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: فاطمة بن جلول

بعنـوان

إزالة الملوثات العضوية من مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت باستخدام نبات *Typha latifolia* بطريقة التدفق المهجن (شاقولي + أفقي)

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

ذوادي علي	أستاذ تعليم عال جامعة قاصدي مرباح ورقلة	رئيسا
زنخري لويزة	أستاذ محاضر (أ) جامعة قاصدي مرباح ورقلة	مناقشا
العابد ابراهيم	أستاذ تعليم عال المدرسة العليا للأساتذة بورقلة	مساعد مؤطر
بن زاهي خديجة	أستاذ محاضر (أ) المدرسة العليا للأساتذة بورقلة	مؤطرا

السنة الجامعية : 2022/2021

الإهداء

إلى من بسمتها غايتي وما تحت أقدامها جنتي ... إلى من حملتني

في بطنها وأسكنتني قلبها فغمرتني بحبها ... إلى أمي الغالية

جميلة بن الزاوي حفظها الله وشفاها وأطال في عمرها وجعل

جنة الفردوس مثواها

إلى من حصد الأشواك عن دربي ليمهد لي طريق العلم... إلى أبي الغالي **أحمد** أطال الله في عمره

إلى اعز من في قلبـــي وسنـدي في الحيـــاة إلـى إخوتـي الذكـور

(إلى قدوتي أخي فوضيل – جعفر- توفيق – فاروق)

إلى القلوب الرفيعة والنفوس البريئة ومن يحملون ذكريات طفولتي أخواتي

(نور الهدى – نجوى – ليلى - وحيدة)

إلى البراعم الصغار الذين ملكوا الروح والوجدان أبناء الإخوة حفظهم الله ورعاهم إلى الذين قدر لهم أن يكونوا إخوة لي وحملت لهم كل التقدير والاحترام إلى زوجات الإخوة (خولة_وفاء)

إلى كل من دعمتني وكانت سندا لي وعونا عند لزم زوجة أخي

خولة برقيقة

إلى أهلي وأقاربي الى كل صديقاتي العزيزات والى جميع زميلاتي دفعة الكيمياء التي تقاسمت معهم حلاوة العلم الى كل من وسعه قلبي ولم يذكره لساني اليكم جميعا أهدي عملي هذا

شكر وعرفان

بعد شكر الله سبحانه وتعالى على توفيقه لي لإتمام هده المذكرة
أتقدم بجزيل الشكر إلى الوالدين العزيزين الذي أعانوني وشجعوني على الاستمرار في مسيرة العلم والنجاح

أتقدم بالشكر الجزيل وفائق التقدير والاحترام إلى الأستاذة الكريمة **بن زاهي خديجة** لقبولها الإشراف على هذه المذكرة والى الأستاذ المساعد **العابد إبراهيم** الذي كانا لنا نعم الموجهان و اللذان لم يبخلا علينا بالنصح والدعم وعلى صبرهم وتشجيعهم لنا طيلة مراحل انجاز المذكرة

كما نتقدم بالشكر لكل موظفي مؤسسة الديوان الوطني لتطهير بتقرت والى الأستاذة **مريم مسعودي**

كما أتوجه بخالص شكري وتقديري إلى كل أساتذة قسم الكيمياء والى كل من ساعدنا من قريب أو من بعيد على انجاز وإتمام هذا العمل

الفهـــــرس :

إهداء				I
شكر وعرفان				II
قائمة الأشكال				III
قائمة الجداول				IV
قائمة المخططات				V
قائمة المختصرات				V
مقدمة عامة				01
الجانب النظري				
الفصل الأول			I	
عموميات حول المياه الملوثة		1.I	I	01
تعريف تلوث المياه	1.1.I	1.I	I	02
مصادر تلوث المياه	2.1.I	1.I	I	03
أنواع التلوث المائي	3.1.I	1.I	I	03
مياه الصرف الصحي		2.I	I	05
تعريف مياه الصرف الصحي	1.2.I	2.I	I	05
خصائص مياه الصرف الصحي	2.2.I	2.I	I	05
مصادر وأنواع مياه الصرف الصحي	3.2.I	2.I	I	06
مقاييس تصنيف الملوثات لمياه الصرف الصحي	4.2.I	2.I	I	07
المعايير والتراكيز المسموح بها في إطار المحافظة على البيئة والصحة العامة	5.2.I	2.I	I	09
معالجة مياه الصرف الصحي		3.I	I	10
تعريف معالجة مياه الصرف الصحي	1.3.I		I	10
الهدف من معالجة مياه الصرف الصحي	2.3.I		I	10

		3.3.I	مراحل معالجة مياه الصرف الصحي		11
		4.3.I	طرق معالجة مياه الصرف الصحي		11
			1.4.3.I المعالجة الفيزيائية		11
			2.4.3.I المعالجة البيولوجية		13
			3.4.3.I المعالجة الثالثية		15
II		الفصل الثاني			
	1.II		نبدة تاريخية عن المعالجة بواسطة النباتات		16
		1.1.II	تعريف المعالجة بواسطة النباتات		16
		2.1.II	محطات المعالجة بالنباتات		17
		3.1.II	مراحل المعالجة بالنباتات		17
	2.II		النباتات المائية المستخدمة ضمن محطات المعالجة بالنباتات		17
		1.2.II	النباتات المائية الغاطسة		17
		2.2.II	النباتات المائية البارزة		18
		3.2.II	النباتات المائية الطافية		18
	3.II		أحواض النباتات المستعملة في تنقية مياه الصرف الصحي		19
		1.3.II	أحواض النباتات ذات الجريان السطحي الحر		19
		2.3.II	أحواض النباتات ذات الجريان تحت السطحي الأفقي		19
		3.3.II	أحواض النباتات ذات الجريان الشاقولي		20
		4.3.II	أحواض النباتات ذات الجريان المهجن		21
	4.II		دور مختلف مكونات نظام معالجة بالنباتات		22
		1.4.II	دور مواد التعبئة		22
		2.4.II	دور النباتات		23
		3.4.II	دور الكائنات الحية الدقيقة		24
	5.II		أهم الآليات الرئيسية لإزالة الملوثات ضمن أحواض النباتات		25

		1.5.II	إزالة المواد العضوية	25
	6.II		محاسن ومساوئ طريقة المعالجة بالنباتات	26
	7.II		استخدامات المياه المعالجة بالنباتات	26
	8.II		النبات المستعمل في التجربة	26
		1.8.II	وصف استعمالات نبات *Typha Latifoila*	27
		2.8.II	التصنيف العلمي للنبات	27
الجــزء التطبيــقي				
III	الفصل الثالث			
	1.III		تقديم منطقة الدراسة	28
		1.1.III	تعريف منطقة الدراسة	28
		2.1.III	الموقع الجغرافي	28
		3.1.III	الموقع الفلكي	28
		4.1.III	نبذة تاريخية عن المحطة	29
		5.1.III	تقديم محطة التصفية بتقرت	29
	2.III		الوضعية المناخية	29
	3.III		العتاد التجريبي المستعمل	30
		1.3.III	الخصائص الفيزيوكيميائية لمواد التعبئة المستعملة	31
	4.III		الوسائط الفيزيوكيميائية المقاسة	31
		1.4.III	قياس درجة الحرارة	31
		2.4.III	قياس الأس الهيدروجيني	31
		3.4.III	قياس كمية الأكسجين المنحل	32
		4.4.III	قياس الناقلية الكهربائية	32
		5.4.III	قياس الملوحة	32
		6.4.III	تحديد المواد العالقة	33

		7.4.III	قياس الطلