكائنات الحية الدقيقة والطحالب اللذان يعملان على تفكيك وتحطيم الملوثات والمواد العضوية التي تحملها المياه المستعملة كما يسمح كبر حجم البرك بترسيب المواد التي تبقى عالقة في المياه(الوحل)، كذلك لتطول مدة بقاء الماء في البرك لتكون نتيجة المعالجة أكثر فعالية، يمر الماء من بركة إلى أخرى ببطء ونفس العملية التي تحدث في الأحواض الأولى تتم في الأحواض الموالية، ليصل الماء إلى آخر حوض صافي معالج. والهدف من آلات التهوية الموضوعة في البرك هو تنشيط الأكسدة الهوائية، والملفت للانتباه هو صغر حجم هذه الآلات وعددها مقارنة مع الموجودة في أحواض التهوية لمحطات التصفية الحمأة المنشطة.[2]

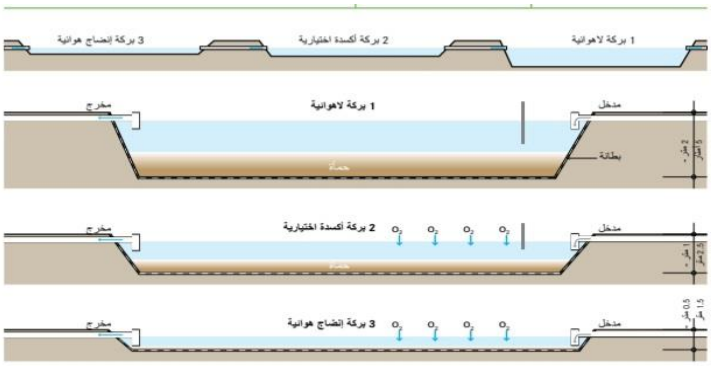


شكل(6) : البحيرات المهواة [5]

I-3-2-3- الأحواض الطبيعية: (Lagunages naturels)

يعتبر نظام برك التثبيت من أكثر الطرق من حيث الكفاءة في معالجة مياه الصرف الصحي، لأنه يعتبر أقل اعتمادا على التقنيات و البساطة في الإنشاء و التشغيل و التكلفة المنخفضة، و خاصة في المناطق ذات المناخ الدافئ مثل المناطق الجافة و شبه الجافة. برك تثبيت المخلفات السائلة هي عبارة عن برك كبيرة ضحلة

محاطة بسدود ترابية، يتم فيها تثبيت المخلفات السائلة لمدة تتراوح من (4 أيام إلى100 يوم) اعتمادا على درجات الحرارة ودرجة المعالجة المطلوبة وتتم عملية المعالجة بيولوجيا بفضل أشعة الشمس والرياح حيث تقوم الطحالب والبكتيريا بأكسدة المواد العضوية . وتعتبر منظومة برك تثبيت المخلفات السائلة(Wastewater Stabilisation Ponds_WSP) الأكثر فعالية وملائمة لمعالجة المخلفات السائلة في حال توفر الأرض الرخيصة، وتستخدم البرك اللاهوائية والاختيارية لإزالة الملوثات العضوية، في حين تعمل برك الإنضاج على إزالة مسببات الأمراض من البكتريا و الجراثيم . وتعتبر البرك اللاهوائية والبرك الاختيارية كافية لاستخدام المياه المعالجة في الري المقيد حيث أنها قادرة على إزالة الديدان الطفيلية وبيضها بشكل كبير عن طريق الترسيب. وتستخدم برك الإنضاج عادة إذا كانت المياه المعالجة تستخدم في ري المحاصيل غير المقيد وفق الحدود المنصوح بها من قبل منظمة الصحة العالمية WHO. وتستخدم هذه البرك أيضا عندما تحتوي مياه المخلفات على تركيزات عالية من المغذيات، الفسفور والنيتروجين. غالبا ما تستعمل البرك اللاهوائية والبركة الاختيارية فبركة الإنضاج على التوالي، وكل مرحلة من المراحل يمكن أن تتكون من بركتين أو أكثر. [8]



الشكل (7):صورة للأحواض الطبيعية

I-3-2-4- معالجة المياه بواسطة النباتات (Traitement des eaux usées par les planets)

وهي عملية تتم بواسطة نباتات منقية لها قدرة امتصاص الملوثات من الماء بطرق مختلفة. فمن بين هذه النباتات نجد مثلا :*Typha Latifolia*،القنا *Canna Indica*...الخ

وهو ما سنتطرق إليه تفصيليا في الفصل الثاني .

الفصـل الثانـي
معالجـة ميـاه الصـرف الصحـي بواسطـة

ملخص الفصل الثاني:

في هذا الفصل خصصنا الحديث أكثر عن التنقية بواسطة النباتات إلى جانب أنواع النباتات المستخدمة في ذلك وعوامل اختيارها وأنواع الأحواض المزروعة ، كذلك تحدثنا عن آلية إزالة الملوثات وفعالية الأحواض .

وفي السياق ذاته عرضنا البطاقة التعريفية للنبتتين المستخدمتين في الدراسة من وصف للنبات، وبيئته وانتشاره واستعمالاته .

II-1- تمهيد:

تعتبر تنقية مياه الصرف الصحي أو المياه المستعملة بواسطة النباتات، ضمن أشكال المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي المنزلية، والتي تعتمد أساسا على قدرة النبات الطبيعية على إزالة التلوث فهي تستهلك المركبات الملوثة المذابة في الماء (نيتروجين وفسفور) والتي تشكل مغذيات لها، كما تعتبر بمثابة دعائم للعديد من الكائنات الحية الدقيقة (الطحالب والبكتيريا) التي تقوم بمعظم العمل، هذه النباتات تحافظ على الظروف اللاهوائية لتحلل المادة العضوية لأن جذورها توفر الأكسجين للبيئة. حيث تعتبر هذه التقنية مثالية، نظرا لانخفاض تكلفة استخدامها إلى جانب ارتفاع أدائها من حيث DBO_5،DCO،MES

II-2- محطات المعالجة بالنباتات :

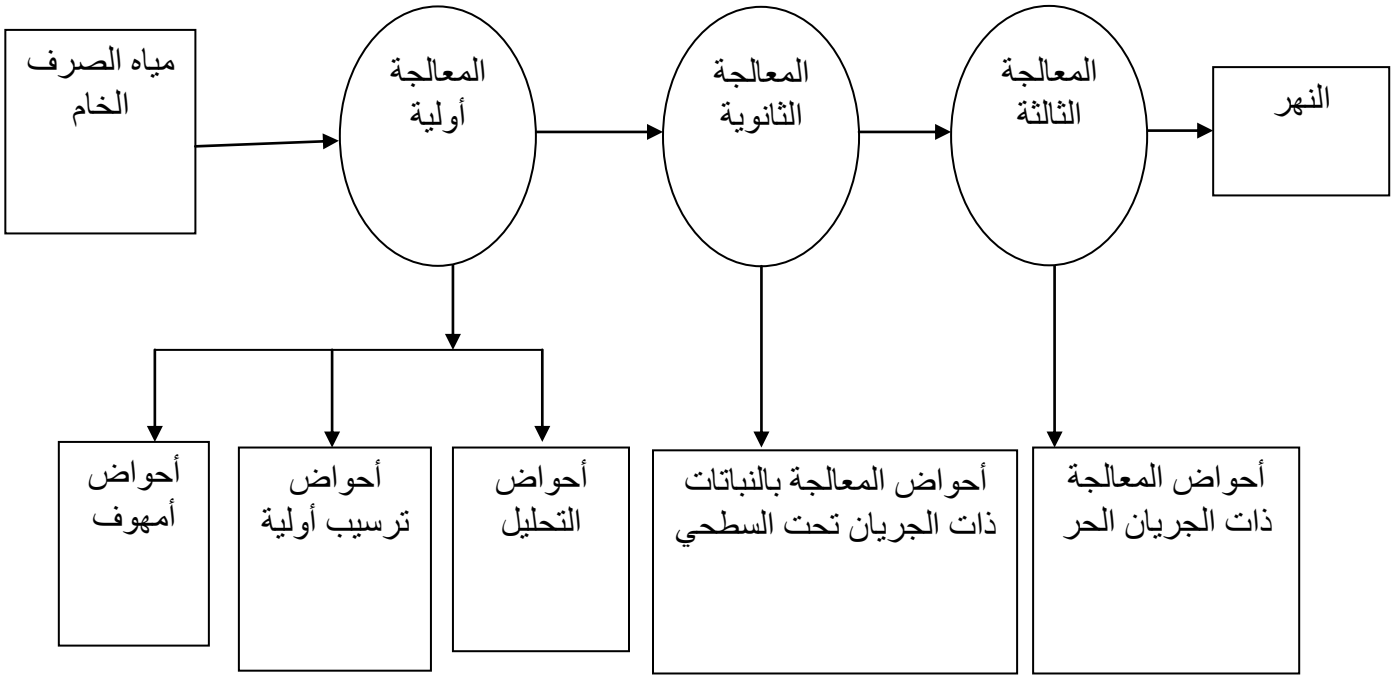
تسمى كذلك حدائق معالجة المياه المستعملة (Gardens Waste water Treatment) (WWG) وتعتبر منطقة رطبة اصطناعية يعتمد فيها على توفير شروط المناطق الرطبة الطبيعية، وتدعى رئة الأرض (poumon de la Terre)، نظرا للقدرة الكبيرة لهذه المناطق الرطبة الاصطناعية (Les zones humides artificielles)(ZHA)على معالجة المياه القذرة، وكذا حماية البيئة وهذا راجع للنشاط والدور الكبير الذي تقوم به النباتات، والكائنات الحية الدقيقة مقارنة بالعديد من الأراضي الرطبة الطبيعية.

يتكون نظام حدائق معالجة المياه المستعملة من: طبقة سميكة من الحصى (Gravier) الهدف منها أن تكون دعامة لجذور النباتات، حيث يكون الوسط دائما مملوء ومشبع بالماء. تبدأ مراحل المعالجة في نظام WWG من حوض التجميع،لجمع المياه القذرة حيث تحدث فيه معالجة أولية، ثم يمر الماء إلى حوض النباتات يتكون النظام من جزء واحد أو أكثر حيث يعتمد العدد على حجم النظام المطلوب والمساحة المتاحة للبناء، كما يتم وضع وتثبيت مربع (عنصر التحكم) وتسمى هذه النقطة بعلبة المراقبة، ومنها يتم تصريف المياه المعالجة ومنها كذلك يتم أخذ العينات من أجل إجراء التحاليل المخبرية المختلفة للتحقق من نوعية المياه المعالجة وكفاءة النظام في معالجة المياه القذرة.

إن حدائق معالجة المياه المستعملة هي جزء من نظام تدفق المياه الجوفية، يعني أنه يكون معرض للهواء في أي وقت، مما يمنع ويحول دون أي ملامسة للهواء، قد يصبح من خلالها خطر على الإنسان لذلك يمنع لمسه ويؤدي إلى انتشار الروائح الكريهة والبعوض.

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 يهوى 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. تجمع هذه الكائنات الدقيقة المتنوعة 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.[2]



الشكل(8) :مراحل معالجة مياه الصرف الصحي

II-2-1- النباتات المستخدمة في محطات المعالجة بالنباتات :

يستخدم في عملية تنقية المياه المستعملة أنواع عديدة ومختلفة من النباتات، صنفت ضمن مجموعات :

النباتات المائية البارزة .النباتات المائية الغاطسة ،النباتات المائية الطافية.[3]

الجدول (4): أنواع النباتات المنقية

نوع النبات	أشكاله		أمثلة
النباتات المائية البارزة	نباتات جميع أو بعض أعضائها الخضرية بارزة أو منبثقة خارج سطح الماء .		- القصب *(phragmites)* - نبات (*Typha*)
النباتات المائية الغاطسة	نباتات تنمو كليا تحت سطح الماء أوتظهر أزهارها أحيانا خارج سطح الماء .تنتمي إلى مجموعة النباتات متغايرة الأطوار .		- *Eggeriadensa (Brazilian)* - *Coratophylunspp (coontails)* - *Cacombacaroliniana (Fanwort)*
النباتات المائية الطافية	نباتات تعيش على السطح وغالبا ما تكون النبتة على سطح الماء وجذورها تمتد ضمن الماء وهذه لجذور تكون قصيرة و طويلة نوع ما.	**النباتات الطافية الحرة**	- *Lemnaceac (Duck weeds)* - *Eichhorniacrassipes (Water hyacinth)* - *Potamogéton natans* - *Nuphar or Nymphaea* - *Brassenis*
	هي نباتات طافية قادرة على بلوغ القاع عبر سيقانها الطويلة حيث تنمو جذورها ضمن قاع الحوض	**النباتات الطافية ذات الجذور الممتدة داخل التربة**	

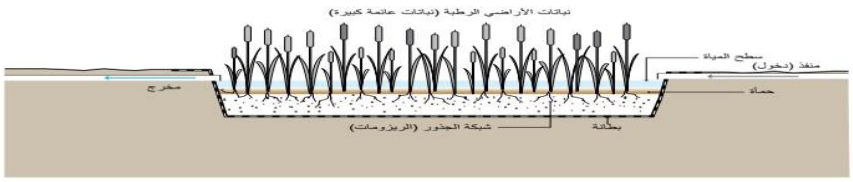
II-2-2- عوامل اختيار النباتات :

- ✓ يجب اختيار النباتات التي تنمو في البيئة الطبيعية للمنطقة، وتتكيف مع مناخها .
- ✓ النباتات يجب أن تكون من النوع الذي ينمو حالما يتم زرع مجموعة جذرية منه .
- ✓ يؤخذ في عملية الاختيار اعتبار الكتلة الحيوية للنبات، وكذا قوته المطهرة.
- ✓ يمكن المزج بين نوعين من النباتات لتغطي أعماق مختلفة من المياه .[2]

II-2-3- أحواض النباتات المستعملة في تنقية مياه الصرف الصحي :

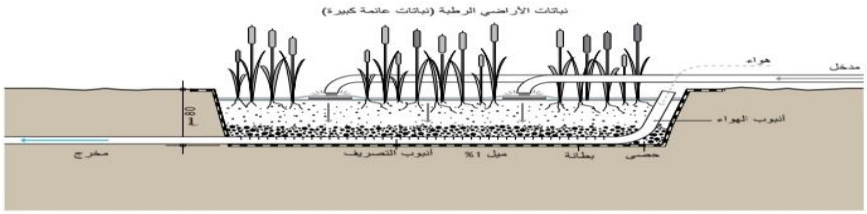
تستعمل أربعة أنظمة في العملية :

- أحواض مغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الأفقي



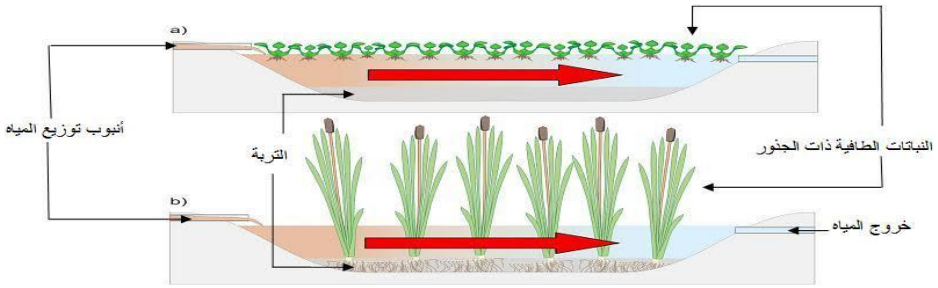
الشكل (9) : حوض نباتي ذو تدفق سطحي أفقي[2]

- أحواض مغروسة بالنباتات ذات الجريان الشاقولي .



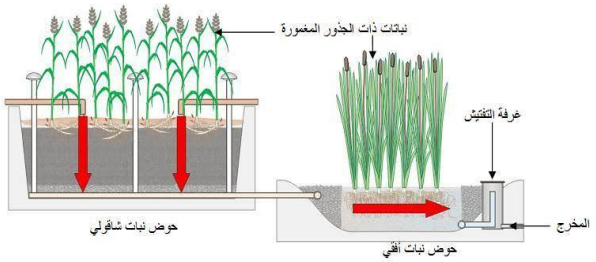
الشكل(10):حوض نباتي ذو تدفق شاقولي [2]

- أحواض مغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر



الشكل(11) : حوض مغروس بنباتات بتدفق سطحي حر[2]

- أحواض مغروسة بالنباتات ذات الجريان المهجن (أفقي + شاقولي)



الشكل (12) : أحواض نباتات ذات تدفق مهجن[2]

وبما أن الدراسة تتم في أحواض مغروسة بالنباتات ذات الجريان الشاقولي :

- **الأحواض ذات الجريان الشاقولي (العمودي):**

تستعمل الأحواض ذات التدفق العمودي في حالة المياه كثيرة التلوث. تسمى هذه الفلترة بترشيح فلدس نسبة للعالم الألماني الذي استعملها أول مرة سنة 1970م، وبحسب دراسات أجراها باحثين من منظمة Cemagraef التي أجريت في فرنسا أنه تم استعمال أحواض مملوءة بالحصى بشكل متجانس وتحتوي على طبقة علوية من الرمل تغرس فيها النباتات المائية بشكل تجمعات، حيث يتم تزويد الأحواض بالمياه باستعمال مضخة مستغرقة بهذا وقتا طويلا، أين توضع عديد المسابح بالتوازي لإنشاء تناوب في مراحل النشاط ومراحل الراحة، ليتم بذلك التحلل البيولوجي للمواد الذائبة بفعل الكتلة الحيوية المثبتة على الدعامة، فيما يتم الاحتفاظ بالمواد العالقة وتحللها من المواد العضوية واختزال كمية البكتيريا المسببة للأمراض والتي تحدث تواليا عبر مرحلتين للعلاج :

- ✓ المرحلة الأولى : مرشحات تتكون من أنواع مختلفة من الحصى، وهي مرحلة التهوية وتساهم بشكل رئيسي في تحلل الكربون .
- ✓ المرحلة الثانية : مرحلة تكرير تدهور الكسر الكربوني، وحصول عملية النترجة في وجود الأكسجين بشكل كامل، وتحويل جزء بسيط من النترات إلى غاز النتروجين (النترتة)، فأثناء مرحلة الراحة تحدث الأكسدة التلقائية للحصول على البكتيريا، ولهذا السبب تتعدد صفوف أجهزة الترشيح العمودية .[2]

II-2-4- آلية إزالة الملوثات وفعالية أحواض المعالجة بالنباتات :

آلية التنقية بواسطة النباتات تعتمد على نوع الملوثات، أين يكون لكل ملوث آلية خاصة يقوم بها النبات للمعالجة .

الجدول (4): آلية تنقية مختلف الملوثات[6]

الملوثات	آلية الإزالة الرئيسية
المواد العضوية	التحليل البيولوجي (هدم ميكروبي هوائي ولا هوائي)
المواد الصلبة العالقة	الترسيب الفيزيائي ،الفلترة الفيزيائية والتحلل البيولوجي.
النتروجين	النترجة وإزالة النترجة البيولوجية عمليات الامتصاص الفيزيائية والكيميائية ضمن وسط الفلترة من طرف النبات

الفسفور	عمليات الامتصاص الفيزيائية والكيميائية ضمن وسط الفلترة ومن طرف النبات إزالة الفسفور بالامتزاز.
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.
DBO	تحلل عضوي هوائي ولا هوائي .

II-2-5 – النبات المستعمل في التصفية :

II-2-5-1- نبات *Typha Latifolia* (البوط عريض الأوراق):

التصنيف العلمي :[9]

النطاق: حقيقيات النوى **Eucaryote**

المملكة: النباتات **Plante**

الشعبة: البذريات **phanerogams**

التعيية: مستورات البذور **Angiosperm**

الصف: أحاديات الفلقة **Monocotylédo**

الرتبة: القبائيات **Typhales**

الفصيلة: البوطية **Typhaceae**

الجنس: البوط **Typha**

النوع: عرض الأوراق **Latifolia**

الاسم العلمي: ***Typha Latifolia***

الشكل (13): يمثل نبات *Typha Latifolia* **الجزء النظري**

II-2-1-5-1- وصف نبات *Typha Latifolia*:

البوط عريض الأوراق*Typha Latifolia*هو عبارة عن نبات عشبي معمر من جنس البوط *Typha* ينتمي إلى العائلة البوطية [11] *Typhaceae* [10]، يبلغ ارتفاع النبات ما بين 1.5 و 3 أمتار، وعمق الأوراق المتناوبة من 2 إلى 4 سم. جذوره سميكة تنمو بعمق 10 سم من سطح التربة،الساق حولية قوية غير متفرعة1إلى2 سم واسعة في المنتصف ومستدقة نحو القاعدة وعادة ما تكون متساوية أو واسعة، طول الورقة من 1 إلى 3 م وتنمو من 0,75 إلى 1 متر تحت الماء.[12] المقطع على هيئة الحرف D، لونها أخضر شاحب، يتكون هيكل النواة من العديد من الأزهار الفردية متجمعة في ارتفاع كثيف على شكل السجق، والتي تتشكل في نهاية الساق الطرفية بلون أخضر في المرحلة الفتية وتميل عند النضج إلى البني الداكن أو البني المحمر، تتوضع الأزهار المذكرة فوق الأزهار المؤنثة مع عدم وجود فراغ بينهما تزهر في ماي وجوان، الثمار الصغيرة تجتمع وتصل إلى1 سم مع أشعار شائلة تنثرها الرياح، تنتج كميات كبيرة من البذور القابلة للحياة التي يمكن نقلها بالرياح أو المياه أو التربة .[13] 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.[14]

II-2-1-5-2- البيئة و الانتشار لنبات *Typha Latifolia*:

تتواجد نبات *Typha Latifolia* في عدة مناطق في العالم ومعظمها في المناطق المعتدلة، تنمو على نحو كثيف في المناطق الضحلة أو المياه الشاطئية في المناطق ذات المياه العميقة والتربة الرطبة. [13]، يتطور *Typha Latifolia* في المناطق التي غمرتها المياه والتي لا يتجاوز عمق المياه فيها 0,8 م [12]، و تنتشر في أمريكا الشمالية والجنوبية و أوروبا و إفريقيا حيث أنها نبتة أصلية في كل هذه النواحي [13]، أما في استراليا ونيوزيلندا و في صربيا قد جلبت إليها وهي ليست أصلية .[15] تتواجد نبات *Typha Latifolia* في كل أنواع المناخ الحار والجاف.[16]

II-2-1-5-1- استعمالات نبات *Typha Latifolia*:

لهذه النبات استعمالات كثيرة فقد استعملت قديما مصدرا للغذاء[15]، حيث تؤكل على حالها أو مطبوخة أو مغلية خاصة أنها مصدر قوي وغني بالألياف، كما استعملت لتضميد الجروح [17]، و تستعمل في معالجة النفايات البشرية و الزراعية و الصناعية و امتصاص الفضلات الصلبة و هي مهمة في تخفيض الكميات الزائدة من نسبة الزنك و النحاس و النيكل .[18]، تقدم *Typha Latifolia* خصائص علاجية نباتية، حيث تتراكم بقايا المبيدات الحشرية والرصاص وغيرها من المواد الثقيلة معادن البيئة في جذورها لهذا السبب، لا

تتراكم بقايا المبيدات الحشرية والرصاص وغيرها من المواد الثقيلة معادن البيئة في جذورها لهذا السبب، لا يتم استخدام النباتات التي تنمو في المياه الملوثة. استعملتها البحرية الأمريكية خلال الحرب العالمية الثانية كعازل حراري في المباني و كعضو عضوي بديل للمواد العازلة التقليدية مثل الصوف الزجاجي أو الصوف الحجري . كما أن النباتات تتغذى بشكل متكرر من قبل ثدييات الأراضي الرطبة وبذورها عن طريق الطيور. بعض أجزاء النباتات صالحة للأكل عند البشر، وهكذا فإن الجذور النشوية تقدم محتوى بروتيني مشابه للذرة والأرز. [12]

II-2-5-2- نبات *Canna Indica*:

التصنيف العلمي [19]

المملكة: النباتات	**plantea**
الشعبة: أحادية الفلقة	**Magnoliophyt**
الصف: كاسيات البذور	**Zingiberales**
الرتبة: الزنجبيليات	**Liliopsida**
الفصيلة: القنيات	**Cannaceae**
الجنس: القنا	**Canna**
النوع: إنديكا	**indica**
الاسم العلمي:	***Canna Indica***

الشكل (14): يمثل نبات *Canna Indica*

II-2-5-2-1- وصف نبات *Canna Indica*:

نبات *Canna Indica* عبارة عن نبات أرضي مستعمر، من فصيلة (Cannaceae). [20] متوسط الحجم يتراوح ارتفاعه بين 3 إلى6 أمتار. ينمو النبات من جذر كبير وسميك تحت الأرض صالح للأكل. تشبه أوراقه الكبيرة أوراق نبات الموز ولكنها ليست كبيرة جدًا. عادة ما تكون أزهار زنبق القنا البري صغيرة وغير واضحة نسبيًا وذات ألوان زاهية حمراء أو برتقالية أو صفراء. [21] ، بالإضافة إلى ذلك، فإنها واحدة من أغنى مصادر النشاء في العالم .

II-2-5-2-2- البيئة والانتشار لنبات*Canna Indica*:

Canna Indica هو نبات من أصل استوائي أو شبه استوائي في أمريكا الجنوبية، ينمو في بيئة حارة ورطبة،طالما أنها تتلقى 6-8 ساعات على الأقل متوسط أشعة الشمس خلال فصل الصيف.[22] موزعة على مساحة شاسعة ، تصل إلى المناطق الجنوبية مثل مقاطعة بوينس آيرس في الأرجنتين (35 درجة خط العرض الجنوبي). في هذه المنطقة المناخ معتدل ، والتربة غنية بالدبال والقصير.[23] لديها نمو محدود ولا يمكنها البقاء في الشتاء البارد في نصف الكرة الشمالي (تحت ظروف معتدلة). [24]

II-2-5-2-3-استعمالات نبات *Canna Indica* :

يمكن استخدام القنا لمعالجة المياه المستعملة الصناعية من خلال الأراضي الرطبة المصطنعة ،وهو فعال لإزالة الحمولة العضوية، واللون والمركبات العضوية المكلورة من مياه الصرف الصحي الآتية (Charge) من مصانع الورق مثلا.[24]، تم استخدام *Canna Indica* لعلاج الملاريا وعلاج الإسهال وعلاج الكدمات والجروح. كما تم استخدامه كمعرق ومدر للبول وعلاج الحمى والاستسقاء. تم استخدام مغلي الجذر لعلاج الحمى والاستسقاء وعسر الهضم. فيما يستخدم عصير البذور لتخفيف آلام الأذن. قيل أن الأزهار تشفي أمراض العيون. جذور الجذر الكبيرة والمتشعبة مليئة بالنشا الصالح للأكل. يمكن تقطيع الأجزاء الأصغر حجمًا جيدًا ثم غليها أو طحنها في وجبة. استخدمت الدرنات المسحوقة لتكثيف الصلصات وتحسين قوام بعض الأطعمة الجاهزة. [20]

المراجع

المراجع باللغة العربية :

[1] الجريدة الرسمية القانون رقم 03_10 يتعلق بحماية البيئة في إطار التنمية المستدامة _20 يوليو 2003م ص10 .

[2] العابد ابراهيم 2015 ،معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منقية محلية ،أطروحة دكتوراه،ص3 ص9 ص12 ص14 .

[4] د. نصر الحايك مدخل إلى كيمياء المياه ص96، 98، 99 ،105، 109.

[5] نظم وتقنيات الصرف الصحي ص 100-124.

[6] اختبار استعمال نبات القصب في معالجة مياه الصرف المستعملة، بن صغير أمال _عربي منال _ناصر نضال ص 12.

[7] دراسة مقارنة بين تقنيتي المعالجة بالبحيرات الطبيعية والبحيرات المهواة المعتمدتين في كل من محطة العطف غرداية ومحطة سعيد عتبة_ ورقلة . صياد نوال ونور الهدى بن السعدي ص7،ص13.

[8] أ. د/ فرج بوبكر المبروك ، أهمية معالجة مياه الصرف الصحي بالطرق الطبيعية في المناطق الجافة وشبه جافة، جامعة بنغازي -ليبيا ،2017، ص1 .

[14] فردوس مصطفى كورجك، درجة ماجستير، جامعة دمشق،2018، التنوع الحيوي للنباتات المائية في نهرالحصين وتأثير مستخلصاتها في بعض أنواع الطحالب الدقيقة .

المراجع باللغة الأجنبية :

[3] AMIRI khaled 2019_2020,Contributional 'évaluation et au traitement des eaux usees dans le sud-est de Sahara algérien. application au sud de la region d’oued righ (Touggourt) pp 9_10_12_22.

[9] DAHLGREN¸ R.M.T¸Chifford¸ H.T.Yeo.PF1988¸ the families of the Monocotyledons .sutructure¸ evolution and taxonomy speringes¸ berlin.pp179-182.

[10] FADCHENKO ¸ B.A1934¸Familiy Typhaceae I :Komarov¸VI (Eds) flora of U¸S¸S.R¸Vol¸1.(English edition pubished in 1986 pp. 165-170.

[11] CORNEQNU Mihaela¸ Coneanuc.Gabriel¸ CRÂCINU Constantin TRIPON Septimi¸ Phytoremediation of some Heavy Metals And Radionuclides from A polluted Area located on the middle Jui River. Case study: Typha Latifolia L. PP 209-221.

[12] Logsdon¸ GENE. 1978¸ getting food from water: a guide to backyard aquaculture Pennsylvania¸ Rodale press. pp64-65.

[13] SHIPLEY.B.KEDDY .P.A.MOORE¸D.R.J anLEMKY¸K.1989.Rgeneration and establishment strategies the seed bank after a drawdown.J.Biocon 67.pp1-11

[15] VANDERVALK,A.G and DAVIS,C.B.1976.the seed banks of prairie glacial marshes. Can.J.Bot.54,pp1832-1838.

[16] GODIN,J.2001 les zones humides. Cours de l'option "Ecosystemes" de Maîtrise de Biologie des population et des Ecosystemes, Université des Sciences et Technologies de tille. pp139-143.

[17] GORE. ALFRED.B.2007. Environmental RESEARCH AT THE leading Edge. New york Nova Science publishers. Inc. p106 .

[18] DELASALLE1998, Bruno IN Coope RATION with ducks unlimited and environment Canada. Understanating Wetlands: a Wetland for British Columbia's Interior. BC, Canada: Ducks Unlimited Canada. P47 .

[19] MISHRA S, YADAV A, SINGH SK. A review of Canna indica Linn: pharmacognostic and pharmacological profile. Journal of Harmonized Research in Pharmacy, 2(2), 2013, 131-144 .

[20] ALIE SMAIL AL SANFI ,.International Journal of pharmacology ou Toxicology BIO active components And pharmacological effects of Canna Indica. Anover View. Pp172.

[21] Maria de las Mercedes Ci Cirelli laboratoire d'études évolutives et systematiques d'anatomie végétale [LE AVES] faculté des sciences naturelles et musée, Université national de la Plata Argentine. Cycle de vie dans le population naturelles de Canna Indica L.d'argentine.

[22] A. K. HRITASH, A SHISH SHARMA, and KA NIKA. BAHEL Department of Environmental Enginering, Delhi Technological University. Shalbad Daulat pur Delhi, India the potential of Canna tily for waste water Treatment Under Indian Condition.

[23] HI DDEN Potential of Canna Indica Ananzing ornamental Herb.

الفصـل الثالـث
طـــــرق وأدوات

ملخص الفصل الثالث :

تناول هذا الفصل تقديما لمنطقة الدراسة تقرت وعرضا لمحطة التصفية ONA ، وذلك بهدف إعطاء صورة توضيحية عامة لظروف الدراسة ،وآلية العمل داخلها . بالإضافة إلى كيفية تجهيز الأحواض والخطوات المتبعة وفق البروتوكول التجريبي ، لنعرج في الأخير لطرق أخذ العينات للوسائط المقاسة بداية ومن ثم كيفية القياس وإجراء التحاليل المخبرية .

III-1- تقديم منطقة الدراسة تقرت:

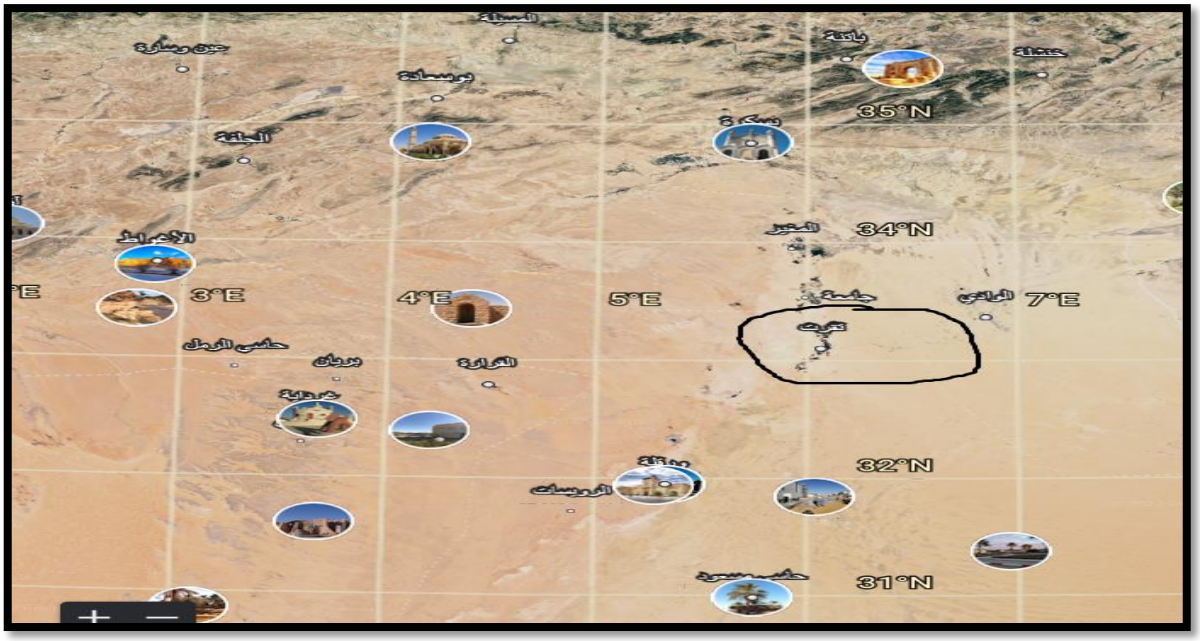
-الموقع الفلكي:[1][2]

- تنتمي ولاية تقرت الكبرى الى اقليم وادي ريغ

- تقع ولاية تقرت بين خطي طو ل 6.02 ° و 6.06 ° شرق خط غرينتش وبين دائرتي عر ض 33.4° و33.90 ° شمال خط الاستواء، هذا الموقع الفلكي يترجم طبيعة مناخ منطقة الدراسة.

- الموقع الجغرافي:

تقع ولاية تقرت شمال الجنوب الشرقي للوطن ، يحدها جنوبا ولاية ورقلة على الطريق الوطني رقم 32 على 160 كلم ، وشرقا ولاية الوادي على الطريق الوطني عدد 16 في 95 كلم ، ومن الشمال ولاية بسكرة على الطريق الوطني 03 لمسافة 220 كلم ، ومن الجنوب غرب ولاية غرداية بجانب طريق القرارة وبريان عند 350 كلم . وتبعد عن الجزائر العاصمة ب 650 كلم .ولاية تقرت هي واحة في شمال الصحراء الجزائرية ، وهي أكبر مدينة في منطقة واد ريغ ، وتمتد أراضيها على التناسق الترابي التالي: تبسبست ، نزلة ، زاوية العبيدية ، تقرت ويبلغ تعداد سكانها 164.032 نسمة. في نهاية عام 2013 على مساحة محتلة 404 كيلومترات مربعة.



الشكل (15):خريطة تبين موقع منطقة الدراسة ولاية تقرت - الجزائر-(Google earth)

-الخصائص المناخية :

الجدول (05):متوسط الخصائص المناخية – تقرت – 2021

البيانات / الأشهر	درجة الحرارة (°C)	هطول الأمطار (mm)	الرطوبة (%)	متوسط سرعة الرياح (Km/h)
جانفي	17	**9.8**	0	13,7
فيفري	19	5,2	0	14,1
مارس	23	6	0	14,7
أفريل	28	6,2	0	15,7
ماي	33	3,7	0.3	**15,9**
جوان	38	1,5	1	15,7
جويلية	**40**	1,3	2,1	14,4
أوت	**40**	2	**3,9**	13,3
سبتمبر	35	4	3,6	13,2
أكتوبر	29	5	1,1	12,6
نوفمبر	22	6,1	0	12,7
ديسمبر	18	4,6	0	13,1

المصدر : [3](O.M.N. Touggourt. 2021)

- **درجة الحرارة :**يظهر تذبذب في متوسط درجات الحرارة حيث تتراوح درجات الحرارة في تقرت بين 27 درجة مئوية و 41 درجة مئوية بينما في الشتاء وفي شهر جانفي تتراوح درجة الحرارة بين 5 درجات مئوية و 17 درجة مئوية، أما صيفا تصل درجة الحرارة أقصاها في شهر جويلية و أوت ب 40 درجة مئوية.

- **الأمطار:** متوسط هطول الأمطار خلال فصل الخريف في تقرت ثابت في الغالب، حيث وصلت كمية هطول الأمطار كأقصى حد في شهر جانفي، وهذا ما يميز المنطقة شتاء بارد.

- **الرطوبة :**هي كمية بخار الماء الموجودة في الهواء ولها أهمية بالغة في ترطيب الجو ، حيث تتناقص احتمالية أن يكون اليوم رطب في تقرت سريعا خلال فصل الخريف حيث تنخفض من 3,9% الى 0% حيث أكثر الأيام رطوبة هي شهر أوت .

- الرياح : بما أن المنطقة بها تضاريس محلية ، حيث يبلغ متوسط الرياح في تقرت في الغالب خلال فصل الخريف حيث تصل نسبة الرياح في شهر جوان إلى 16 كلم / سا . وهي رياح محلية السيروكو التي تنشط في الصيف تؤدي الى تجفيف النبات وكثرة التبخر .

III-2- تقديم محطة التصفية بتقرت :

تقع على: خط عرض - 33° '16 شمالا وخط طول - 6° '04 شرقا، في الشمال الشرقي لولاية ورقلة، تقع محطة تصفية المياه المستعملة بتقرت بني أسود التابعة لبلدية تبسبست دائرة تقرت على الطريق الوطني رقم 16 بين مدينة تقرت و مدينة الوادي، تتربع هذه المحطة على مساحة هكتارات، بدأت تعمل في 20/11/1993 م، توقفت عن العمل سنة 1995 و أعيد تأهيلها في سنة 2003،وبدأت العمل من جديد في 24/02/2004 تحت إشراف الديوان الوطني للتطهير ONA، وحاليا مخصصة لتنقية جزء من المياه المستعملة لمدينة تقرت الكبرى. الدراسة أجريت من طرف المكتب الوطني للدراسات الهيدروليكية (PNEH) مع الشركة البلجيكية لتنقية المياه في سنة 1982 رقم العملية 5.392.1666.00.02تحت اسم وحدة التطهير بتقرت هذه الوحدة أنجزت في إطار برنامج تطوير بلدي.

الشكل (16): صورة توضح محطة تصفية المياه تقرت

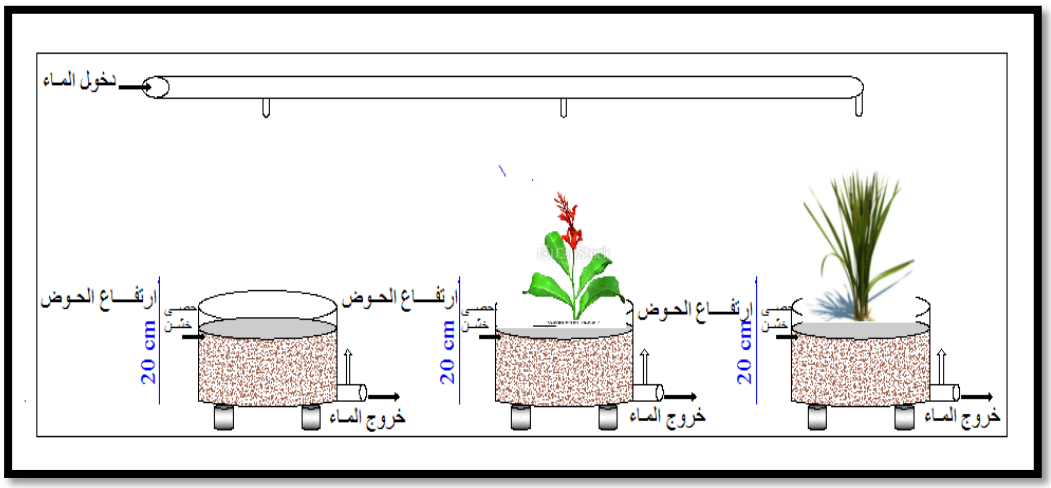
الشكل (17): صورة بالقمر الصناعي تحدد موضع منطقة الدراسة

III-3- البروتوكول التجريبي :

III-3-1- العتاد التجريبي المستعمل :

يتكون العتاد التجريبي من حوض التغذية سعته 80L مملوء بمياه الصرف الصحي يغذي الأحواض بطريقة التدفق الشاقولي بمعدل التحويل الهيدروليكي $0,057m^3/J$ ، حيث يتكون العتاد من ثلاث أحواض مملوءة

بالحصى من الأسفل الى الأعلى بعمق 20cm بطبقات أحادية ما بين (4-25mm) ، الحوض الأول مزروع بنبات *Typha Latifolia* و الحوض الثاني مزروع بنبات *Canna Indica* بسيقان حديثة العمر ($36/m^2$ ساق) أخذ هذا المعيار من دراسات سابقة [4][5]وحوض ثالث غير مزروع (شاهد)، تغذى الأحواض بمياه الصرف بوتيرة منتظمة بطريقة التدفق الشاقولي مرة واحدة في اليوم كل أسبوع، بعد مكوث 5 أيام في الأحواض تستقبل المياه المعالجة في اناء موضوع أسفل الأحواض من أجل التحاليل .



الشكل (18) العتاد التجريبي المستعمل

الشكل (19) حوض غير مزروع (شاهد)

الشكل (20) حوض مزروع بنبات *Canna Indica*

الشكل (21): حوض مزروع بنبات *Typha Latifolia*

III-3-1-2-الخصائص الفيزيوكيميائية للمياه المستعملة:

يتميز بالأس الهيدروجيني pH=7.14 وسط متعادل و الناقلة الكهربائية CE=3.88ms/cm

III-4- تحديد الوسائط الفيزيوكيميائية المقاسة: حددت بطريقة LCK مع جهاز

Spectrophotomètre DR3900

III-4-1- طريقة أخذ العينات:

إن أخذ عينة من مياه المحطة عملية دقيقة يجب أن تؤخذ بعناية فائقة فهي شرط ضروري لتفسير النتائج والبيانات بدقة. تم أخذ عينات لإجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية في مختبر الديوان الوطني لتطهير ONA في موسم 2021 كامل في الصباح من الساعة (7 إلى8 صباحًا) تؤخذ العينات في قارورات زجاجية.

III-4-1-1-تحديد المواد العالقة MES:

الغرض من التحليل هو تحديد محتوى المادة العالقة في المياه المعالجة. يتم قياس نسبة المواد العالقة MES (NFT 90 105) باستعمال طريقتين:

-**الطريقة الأولى:** هي طريقة الترشيح وتستعمل إذا كانت المياه ليست غنية بالمواد العالقة واستغرقت وقت أقل من ساعة.

- **الطريقة الثانية:** هي طريقة الطرد المركزي وتستعمل عندما تكون المياه غنية بالمواد العالقة واستغرقت وقت أكثر من ساعة.

الأدوات و الأجهزة المستعملة:

الحاضنة (105C°) Etuve.

- جهاز نزع الرطوبة dessiccateur .

- ميزان إليكتروني .

- جهاز الطرد المركزي ذو معدل سرعته (3200-2800) دورة في الدقيقة.
- جهاز الترشيح تحت الضغط (rampe de fibration).
- حوجلة عياريه.
- بوتقات Capsule.
- أوراق ترشيح GF/C.

طريقة الترشيح:

- نغسل ورقة الترشيح بالماء المقطر ونضعها تجف داخل الحاضنة على درجة حرارة °105C بضعة دقائق.
- نخرج ورقة الترشيح ونتركها تبرد بعيدا عن الرطوبة داخل جهاز نزع الرطوبة dessiccateur.
- نزن ورقة الترشيح وهي فارغة ونسجل وزنها M_0.
- نأخذ حوجلة ذات سعة 100ml نغسلها جيدا بالماء العادي ثم بالماء المقطر .
- نأخذ 100ml من العينة ثم نسكبها على ورقة الترشيح في جهاز الترشيح حيث الرشاحة تمر والمواد العالقة تبقى على ورقة الترشيح .
- بعد نهاية الترشيح نأخذ ورقة الترشيح و نضعها داخل الحاضنة على درجة حرارة °105C لمدةساعتين.
- نخرج ورقة الترشيح من الحاضنة و نتركها تبرد بعيدا عن الرطوبة داخل dessiccateur لمدة 15 دقيقة .
- نزن ورقة الترشيح و نسجل وزنها M_1.

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

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

C(MES):تركيز المواد العالقة (mg/L)

M_0:وزن ورق الترشيح وهو فارغ (mg)

M_1:وزن ورق الترشيح بعد الاستعمال (mg)

V:حجم الماء المستعمل من العينة (l)

طريقة الطرد المركزي (Centrifugation):

- نأخذ 50ml من العينة و 50ml من العينة
- نضعهم في جهاز الطرد المركزي متناظرين (يدور 2000 دورة في الدقيقة) لمدة 20 دقيقة .
- ننزع الماء العالق ثم نغسل الراسب بالماء المقطر ثم نخضعه مرة أخرى للطرد المركزي لمدة 20 دقيقة.
- نزن بوتقة نظيفة (Capsule) ونسجل وزنها M_0.

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

- نخرج البوتقة (Capsule) من الحاضنة ونتركها تبرد بعيدا عن الرطوبة داخل dessiccateur.

- نزن البوتقة (Capsule) مع الراسب الجاف ونسجل وزنها M_1.

حساب النتيجة : تركيز MES يحسب من العلاقة التالية:

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

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).

III-4-1-2- تحديد الطلب الكيميائي للأكسجين DCO:

بما أن DCO للماء الداخل يكون بوفرة نستخدم الداخل وبعد المعالجة نستخدم الخارج .

تم تحديد DCO بطريقة الأكسدة بواسطة بيكرومات البوتاسيوم في وسط حمضي بوجود سلفات الفضة و سلفات الزئبق بواسطة جهاز (Spectrophotomètre , DR390) بطريقة Digestion par réacteur في قياسنا ل DCO استعملنا كبسولات تحتوي على الكاشف التجاري محضر سابقا.

الأدوات و الأجهزة المستعملة:

- جهاز Spectrophotomètre , DR3900

- مولد للحرارة Thermo réacteur.

- كاشفKCL514(DCO) .

- حامل كأس بيشر ماصة ماء مقطر.

طريقة العمل:

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

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

- نغلق الكبسولة بإحكام ونرجها جيدا.

- نسخن الكبسولة لمدة ساعتين أي 120 دقيقة على درجة حرارة148C°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 حوالي30 دقيقة أو أكثر).

- بعد انتهاء وقت التبريد نضع الكبسولة داخل جهاز Spectrophotomètre, DR3900

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

الشكل (22): الكواشف المستعملة لقياس DCO

III-4-1-3- تحديد الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5:

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

الأدوات والمواد المستعملة:

-جهاز قياس DBO5.

-قضيب مغناطيسي.

- حاضنة (20C°).

- قارورة الحضن عازلة لضوء ذات سعة 500ml مزودة بغطاء داخلي و غطاء خارجي.

- ملقط.

- حوجلة عياريه.

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

- هيدروكسيد الصوديوم.

طريقة العمل:

إن تحديد تركيز ال DCO أمر ضروري لمعرفة الحجم الذي سيتم تحليله من أجل تحديد ال DBO_5

- يتم تحديد حجم المأخوذ لحساب ال DBO_5 بالعلاقة التالية :

DBO_5 =DCO (mg/l)*0.85

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

- نقيس بواسطة دوارق مدرجة كمية العينة اللازمة للتحليل ،ثم نسكبها داخل قارورة الحضن نظيفة.
- نضع القضيب المغناطيسي داخل قارورة.
- نضيف قطرات من المثبط.
- بواسطة ملقط نظيف قرصين من هيدروكسيد الصوديوم NaOH في 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°20C لمدة خمس أيام.
- نضع القارورة داخل الثلاجة على درجة حرارة°20C درجة مئوية و نتركها لمدة خمس أيام.
- نقرأ القيمة المعروضة على الشاشة بعد خمسة أيام و نحسب قيمة ال DBO_5 بالعلاقة التالية :

قراءة قيمة × المعامل= $\boldsymbol{DBO_5(mgO_2/l)}$

- قيمة القراءة : هي القيمة المتحصل عليها من الجهاز.
- المعامل : يتم تحديده من خلال الجدول السابق الذي يربط العلاقة بين قيمة DBO_5 بدلالة حجم العينة لأن كمية الطلب البيوكيميائي للأكسجين للعينة يتعلق بكمية المواد العضوية العالقة ، قيمة DBO_5 تمثل نسبة 80%من قيمة DCO.

الجدول (06): معامل تغير قيمة DBO_5 بدلالة حجم العينة المستعملة .

قطرات المثبط	المعامل Facteur	حجم العينة (ml)	مجال القياس Portée de mesure
9	1	432	0-40
7	2	365	0-80
5	5	250	0-200
3	10	164	0-400
2	20	97	0-800
1	50	43,5	0-2000
0,5	100	22,7	0-4000

III-4-1-4- تحديد كمية النتريت NO_2^-:

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

الأدوات والأجهزة المستعملة:

- جهاز spectrophotometre DR3900.
- أنبوب كالورومتريك Cuvette colorimétrique بسعة 10ml. 20ml. 25ml.
- كأس بيشر بسعة 50ml.

المتفاعلات:

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

طريقة العمل :

- نأخذ 10 ml من العينة نضعها داخل جهاز spectrophotometre DR3900.
- نسكب محتوى الكاشف داخل الأنبوب.
- نغلق الأنبوب بإحكام و نرج جيدا و نتركه لمدة 15 دقيقة لتتفاعل.

نأخذ 10ml من الماء المقطر (الشاهد) و نضعها داخل أنبوب كالورمتري ثاني ثم نسكب محتوى الكاشف ونرج جيدا ثم نضعه داخل جهاز spectrophotometre 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.

III-4-1-5- تحديد كمية النترات NO_3^-:

يكون مرتفع في الماء الخارج ومنخفض في الداخل.

تم تحديد كمية النترات NO_3^- بواسطة جهاز DR3900 (spectrophotometre).

و الطريقة المتبعة Réduction au Cadmium.

الأدوات والمواد المستعملة:

- جهاز spectrophotometre DR3900.
- كأس بيشر بسعة 50ml.
- أنبوب كالورومتريك Cuvette Colorimétrique بسعة 5ml .10ml .20ml.

المتفاعلات:

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

طريقة العمل:

- نسكب 10ml من العينة داخل أنبوب كالورمتري.
- نسكب محتوى الكيس Nitri Ver 5 داخل الأنبوب.
- نغلق الأنبوب بإحكام و نرج جيدا مدة دقيقة واحدة.
- نترك الأنبوب مدة 5 دقائق ليتفاعل.
- نأخذ 10ml من الماء المقطر (الشاهد) ونضعها داخل أنبوب كالورمتري آخر ثم نضيف له محتوى كيس Nitri Ver 5.
- ثم نضعه داخل جهاز spectrophotometre DR3900 من أجل ضبط الجهاز على الصفر.

III-4-1-6- تحديد كمية أرتو فوسفات PO_4^{3-}:

تم تحديد كمية ارتو فسفات بواسطة جهاز spectrophotometre DR3900 حسب طريقة (Phos Ver3) حمض الاسكوربيك.

الأدوات و الأجهزة المستعملة:

- جهاز spectrophotometre DR3900.
- كأس بيشر.
- أنبوب كالورومتري Cuvette Colorimétrique بسعة 10ml. 20ml. 25ml.

المتفاعلات:

كاشف: Phos Ver3 بشكل كيس تجاري محضر مسبقا.

طريقة العمل:

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

- نأخذ الأنبوب الذي يحتوي على العينة ونضعه داخل الجهاز spectrophotometre DR3900.

ثم نقرأ النتيجة على الجهاز spectrophotometre DR3900 مباشرة ب mg/l.

III-4-1-7- تحديد كمية الأمونيوم NH_4^+:

يكون مرتفع في الماء الداخل ومنخفض في الماء الخارج.

تم تحديد كمية الأمونيوم باستعمال جهاز DR3900.

الأدوات والمواد المستعملة:

- جهاز spectrophotometre DR3900.
- أنبوبة الأمونيا.
- ماصة عيارية ذات سعة 2ml.
- بيشر يحوي العينة.

المتفاعلات:

كاشف LCK 302 التجاري المحضر مسبقا.

طريقة العمل:

- نأتي بأنبوبة الأمونيا ننزع الغطاء الرقيق.
- نقوم بقلب سدادة الأنبوبة لأنها تحوي على مادة.
- نضيف بواسطة ماصة0,2ml من العينة.
- نغلقها بإحكام و نرجها جيدا.
- نتركها مدة15min على حامل الأنابيب.
- نضع أنبوب الشاهد على الجهاز ونضبط الجهاز على الصفر.
- نأخذ الأنبوب الذي يحتوي على العينة ونضعه داخل الجهاز spectrophotometre DR3900.
- ثم نقرأ النتيجة على الجهاز spectrophotometre DR3900 مباشرة ب mg/l.

III-4-1-8- قياس كمية الأوكسجين المنحل $O_{2\ diss}$:

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.

III-4-1-9- قياس الأس الهيدروجيني pH:

تم قياس pH بواسطة جهاز pH متر

طريقة قياس pH:

- ضبط الجهاز.
- نشغل جهاز pH متر.
- غسل القطب بالماء المقطر.
- نضع القطب في المحلول المنظم ذو الأس الهيدروجيني 7.
- نضع المحلول على جهاز الرج ونضبطه على أقل سرعة (سرعة ضعيفة).
- نتركه مدة صغيرة حتى يستقر و يظهر على الجهاز طلب إدخال المحلول الموقي الثاني.
- نسحب القطب ثم نغسله جيدا بالماء المقطر ثم ندخله في كأس بيشر رقم 2 يحتوي على محلول موقى pH=4 أو pH=10 حسب طبيعة الوسط المراد قياسه .
- نسحب قطب الجهاز و نغسله بالماء المقطر.
- ندخل القطب داخل كأس بيشر المحتوي على العينة .
- نقرأ قيمة الـ pH مباشرة من الجهاز عند استقرارها.

III-4-1-10- قياس درجة الحرارة:

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

طريقة العمل:

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

III-4-1-11- قياس الناقلية CE:

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.

الفصـل الرابـع
نتائـــج ومناقشـــة

ملخص الفصل الرابع:

تم في هذا الفصل عرض النتائج المتحصل عليها بعد إجراء التحاليل الفيزيوكيميائية في مخبر محطة التصفية للمياه الخام والمياه المعالجة في حوضي نبتتي <<*Typha Latifolia*>> و <<*Canna Indica*>> وتفسيرها ومناقشتها. وهذا من أجل مقارنة فعالية كل حوض في التنقية، ونصل في الأخير إلى استخلاص نتيجة أي النبتتين ذات أداء عال من حيث إزالة المواد الملوثة .

IV- نتائج ومناقشة :

IV-1- تمهيد:

لمعرفة كفاءة النبتتين في معالجة مياه الصرف الصحي، أجريت التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه المغذية للأحواض والمياه الناتجة بعد المعالجة في مخبر الديوان الوطني للتطهير ONA لموسم (2021).

تم الحصول على النتائج التي سنتطرق لها في هاذا الفصل لرصد العوامل الفيزيائية والكيميائية للمياه الخام الداخلة للمحطة مع تحديد نوعيتها (حضرية أو صناعية)، وأيضا تقييم المعايير الفيزيائية والكيميائية للمياه المعالجة، مع مقارنة النتائج بالمعايير الجزائرية والدولية من أجل تحديد الأهداف المحددة .

IV-2- معامل التحلل البيولوجي:

إن نوع المعالجة التي يمكن تطبيقها على مياه الصرف الصحي ترتبط بقابلية هذا الماء لتحلل البيولوجي ويتم ذلك عن طريق تحديد نسبة (DCO / DBO_5) المعبر عنها بالمعامل K قابلية التحلل الحيوي للمواد العضوية في مياه الصرف الصحي المستقبلة من طرف المحطة . وتتيح قيمة K معرفة طبيعة المياه الواردة إلى المحطة، فاذا كانت النسبة :

$K \leq 3$ فالمياه الداخلة إلى المحطة مياه حضرية وتتحلل بيولوجيا أي أن البكتريا قادرة على تحطيم المواد العضوية فقط .

$K > 3$ فالمياه الداخلة الى المحطة مختلطة (صناعية وحضرية) (معناه المياه بها مشكلة صناعية بها مواد ضارة قاتلة للبكتريا (مواد سامة أو به معادن).[6]

IV-2-1- تحديد خصائص مياه الصرف الصحي (المستعملة) الداخلة لمحطة التصفية:

الجدول(07): القيم المتوسطة للوسائط المقاسة للمياه المستعملة الحضرية المستعملة في تغذية الأحواض أثناء عملية التنقية خلال مدة الدراسة.

الوسائط المقاسة	عدد العينات	القيم الدنيا	القيم الوسطى	القيم العظمى
T (c°)	15	22.5	29.88	34
O_{2diss}(mg/l)	15	0.09	0.244	0.38
pH	15	7.65	7.686	7.89
Conductivité ms/cm	15	4.04	4.686	5.01
Salinité	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
N-NO_2(mg/l)	15	0.04	0.06	0.093
N-NO_3(mg/l)	15	0.39	0.4114	0.454
PO_4^{3-}(mg/l)	15	1.99	2.67	3.77
N-NH_4^+(mg/l)	15	18.6	28.96	46.6

الجدول (08):قيم معامل التحلل البيولوجي للمياه المستعملة الداخلة لمحطة التصفية

الأشهر	DCO(mg/l)	DBO_5(mg/l)	K=DCO/DBO_5
أوت	194	80	2.425
سبتمبر	274	130	2.107
أكتوبر	200.16	150	1.3344
نوفمبر	198	88	2.25
ديسمبر	258	95	2.715

مقارنة النتائج المتحصل عليها :

اتضح لنا من خلال جدول تحديد الوسائط الفيزيوكيميائية التي قمنا بقياسها والكشف عنها خلال العمل في محطة ONA تقرت لموسم 2021 والمتمثلة في :درجة الحرارة،O_{2diss}، Conductivité، Salinité ،DCO، DBO_5، MES، NO_2، NO_3، PO_4^{3-}.

أنها ضمن معايير مياه الصرف المنزلي حسب ما جاء في الجريدة الرسمية الجزائرية 2009 ، ومنظمة الصحة العالمية .

- تبين من خلال نتائج معامل التحلل البيولوجي "K"من خلال الجدول ، حيث بلغ متوسط معامل التحلل البيولوجي لمياه الخام 2.166 أي أقل من 3 (2.166<3)، الموصي بها الجريدة الرسمية لمياه الصرف الحضرية ، وهذا ما يدل على أن المياه الواردة الى المحطة هي مياه حضرية (منزلية) سهلة التحلل بيولوجيا.

IV-2-2- خصائص المياه المعالجة:

من خلال دراستنا قمنا بتقييم إزالة الملوثات بواسطة النباتات بدلالة تركيز الخصائص الفيزيوكيميائية.

الجدول (09): القيم المتوسطة للوسائط المقاسة للمياه المعالجة بالأحواض المزروعة بالنبات وحوض الشاهد أثناء عملية التنقية خلال مدة الدراسة

		حوض شاهد			حوض نبات *Typha Latifolia*			حوض نبات *Canna Indica*		
الوسائط	عدد العينات	القيم الدنيا	القيم الوسطى	القيم العظمى	القيم الدنيا	القيمة الوسطى	القيم العظمى	القيم الدنيا	القيمة الوسطى	القيم العظمى
T (c°)	15	13,2	21,5	28,9	12,3	21,14	28,7	12,2	21,22	29,3
O_{2diss} (mg/l)	15	0,91	2,85	4,74	2,22	3,594	4,98	1,66	3,552	5,12
pH	15	8	8,09	8,29	6,66	7,106	7,28	6,59	7,016	7,2
Conductivit (é ms/cm)	15	5,03	**7,57**	10,36	6,75	**9,868**	12,8	5,99	**9,462**	11,9
Salinité	15	2,7	4,18	5,94	3,7	5,62	7,3	3,3	5,68	8,6
DCO(mg/l)	15	47	73,48	110	59,3	72,38	118,5	36,6	70,84	105
DBO_5(mg/l)	15	10	27,2	56	12	18	29	10	21,2	38
MES(mg/l)	15	18	27,8	39	18	24	35	14	24,4	35
NO_2^-(mg/l)	15	0,008	0,02	0,046	0,003	0,017	0,035	0,004	0,017	0,02
NO_3^-(mg/l)	15	0,289	0,583	1,11	0,46	0,636	0,957	0,37	0,61	1,01
PO_4^{3-} (mg/l)	15	0,625	1,421	2,19	0,439	1,129	1,92	0,554	1,048	1,47
NH_4^+ (mg/l)	15	0	3,26	6,61	0	0,766	2,6	0	1,888	3,68

نلاحظ من خلال خصائص المياه المعالجة والنتائج المتحصل عليها من خلال الوسائط المقاسة التي تم الكشف عنها، حيث نلاحظ في الحوض الشاهد أن درجة الحرارة و pH والأكسجين المنحل والملوحة وتركيز كل من DCO و DBO_5 والمواد العالقة (MES) وكذلك النتريت والنترات أنها ضمن الحدود المسموح بها للمياه المعالجة للري والاستعمال وفق المعايير الجزائرية حسب ما جاء في الجريدة الرسمية 2012 والمعايير الدولية حسب منظمة الصحة العالمية 1971.

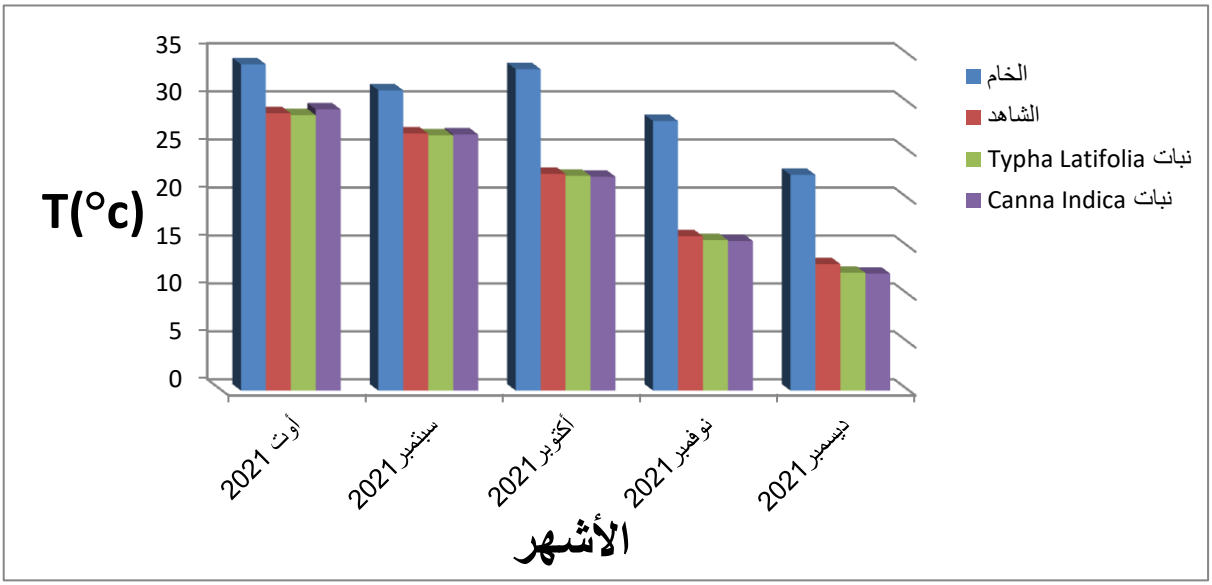
إلا أن قيمة الناقلية كانت مرتفعة أي خارج المعايير الموصي بها حسب منظمة الصحة العالمية لسنة 1971 والجريدة الرسمية الجزائرية 2012،أما بالنسبة لأحواض النباتات أن قيم متوسط كل من درجة الحرارة والأكسجين المنحل و pH والملوحة وتركيز المواد العالقة (MES) والنتريت والنترات والأمونيوم كانت داخل المعايير الوطنية الجزائرية 2012 والمعايير الدولية حسب منظمة الصحة العالمية 1971 للمياه المعالجة .

إلا أن متوسط قيمة الناقلية في كل من أحواض النباتات بالنسبة لـ *Typha Latifolia* أو *Canna Indica* مرتفعة إذا ما تم مقارنتها بالمعايير حسب منظمة الصحة العالمية 1971 والجريدة الجزائرية الرسمية2012 .

IV- 3- النتائج والمناقشة:

IV-3-1- تطور درجة الحرارة:

يوضح لنا الرسم البياني في الشكل (23) لدرجات الحرارة بالنسبة لمياه الصرف الصحي والمياه المعالجة ،نلاحظ ارتفاع في درجات الحرارة في الماء الخام (المياه الداخلة) مقارنة بالمياه المعالجة (المياه الخارجة) ،حيث بلغ متوسط درجة الحرارة بالنسبة للماء الخام 22,88(°C) أما بالنسبة للمياه المعالجة هناك انخفاض في درجة الحرارة. حيث نلاحظ ارتفاع طفيف في درجة الحرارة بالنسبة للحوض غير مزروع (الشاهد) مقارنة بالأحواض المزروعة ،حيث بلغ معدل درجة حرارته 21,5(°C) ، فيما كانت الأحواض المزروعة (حوض نبات *Typha Latifolia*) و (حوض نبات *Canna Indica*) بمعدل 21.14(°C) و 22,21(°C) على التوالي.



الشكل(23): التطور الزمني لدرجة الحرارة T(c°) للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة وحوض الشاهد

تلعب درجة حرارة الماء دورًا مهمًا في تعديل الخواص الكيميائية والفيزيائية وكذلك التفاعلات البيولوجية. يعود تذبذب متوسط درجات الحرارة للمياه الخام مقارنة بالمياه المعالجة ، حيث يعتمد على تغيرات المناخ (شتاء بارد وصيف حار وجاف) تظل درجة حرارة الماء سارية المفعول مرتبطة بساعات التمهيد وانسحاب العينات والظروف المحلية (المناخ ، وسطوع أشعة الشمس) خلال فترة الدراسة .[7]

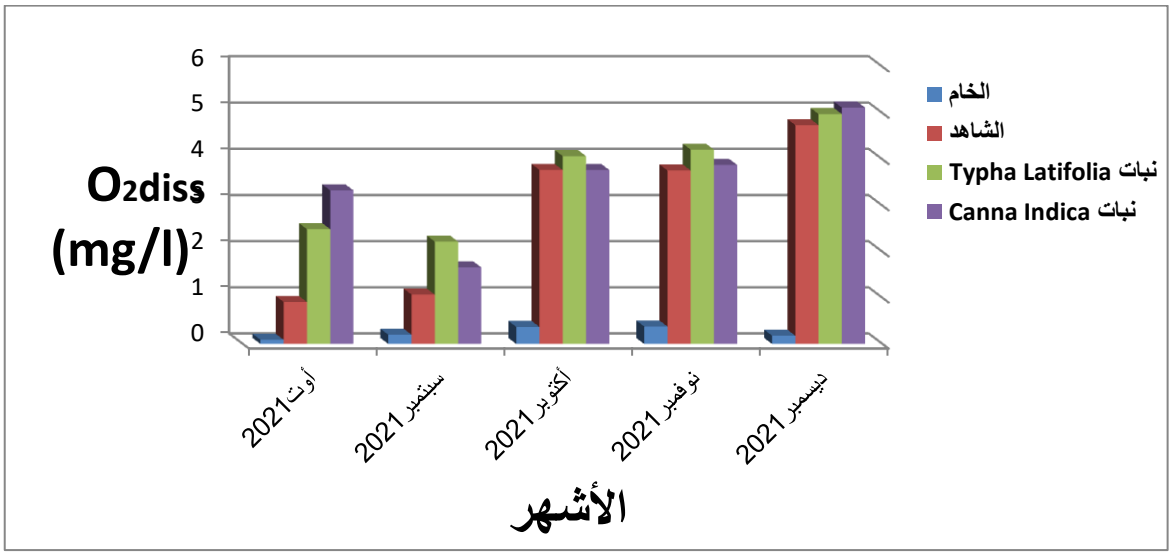
مما يعود ارتفاع في درجات حرارة الى زيادة الأنشطة الكيميائية وخاصة البكتيريا (ايضا عكارة الماء) حيث أن الانخفاض في درجات الحرارة يمكن تفسيره عن طريق ملامسة الماء المعالج للهواء كما أن هذه الانحرافات لا تؤثرعلى اختيار الكائنات الحية المسؤولة عن التنقية الذاتية . هذه النتائج مطابقة ل (Edeline.1993) [3].

تستجيب قيمة درجة الحرارة هذه جيدًا للقيمة الحدية للتصريفات المباشرة في بيئة الاستقبال وفقًا لمعيار التفريغ الجزائري وهو 30 درجة مئوية.

IV-3-2- تطور الأكسجين المذاب O_{diss} :

من خلال الشكل (24) نلاحظ ارتفاع في قيم الأكسجين المنحل بالنسبة للمياه المعالجة مقارنة بمياه الخام، بمتوسط بلغ مقداره 0,244mg/l .

أما بالنسبة للمياه المعالجة نلاحظ ارتفاع في الأحواض المزروعة مقارنة بالحوض غير المزروع، حيث بلغ معدل تركيز الأكسجين المنحل 2,85mg/l في حوض الشاهد، وفي الأحواض المزروعة بلغت القيمة المتوسطة لحوض *Typha Latifolia* و لحوض *Canna Indica* 3,594mg/l و 3,552mg/l على التوالي .



الشكل(24): التطور الزمني للأكسجين Odissالمنحل للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة وحوض الشاهد

يفسر انخفاض الأكسجين المذاب بالنسبة لمياه الخام ويعود إلى أن المياه تحتوي على محتوى عضوي مرتفع(Vemyzal 2008)[8] .ونظرا لاستهلاكه من قبل الكتل الحية ولاسيما البكتريا التي تؤدي دورا في التحلل الحيوي للمواد العضوية المنحلة .

من خلال هذه الدراسة نلاحظ أن تركيز الأكسجين المذاب مرتفعة في أحواض المعالجة ، يفسر أن زيادة الاكسجين المذاب في الأحواض المزروعة يعود إلى إطلاق الأكسجين من جذور النباتات بسبب التنفس الهوائي (يرتبط بالعوامل شدة الضوء ودرجة الحرارة) مقارنة بالحوض غير مزروع (الشاهد).نتائج موافقة لـ (Onurca et al 2016).[9] وجد الباحثون أن النباتات الحديثة أكثر فعالية من نباتات كبار السن والتي تشكل جذورها طبقة ذهنية تمنع تسرب الأكسجين التي تنقله من الجذور إلى قاع الحوض .[10]

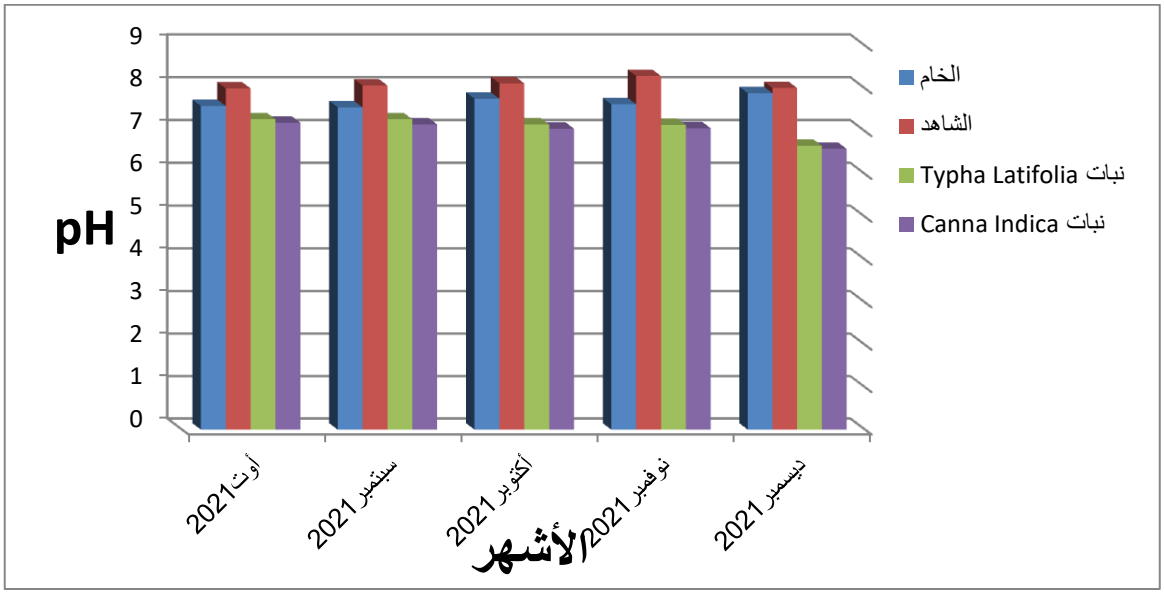
IV-3-3- تطور الأس الهيدروجيني pH:

من خلال الأعمدة البيانية في الشكل (25) نلاحظ أن متوسط ال pH بالنسبة للمياه المعالجة مرتفع في مختلف

الأحواض مقارنة بالمياه الملوثة الداخلة للمحطة ، ومن خلال النتائج المتحصل عليها قدر متوسط الأس الهيدروجيني للمياه المستعملة 7,686 .

أما بالنسبة للمياه المعالجة كان متوسط pH في الحوض غير المزروع مرتفع مقارنة بالأحواض المزروعة بمعدل 8,09 في حوض الشاهد، أما في حوض نبات *Typha Latifolia* بلغ المتوسط 7,10، وحوض نبات *Canna Indica* بلغ المتوسط 7,01.

مشابهة للنتائج التي توصل اليها (Labed et al 2014 Zerdi et al 2017)



الشكل(25): التطور الزمني للأس الهيدروجيني الـ PH للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة وحوض الشاهد

نلاحظ انخفاض في معدلات القلوية في المياه المعالجة هذه النتائج مشابهة للنتيجة التي توصل اليها Abioye et Mahmood [2050]أن قيم الأس الهيدروجيني انخفضت إلى أن تعادلت تقريبا وهذا يرجع إلى :

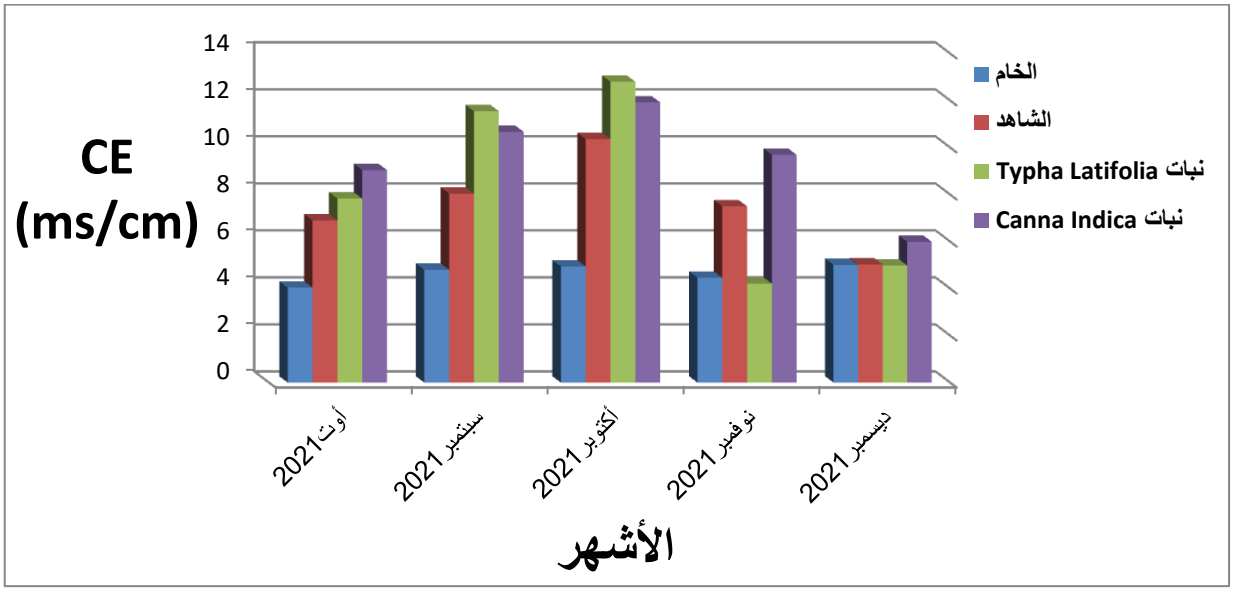
- التفاعلات الكيميائية والبيولوجية التي تنتج الأحماض المعادلة و الأيونات الأساسية .
- تفاعلات النترجة التي تؤدي الى ارتفاع حموضة الوسط .
- تنتج النباتات أيونات الهيدروجين و كذالك افراز الأحماض العضوية على مستوى الجذور.[11]

جميع قيم الأس الهيدروجيني المسجلة تتوافق مع قيم حد التفريغ المباشر في البيئة المستقبلة حسب المواصفات الجزائرية.

IV-3-4- تطور الناقلية الكهربائية (CE):

نلاحظ من خلال الشكل(26) أن قيم الناقلية الكهربائية للمياه المعالجة مرتفعة في مختلف الأحواض مقارنة مع المياه الملوثة ، بمتوسط 4,686ms/cm .

أما بالنسبة للمياه المعالجة نلاحظ أن متوسط قيم الناقلية الكهربائية بالنسبة لأحواض النباتات مرتفعة مقارنة بحوض الشاهد، حيث سجل معدل هذا الأخير 7,56ms/cm، أما بالنسبة للأحواض المزروعة حيث سجلنا المتوسط في حوض نبات *Typha Latifolia* 9,86ms/cm، وفي حوض نبات *Canna Indica* 9,49ms/cm .



الشكل(26): التطور الزمني للناقلية الكهربائية CE للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة وحوض الشاهد

يمكن تفسير ارتفاع الناقلية الكهربائية للمياه المعالجة بالأحواض المزروعة بالنباتات مقارنة بالحوض غير المزروع (الشاهد) يعود الى أن زيادة الناقلية الكهربائية تؤدي الى زيادة تركيز الأيونات كونها تتناسب طرديا مع المواد الذائبة الموجودة في الماء (Crites y Tchbanoglous 2000)، وقد يكون أيضا سبب زيادة الناقلية الكهربائية بسبب التبخر والنتح للنباتات والحركة التي تثيرها الأنواع النباتية (Kouki y col, 2009 ، Hench y col.,2003).[12]

تتجاوز قيم الناقلية الكهربائية إلى حد كبير المعايير الجزائرية لإعادة الاستخدام الزراعي 3 ملي ثانية / سم(2012) و المعايير الدولية 1,5 ملي ثانية /سم (منظمة الصحة العالمية).

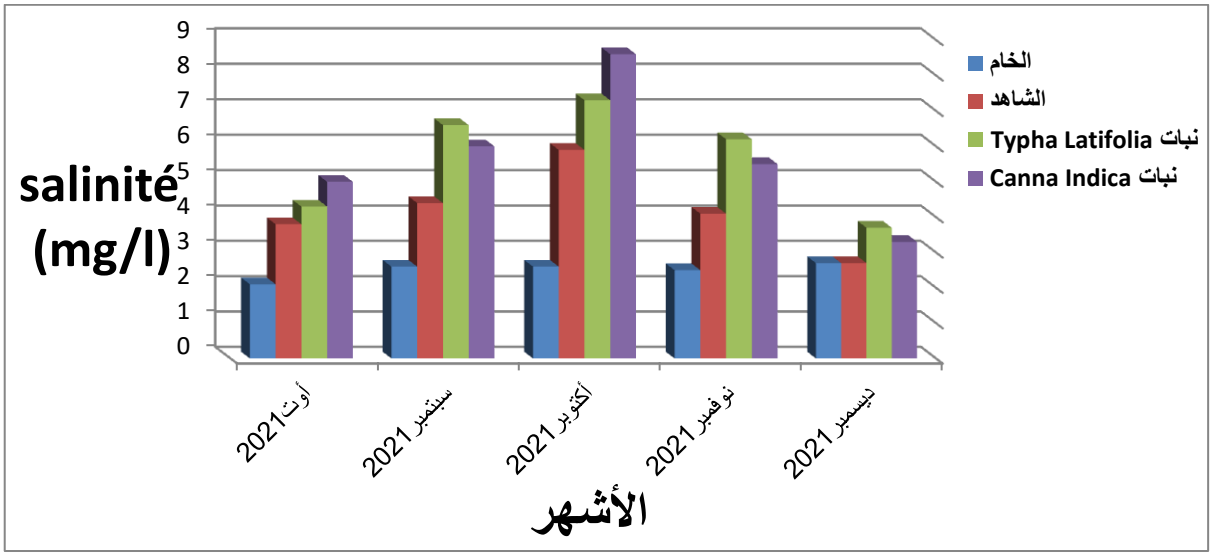
وبالتالي ، فإن المياه المعالجة ليست مناسبة للري .

IV-3-5- تطور الملوحة Salinité:

نلاحظ من الشكل(27) أن الملوحة تتبع نفس اتجاهات الناقلية الكهربائية حيث تظهر النتائج أن قيم الملوحة مرتفعة في المياه المعالجة مقارنة بالمياه المستعملة (الداخلة) ، أين بلغ متوسط المياه المستعملة 2,5mg/l.

في حين نلاحظ ارتفاعا في الأحواض المزروعة مقارنة بالحوض غير المزروع ، حيث بلغ متوسط الملوحة في حوض الشاهد 4.18mg/l

أما بالنسبة لأحواض النباتات نلاحظ أن حوض نبات *Canna Indica* سجل ارتفاع ضئيل مقارنة بحوض نبات *Typha Latifolia* حيث بلغ متوسط الأحواض 5,68mg/l و 5,62mg/l على التوالي.



الشكل(27): التطور الزمني للملوحة Salinité للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة وحوض الشاهد

يمكن ملاحظة أن الملوحة تتبع نفس اتجاهات الناقلية الكهربائية وهذا راجع الى المياه الحضرية غالبا ما تكون محملة بكميات كبيرة من الأملاح. وبالتالي ، فإن المياه المعالجة ليست مناسبة للري، ما لم تكن النباتات المروية متسامحة مع الأملاح .

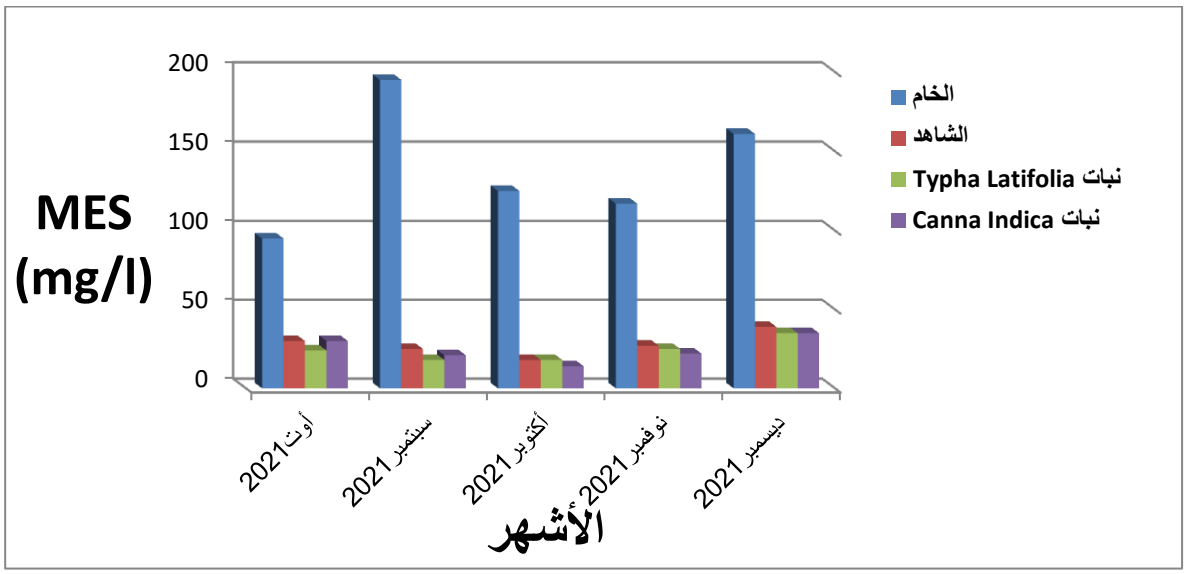
IV-3-6- تطور المواد العالقة MES:

نلاحظ من خلال النتائج المتحصل عليها في الشكل (28) أن المواد العالقة ارتفع تركيزها في مياه الخام مقارنة بالمياه المعالجة بمتوسط 138,6mg/l.

أما بالنسبة للمياه المعالجة نلاحظ ارتفاع المواد العالقة في حوض الشاهد مقارنة بأحواض النباتات، بمعدل 27,8mg/l، إلا أن متوسط تراكيز المواد العالقة كان متقاربا بالنسبة لحوض نبات *Canna Indica*

وحوض نبات *Typha Latifolia* بمعدل 24,4mg/l و24mg/l على التوالي.

حيث بلغت إزالة المواد العالقة بالنسبة لأحواض النباتات 82,6 % بالنسبة لحوض *Typha Latifolia* و 82,3% بالنسبة لحوض *Canna Indica* والحوض غير المزروع (الشاهد) 80% .



الشكل(28): التطور الزمني للمواد العالقة MES للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة وحوض الشاهد

يعود تناقص تركيز المواد الصلبة العالقة في المياه المعالجة إلى الإزالة القوية للمادة العالقة نتيجة العمليات الفيزيائية السائدة (التلبد ، الترشيح ، الترسيب) (وكالة حماية البيئة 2000 ، كادليك 2009)

القوى السطحية تؤدي الى تقليل المواد الصلبة العالقة بما في ذلك قوى الجذب والقوى الكهربائية التي يمتلكها (قوىVan Der Waal's) لإزالة المواد الصلبة والأجسام الخشنة .[13].

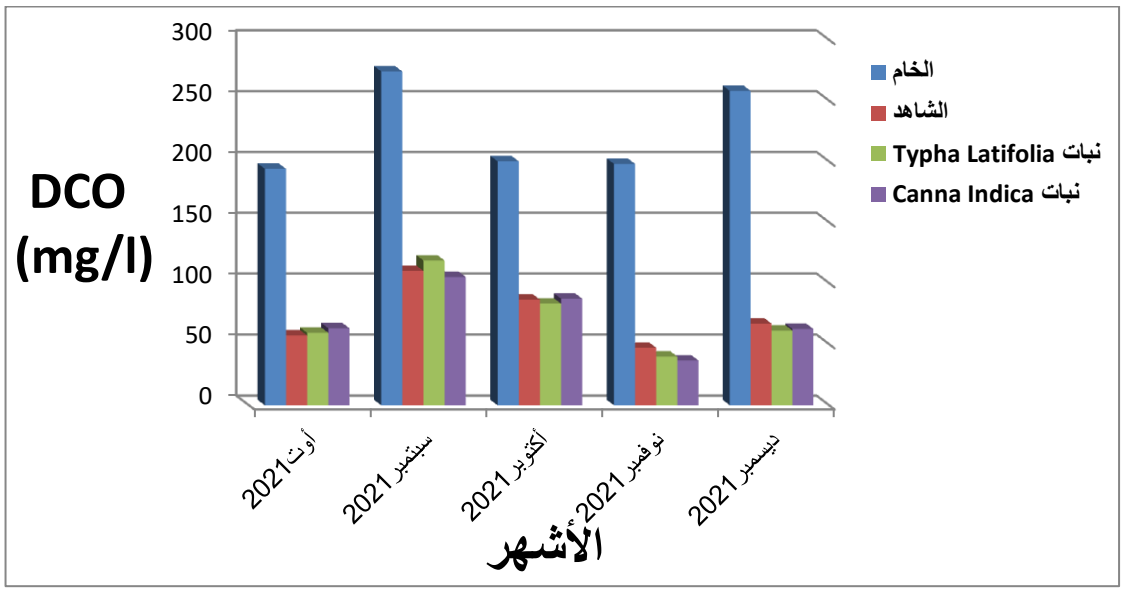
IV-3-7- تطور الطلب الكيميائي للأكسجين DCO:

من خلال التطور الزمني لـ DCO في الشكل (29) يتبين أن الطلب الكيميائي للأكسجين DCO يتطور تركيزه أين ينخفض في المياه المعالجة مقارنة بالمياه المستعملة بمعدل 224,83mg/l.

أما بالنسبة للمياه المعالجة تركيز DCO بمعدل 73,48mg/l بالنسبة للحوض غير مزروع (شاهد)، وتغير تركيز DCO في حوض نبات *Canna Indica* وحوض نبات *Typha Latifolia* بمتوسط 70,84mg/l و72,38mg/l على التوالي.

فيما بلغ مردود الـ DCO في حوض غير مزروع 68,4% وفي الأحواض المزروعة بالنباتات حوض *Canna Indica* 67,3% وحوض *Typha Latifolia* 67,8%.حيث كانت النسبة في أحواض

النباتات أحسن من حوض الشاهد. تتوافق النتائج بالتقريب إلى ما توصل له Hristina (2013) عند مقارنة نباتي *Typha Latifolia* و *Cypurus Payrus* في معالجة مياه الصرف الصحي، انخفض مؤشر DCO لـ نبات تيفا الى 71%.[14]



الشكل(29): التطور الزمني للطلب الكيميائي للأكسجين DCO للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة وحوض الشاهد

يفسر انخفاض الطلب الكيميائي للأكسجين في المياه المعالجة مقارنة بالمياه المستعملة الى العمليات الفيزيائية(الترسيب، الترشيح) للتخلص من المواد العضوية في المياه المستعملة، كما يفسر هاذا الانخفاض إلى وجود النباتات التي تنقل الأكسجين من الجو عن طريق الأرواق الى السيقان ثم الجذور، حيث تقوم الجذور بإفراز إنزيمات قادرة على تحطيم المواد العضوية .[15]

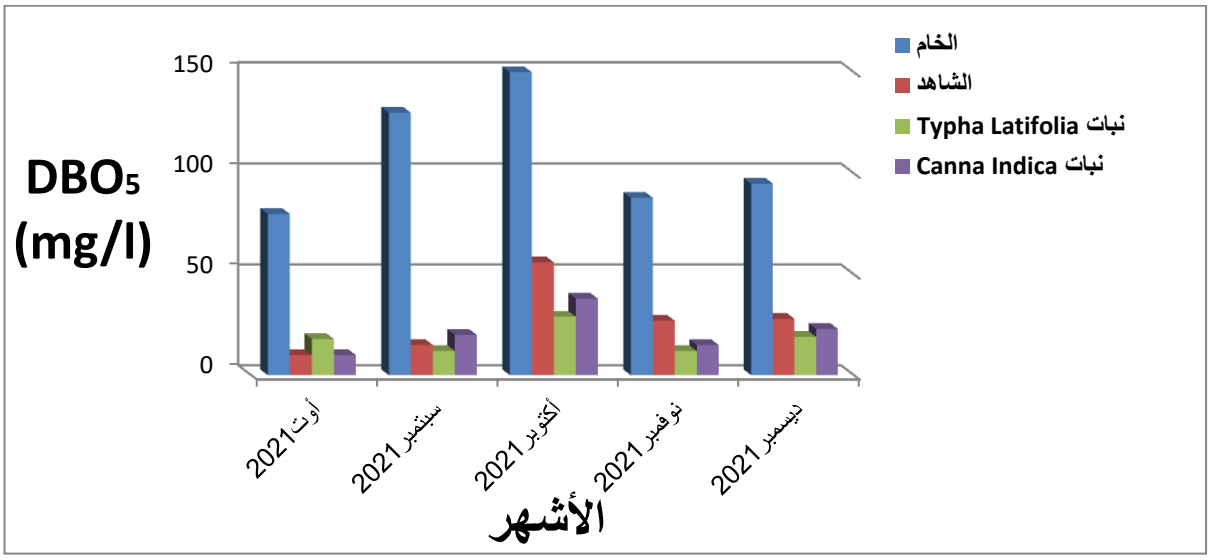
IV-3-8- تطور الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5:

من خلال التطور الزمني لـ DBO_5في الشكل (30) يتبين أن الطلب الكيميائي للأكسجين DBO_5 يتطور تركيزه أين ينخفض في المياه المعالجة مقارنة بالمياه المستعملة بمعدل 224,83mg/l.

أما بالنسبة للمياه المعالجة تركيز DBO_5 بمعدل 73,48mg/l بالنسبة للحوض غير مزروع (شاهد)، وتغير تركيز DBO_5 في حوض نبات *Canna Indica* وحوض نبات *Typha Latifolia* بمتوسط 70,84mg/l و72,38mg/l على التوالي.

فيما بلغ مردود الـ DBO_5 في حوض غير مزروع (شاهد)78% وفي الأحواض المزروعة بالنباتات حوض*Canna Indica* 80,4%وحوض *Typha Latifolia* 83,4%.

حيث كانت نسبة الإزالة في أحواض النباتات أحسن من حوض الشاهد.



الشكل(30): التطور الزمني للطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5 للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة وحوض الشاهد

تعود إزالة DBO_5 الى العمليات البيولوجية والفيزيائية التي تنطوي على الترسيب والتحلل الميكروبي، بشكل أساسي عن طريق البكتريا الهوائية المرتبطة بجذور النباتات التي تمتص الأكسجين وينشط البكتيريا على أكسدة المادة العضوية وتدميرها.[16]

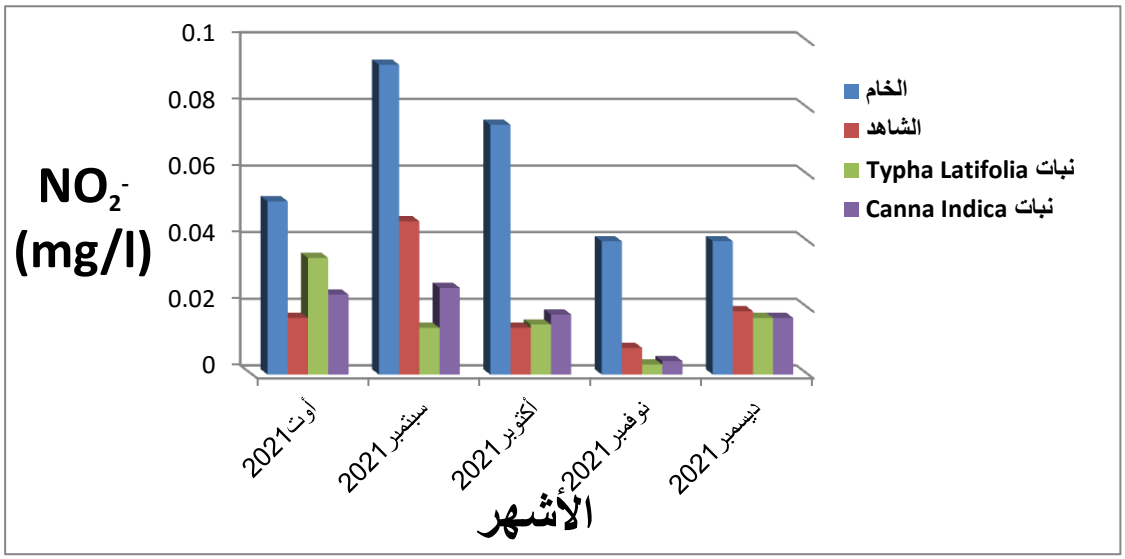
IV-3-9- تطور إزالة النتريت NO_2^- :

من خلال التطور الزمني للنتريت في الشكل (31) نلاحظ أن تركيز النتريت في المياه المستعملة يكون أكبر من تركيزه في المياه المعالجة ، بمتوسط 0,06mg/l في المياه المستعملة .

في حين سجلنا معدل تطور التركيز في المياه المعالجة0,0208mg/l في الحوض غير المزروع .

أما بالنسبة لحوض نبات *Canna Indica* بلغ متوسط التطور0,0178mg/l و 0,0168mg/l في حوض نبات *Typha Latifolia*.

فيما بلغت كفاءة إزالة النتريت في حوض غير مزروع 65% وفي الأحواض المزروعة بالنباتات حوض *Canna Indica* 70,3% وحوض *Typha Latifolia* 72%.حيث كانت نسبة الإزالة في أحواض النباتات أحسن من حوض الشاهد .



الشكل(31): التطور الزمني للنتريت NO_2^- للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة وحوض الشاهد

يعود وجود النبات المائي الذي يملك خاصية امتصاص الأكسجين من الجو و يتم نقله عن طريق الأوراق ثم السيقان إلى الجذور و الجذامير [17] هذا الأكسجين ينشط البكتيريا التي تعمل على تحويل النتريت NO_2^- إلى نترات NO_3^- في منطقة الجذور تسمى هذه العملية بالنترجة .

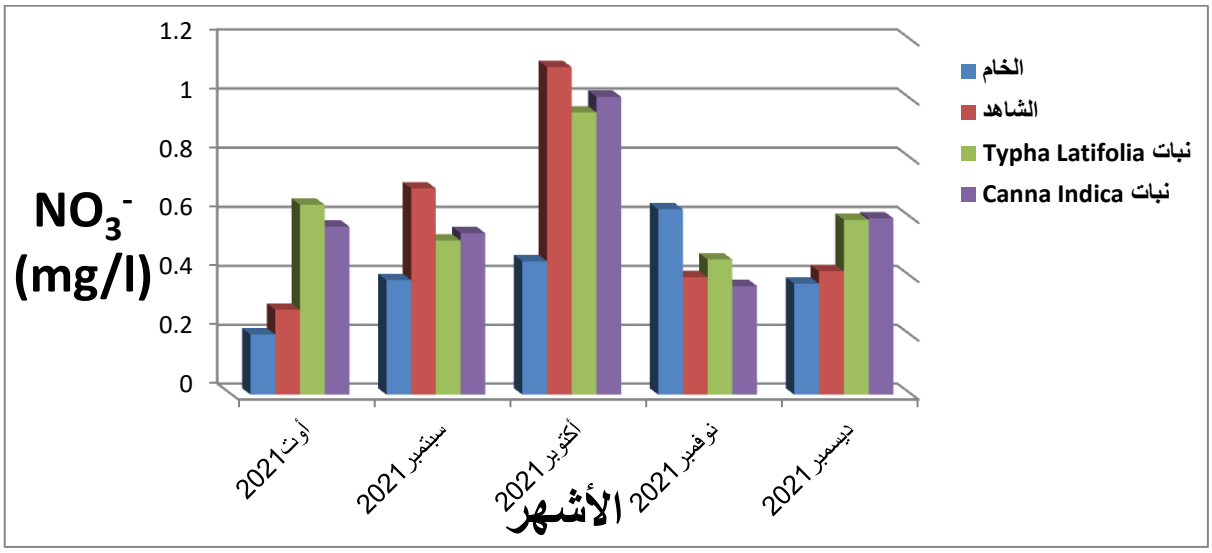
IV-3-10- تطور إزالة النترات NO_3^-:

يتبين من خلال النتائج المتحصل عليها في الشكل (32) أن تركيز النترات مرتفع في المياه المعالجة مقارنة بالمياه الخام حيث بلغ متوسط تركيز النترات 0,4114mg/l.

أما بالنسبة للمياه المعالجة بلغ متوسط الحوض غير المزروع (الشاهد) 0,3858mg/l.

أما بالنسبة للأحواض المزروعة بلغ معدل القيم في حوض نبات *Canna Indica*0,6198mg/l وحوض نبات *Typha Latifolia* 0,636mg/l.

فيما بلغت كفاءة إزالة نترات في حوض غير مزروع 95,4%وفي الأحواض المزروعة بالنباتات حوض *Canna Indica* 95%وحوض *Typha Latifolia* 95%.نلاحظ أن مردود الإزالة في الأحواض الثلاث متقارب أي أن نسبة الإزالة كانت جيدة في جميع الأحواض .تتوافق النتائج إلى ما توصل له Begg et al.(2001) الى نسبة تخفيض تركيز النتريت 90% لدى اختبار كفاءة القب في المعالجة.[14]



الشكل(32): التطور الزمني للنترات NO_3^- للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة وحوض الشاهد

ترجع الزيادة في مستويات النترات في المياه المعالجة إلى وجود نترجة لـ NH_4^+.لذلك ، فإن النباتات المائية الكبيرة لديها مساحات هوائية داخلية متطورة في جميع أنحاء أنسجة النبات والتي تضمن نقل الأكسجين إلى الجذور والجذور.[7]

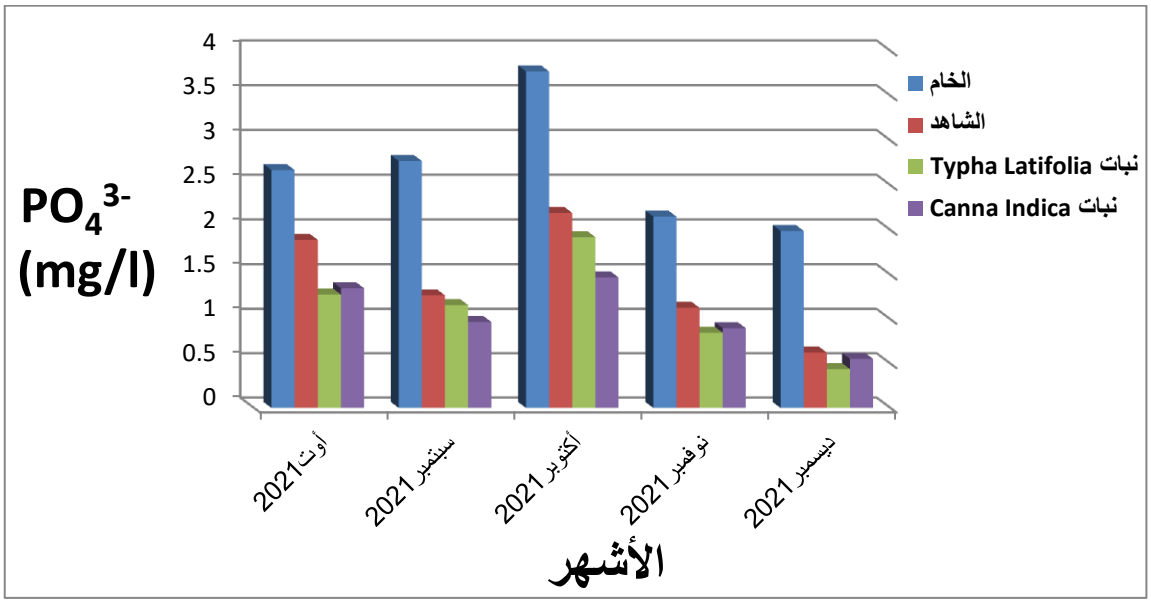
ويرجع ذلك إلى توفر الأكسجين أثناء التدفق الشاقولي للمياه كما أن وجود النبات يساعد في نقل الأكسجين وأكسدت النتريت المذاب إلى نترات .

IV-3-11- تطور أرتو فسفور PO_4^{3-} :

من خلال التطور الزمني أرتو فسفور في الشكل (33) نلاحظ أن تركيز أرتو فسفور في المياه المستعملة يكون أكبر في المياه المعالجة ، حيث بلغ متوسط تركيز PO_4^{3-} في مياه الخام 2,67mg/l.

اما بالنسبة للمياه المعالجة انخفض متوسط تركيز PO_4^{3-} في حوض الشاهد 1,421mg/l، أما بالنسبة لحوض *Canna Indica* وحوض *Typha Latifolia*بلغ المتوسط 1,0488mg/l و 1,1296mg/lعلى التوالي .

فيما بلغت كفاءة الإزالة في الحوض غير مزروع 46% ، وفي أحواض النباتات بلغ مردود الازالة في حوض*Typha Latifolia* 57,6% وفي حوض نبات *Canna Indica* 60,7%إلا أنها كانت قريبة من الجيد في أحواض المزروعة مقارنة بالحوض غير مزروع.



الشكل(33): تطور أرتو فسفور PO_4^{3-} للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة وحوض الشاهد

يمكن تفسير إزالة أرتو فسفور بظاهرتين ، إما أن تمتصه النباتات بواسطة الامتزاز أو بواسطة ركائز سابقة (التربة ، الرواسب) نتائج موافقة لـ (Kadled and Knight 1996)، كما تساعد دعامة الحصى على الامتصاص. وفقا لـ (Brix.1997).تستهلك بعض النباتات كمية من الفوسفور أثناء نموها يمكنها تخزينها في الجذور وجذور الأرض والسيقان والأوراق .[18].

قدر الباحثون أن امتصاص النباتات للفسفور يصل إلى 10% إلى حد كبير اعتمادا على المناخ والنباتات ونوعية مياه الصرف .[19].

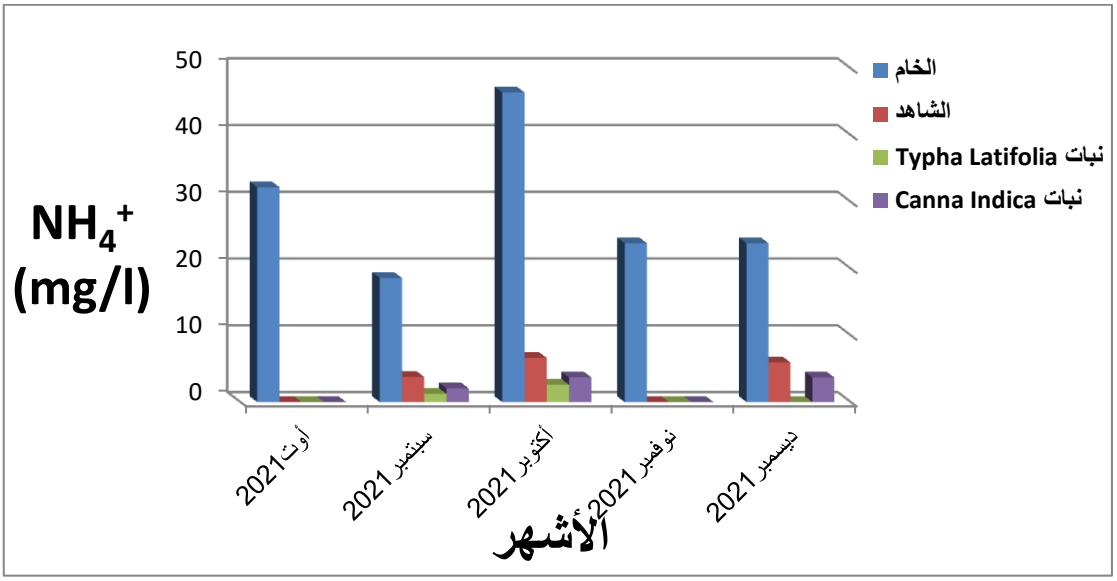
IV-3-12- تطور الأمونيوم NH_4^+:

يتبين من خلال النتائج المتحصل عليها في الشكل (34) أن تركيز الأمونيوم مرتفع في المياه المستعملة مقارنة بالمياه المعالجة، حيث بلغ متوسط تركيز الأمونيوم بالنسبة لمياه الخام 28,96mg/l.

أما بالنسبة للمياه المعالجة بلغ متوسط الحوض غير المزروع (الشاهد) 3,26mg/l، أما بالنسبة لحوض *Canna Indica* وحوض *Typha Latifolia* بلغ المتوسط 1,888mg/l و 0,766mg/l على التوالي .

فيما بلغ مردود الإزالة في الحوض غير المزروع 88,7% وفي الأحواض المزروعة حوض *Canna Indica* 93,4% وحوض *Typha Latifolia* 97,3%. حيث أن نسبة الإزالة جيدة في كامل الأحواض.

إلا أن في حوض*Typha Latifolia* كان مردود الازالة جيد. هذه النتائج توافق بالتقريب إلى ما توصل له شاهين وحسيان (2017) عند تجربته لنبات القصب في انخفاض تركيز الأمونيوم ما يقارب 82%.[20]



الشكل(34): التطور الزمني للأمونيوم NH_4^+ للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة وحوض الشاهد

بما أن الأوكسجين يكون بوفرة أثناء التدفق الشاقولي للمياه يمكن إرجاع إزالة الأمونيوم إلى وجود مناطق هوائية على الجذور وجذور النباتات التي توفر مواقع النترجة المناسبة لامتصاص الأمونيوم (Hu et call 2016).[21]

يرجع انخفاض الأمونيوم:

-أكسدة NH_4^+ إلى نتريت ثم إلى نترات باستهلاك الأكسجين .

- أكسدة الأمونيوم بواسطة بكتريا ذاتية التغذية (البكتيريا الآزوتية) إلى نترات (نترجة) .[19]

الخـــاتمة:

أصبحت المعالجة عن طريق التنقية النباتية لمياه الصرف الصحي أكثر انتشارا، فهي طريقة طبيعية حيث تقوم على قدرات النباتات، تستخدم التنقية النباتية البكتيريا الموجودة بشكل طبيعي في نظام جذر النباتات لتنقية المياه .

الهدف المرجو من هذه الدراسة هو تقدير فعالية النبتتين على تنقية مياه الصرف الصحي بنظام تدفق شاقولي، والمقارنة فيما بينهما من حيث إزالة الملوثات مع الحوض الشاهد (غير مزروع) .

من خلال فترة الدراسة في مخبر الديوان الوطني للتطهير ONA موسم 2021 ، حيث سمحت لنا الدراسة بتحديد الوسائط الفيزيوكيميائية للمياه الداخلة والخارجة من المحطة من حيث إزالة الملوثات من الماء حتى يتسنى استعمالها في مجال الزراعة والري .

أولا قمنا بوصف مياه الخام الداخلة لمحطة التنقية وذلك من خلال حساب نسبة معامل التحلل البيولوجي $K=DCO/DBO_5$ من أجل الكشف عن المياه العادمة المستقبلة من المحطة أنها مياه حضرية قابلة للتحلل بيولوجيا. ولتقييم مدى كفاءة هذه التنقية بالنباتات في إزالة هذه الملوثات، حيث أظهرت نتائج جيدة في نسبة تخفيض معتبرة في أنواع التلوث الأساسية :

بالنسبة للتلوث العضوي وصلت نسبة إزالة DCO في الأحواض المزروعة 67,8% في حوض نبات *Typha Latifolia* و67,3% لحوض نبات *Canna Indica* و 68,4% في حوض غير مزروع (شاهد) وبالنسبة لـ DBO_5 وصلت نسبة الإزالة 83,4% بالنسبة لحوض نبات *Typha Latifolia* و 80,4% بالنسبة لحوض نبات *Canna Indica* و 78% بالنسبة للحوض غير مزروع (شاهد)

،أما التلوث الجسيمي MES بلغ مردود التنقية بالنسبة لأحواض النباتات 82,6% بالنسبة لحوض *Typha Latifolia* و 82,3% بالنسبة لحوض *Canna Indica* والحوض غير المزروع (الشاهد) 80% ،وكذا التلوث العضوي الأزوتي وصلت نسبة إزالة النتريت NO_2^- 70,3% بالنسبة لنبات *Canna Indica* و72% لنبات *Typha Latifolia* حيث أن مردود التنقية أفضل بنسبة ضئيلة مقارنة بحوض الشاهد 65% فيما بلغت كفاءة إزالة النترات95% NO_3^- كان مردود جيد في كل الأحواض .

والتلوث العضوي الفوسفوري بلغت PO_4^{3-} بلغت نسبة الإزالة لأحواض النباتات وحوض الشاهد 60,7% لحوض *Canna Indica* و 76% لحوض *Typha Latifolia* و46% لحوض غير مزروع. وبلغت كفاءة إزالة الأمونيوم NH_4^+ حيث كان مردود التنقية جيد في حوض 97,3% *Typha Latifolia* مقارنة بحوض *Canna Indica* كان المردود 93,4% وحوض الشاهد بلغ المردود 88,7% .

أظهرت النتائج المتحصل عليها أن نسبة النشاط تختلف من نبات لآخر، كما أن نبات *Typha Latifolia* له فعالية جيدة في المعالجة، حيث أعطى النبات نتائج أحسن من حيث قدرته على إزالة الملوثات مقارنة بنبات *Canna Indica* وحوض الشاهد. النبات أثبت كفاءته وقدرته على تحقيق المواصفات المرغوبة لتنقية مياه الصرف، عن طريق إنقاص نسبة الملوثات والعوامل الممرضة ، والوصول إلى الحدود المسموحة لاستخدام المياه الناتجة من أحواض المعالجة بالنباتات في الزراعة.

الآفاق المستقبلية لهذا العمل:

1- شمل الأنواع الأخرى من النباتات المتبقية في محطة تماسين، والتي يبلغ عددها ما يقارب 18 نوع من الدراسة حتى يتم تقليص عدد الأنواع المستخدمة في التنقية، وبالتالي رفع أداء المحطة والتركيز على نوع محدد من النبات .

2- توسيع نطاق تطبيق هذه التقنية في باقي مناطق الوطن خاصة الريفية منها .

3- استغلال المياه المعالجة كمورد ثانوي يستغل خاصة في مكافحة التصحر وإقامة الأحزمة الخضراء حول المدن مما يساهم في تثبيت التربة وتحسين البيئة.

مراجع بالغة العربية :

[1] عبد الرحمان ابن خلدون 1983 كتاب العبر وديوان المبتدأ والخبر المجلد السابع بيروت ج13 ص98.

[2] عبد الرحمان الجيلاني ، 1980 تاريخ الجزائر العام دار الثقافة بيروت ج1 ص138

[3] الديوان الوطني للأرصاد الجوية تقرت

[20] شاهين، هيثم. حسيان، علي (2017)- تقييم كفاءة نظام الأراضي الرطبة لمعالجة مياه الصرف الصحي لأغراض الري في ظروف الساحل السوري، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية. سلسلة العلوم الهندسية المجلد 39 العدد6.

مراجع بالغة الأجنبية :

[4] ABISSY M.et L.MANDI¸1999 Utilisation des plantes aquatiques enracinées pour le traitement des eause Usées Urbaines : cas du roseau .Rev.sci.Eau 12/2¸pp.285-315

[5] TIGLYENE S.MANDI.L.JAOUAD.A¸:2005 enlevement du chrome par infiltration vertical sur lits de phragmitesaustralis (cav) steudel. Rev.sci.Eau 18/2¸pp.17

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

[7] ZOBEIDI AMMAR**,** Épuration des eaux uséés urbaines par lagunage aéré en zone Aride-Cas de la région d'EL-Oued paramétras influents et choix deconditions optimales, Thése Pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences. Ouargla : Université Kasdi Merbah , 2017.

[8] CRIS IINA S.C. CALHEIROS, ANTO NIO O.S.S. RANGEL PAULA ML. CASTRO. Treatment of industrial waste water with two-stage constructed wetlands planted with Typha Latifolia and Pharagmites Australia

[9] REDDY, K. R., D'ANGELO, E. M. and DEBUSK, T. A. 1989. "Oxygen transport through aquatic macrophytes: The role in Wastewater treatment." J. Envion, Qual. 19: pp261-267

[10] AMINA CHADLI ET HACHEMI BENHASSAINI [2019] Ingénierie ecologique des eaux usées par lemna minor sous climat aride. Eau, l'ndustrie les Nuisance. 424. Pp75-84

[11] D. PEDRO ANDREO Mattinez [2014] Universi DAD DE MURCIA FACULTAD DE QUIMICA. Evaluacion Y Diseno de un humedal construido par la depuracion de Aguas Residuales Domésticas. P214-217

[12] CHOUDHARY ASHUTOSH ET KUMAR, SATISH ET SHARMA, CHHYA [2011] Constructed Wetlands: An approach for waste water treatment. Elixir pollution. 37 pp3666-3672

[13] Hristina،B،2013- Wastewater treatment in constructed wetlands: Effects of vegetation، hydraulics and data analysis methods. Linköping Studies in Science and Technology Dissertation No. 1509

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

[15] Merino-Solís, M.L., Villegas, E., De Anda, J., López-López, A.; (2015). The effect of the hydraulic retention time on the performance of an ecological wastewater treatment system: an anaerobic filter with a constructed wetland. Water, Vol. 7 No.3: 1149-1163.

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

[17] Begg JS، Lavigne RL، Veneman PL - Reed beds,2001- constructed wetlands for municipal wastewater treatment plant sludge dewatering. Water Sci Technol;44(11-12):393-8.

[18] Brix, 1997 The use of vertical flow constructed wetlands for on-site treatment of domestic wastewater: New danish guidelines. Ecological Engineering, 25(5), 491-500

[19] Hoffmann et al , A, December(2010), Eschborn, Overview of subsurface flow Constructed Wetlands for greywater and domestic Wastewater treatment in developing countries. pp3-15

[21] Hu, Y., He, F., Ma, L., Zhang, Y., Wu, Z., (2016). Microbial nitrogen removal pathways in integrated vertical-flow constructed wetland systems. Bioresour.Technol.207: 339–345

الملاحق

الشكل (35): قيم الحد الأقصى لمعايير مياه الصرف الصحي المعالجة الموجهة (الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية 2012).

2. PARAMETRES PHYSICO – CHIMIQUES

PARAMETRES		UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
Physiques	pH	–	6.5≤pH≤8.5
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
	Infiltration le SAR= 0-3 CE 6-12 12-20 20-40	ds/m ou ms/cm	0.2 0.3 0.5 1.3 3
Chimiques	DBO_5	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	CHLORURE(CI)	meq/l	10
	AZOTE($N\text{-}NO_3$)	mg/l	30
	Bicarbonate(HCO_3)	meq/l	8.5
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20.0
	Arsenic	mg/l	2.0
	Bérylium	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
	Manganése	mg/l	10.0
	Mercure	mg/l	0.01
	Molybdéne	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 sols **:** texture fine, neuter ou alcalin

الشكل(36): القيم الحدية لمحتوى المواد الضارة في مياه الصرف الصحي (المنزلية) عند تصريفها في نظام الصرف الصحي العام أو محطة المعالجة (الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية 2009)

Art. 10. L'autorisation de déversement des eaux usées autres que domestiques est retirée dans les cas suivants :
- non-respect des obligations et prescriptions fixées par la décision autorisant le déversement ;
- lorsqu.il est fait obstacle à l'accomplissement des contrôles opérés dans les conditions fixées par le présent décret ;
- cessation d'activité de l'établissement au titre de laquelle l'autorisation de déversement a été octroyée.

CHAPITRE II
CONTROLES

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

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

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

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

CHAPITRE III
DISPOSITIONS FINALES

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

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

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

Ahmed OUYAHIA.

ANNEXE

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

PARAMETRES	VALEURS LIMITES MAXIMALES (mg/l)
Azote global	150
Aluminium	5
Argent	0,1
Arsenic	0,1
Bérylium	0,05
Cadmium	0,1
Chlore	3
Chrome trivalent	2
Chrome hexavalent	0,1
Chromates	2
Cuivre	1
Cobalt	2
Cyanure	0,1
Demande biochimique en oxygène (DBO_5)	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

الشكل(37): معايير تصريف مياه الصرف الصحي حسب المنظمة العالمية (OMS–1971)

Paramètres	Bonne ou trés bonne qualité	Qualité acceptable	Qualité médiocre	Mauvaise ou trés mauvaise
O_2dissous mg/l	>5	≥3	≥1	<1
O_2dissous %	≥70	≥50	≥10	<10
DBO_5 mg/l	≤5	≤10	25	>25
DCO mg/l	≤25	≤40	80	>80
NO_3 mg/l	≤25	≤50	80	>80
NH_4^+ mg/l	≤0.5	≤2	8	>8
NO_2^- mg/l	≤0.3	≤1	>1	-
NTK mg/l	≤2	≤3	10	>10
PO_4^{3-} mg/l	≤0.5	≤1	2	>2
MES mg/l	≤70	-	70	-
Phosphore total	≤0.3	≤0.6	1	>1
Conductivité	≤2	-	2000	-
pH	≥6.5 et ≤8.5	-	<6.5 ou >8.5	-

الشكل (38): القيم الحدية لمعلمات التفريغ في بيئة الإستقبال(الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية-2006)

PARAMETRES	VALEURS LIMRRES	UNITES
Température	30	C°
pH	6.5 ă 8.5	-
MES	35	mg/l
DBO_5	35	mg/l
DCO	120	mg/l
Azote Kjcldahl	30	mg/l
Phosphore	02	mg/l
Phosphore total	10	mg/l
Cyanures	0.1	mg/l
Aluminium	03	mg/l
Cadmium	0.2	mg/l
Fer	03	mg/l
Magnésium	01	mg/l
Mercure total	0.01	mg/l
Nickel total	0.5	mg/l
Plomb total	0.5	mg/l
Cuivre total	0.5	mg/l
Zinc total	03	mg/l
Huiles et Grasscs	20	mg/l
Hydrocarbures totaux	10	mg/l
Indice phénols	0.3	mg/l
Fluor et Composés	15	mg/l
Btain total	02	mg/l
Composés organiques chlorés	05	mg/l
Chrome total	0.5	mg/l
(*)Chrome III^+	0.3	mg/l
(*)Chrome VI^+	0.1	mg/l
(*)Solvants organiques	20	mg/l
(*)Chlore actif	1.0	mg/l
(*)PCB	0.001	mg/l
(*)Detergen	2	mg/l
(*)Tensioactifs anioniques	10	mg/l

الجدول (10) : النسبة بين DCO و DBO5 للمياه الخارجة من الأحواض

حوض نبات Typha Latifolia			حوض نبات Canna Indica			حوض الشاهد			
DCO/DBO_5	DBO_5	DCO	DCO/DBO_5	DBO_5	DCO	DCO/DBO_5	DBO_5	DCO	الأشهر
3,29	18	59,3	6,3	10	63	5,71	10	57,1	أوت
9,87	12	118,5	5,25	20	105	7,33	15	110	سبتمبر
2,86	29	83,2	2,29	38	87,2	1,54	56	86,5	أكتوبر
3,31	12	39,8	2,44	15	36,6	1,74	27	47	نوفمبر
3,21	19	61,1	2,71	23	62,4	2,38	28	66,8	ديسمبر

النتائج المتحصل عليها من خلال الدراسة في محطة تقرت لسنة 2021

المياه المستعملة في تغذية الأحواض					
الأشهر / الوسائط	أوت	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
T(C°)	34	31,3	33,5	28,1	22,5
O_{2diss}(mg/l)	0,09	0,2	0,37	0,38	0,18
pH	7,59	7,56	7,76	7,63	7,89
Conductivité(ms/cm)	4,04	4,8	4,94	4,64	5,01
Salinité(mg/l)	2,1	2,6	2,6	2,5	2,7
DCO(mg/l)	194	274	200,16	198	258
DBO_5(mg/l)	80	130	150	88	95
MES(mg/l)	95	195	125	117	161
NO_2^-(mg/l)	0,052	0,093	0,075	0,04	0,04
NO_3^-(mg/l)	0,205	0,39	0,454	0,63	0.378
PO_4^{3-}(mg/l)	2,97	2,77	3,77	2,15	1,99
NH_4^+(mg/l)	32,2	18,6	46,4	23,8	23,8

المياه الخارجة من أحوض المعالجة						
الأشهر / الوسائط		أوت	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
T(C°)	الشاهد	28,9	26,8	22,6	16,1	13,2
	نبات Canna Indica	29,3	26,7	22,3	15,6	12,2
	نبات Typha Latifolia	28,7	26,6	22,4	15,7	12,3
O_{2diss}(mg/l)	الشاهد	0,91	1,07	3,77	3,76	4,74
	نبات Canna Indica	3,33	1,66	3,77	3,88	5,12
	نبات Typha Latifolia	2,49	2,22	4,07	4,21	4,98
pH	الشاهد	8	8,07	8,12	8,29	8,01
	نبات Canna Indica	7,2	7,16	7,06	7,07	6,59
	نبات Typha Latifolia	7,28	7,28	7,16	7,15	6,66
Conductivité (ms/cm)	الشاهد	6,9	8,04	10,36	7,5	5,03
	نبات Canna Indica	9,04	10,67	11,92	9,69	5,99
	نبات Typha Latifolia	7,83	11,55	12,8	10,41	6,75

Salinité (mg/l)	الشاهد	3,8	4,4	5,9	4,1	2,7
	نبات Canna Indica	5	6	8,6	5,5	3,3
	نبات Typha Latifolia	4,3	6,6	7,3	6,2	3,7
DCO (mg/l)	الشاهد	57,1	110	86,5	47	66,8
	نبات Canna Indica	63	105	87,2	36,6	62,4
	نبات Typha Latifolia	59,3	118,5	83,2	39,8	61,1
DBO_5 (mg/l)	الشاهد	10	15	56	27	28
	نبات Canna Indica	10	20	38	15	23
	نبات Typha Latifolia	18	12	29	12	19
MES (mg/l)	الشاهد	30	25	18	27	39
	نبات Canna Indica	30	21	14	22	35
	نباتTypha Latifolia	24	18	18	25	35
NO_2^- (mg/l)	الشاهد	0,017	0,046	0,014	0,008	0,019
	نبات Canna Indica	0,024	0,026	0,018	0,004	0,017
	نباتTypha Latifolia	0,035	0,014	0,015	0,003	0,017
NO_3^- (mg/l)	الشاهد	0,289	0,7	0,11	0,4	0,42
	نبات Canna Indica	0,571	0,549	1,01	0,37	0,599
	نباتTypha Latifolia	0,645	0,524	1,957	0,46	0,594
PO_4^{3-} (mg/l)	الشاهد	1,89	1,27	2,19	1,13	0,625
	نبات Canna Indica	1,35	0,97	1,47	0,9	0,554
	نباتTypha Latifolia	1,28	1,16	1,92	0,849	0,439
NH_4^+ (mg/l)	الشاهد	0	3,76	6,61	0	5,93
	نبات Canna Indica	0	2,05	3,71	0	3,68
	نباتTypha Latifolia	0	1,23	2,6	0	0

الأجهزة المستعملة

Réacteur

spectro photo metre DR3900

centrifugeuses

DBO-metre

Apara il–PH métre

–Oxy métre-Conductiveté

Etuve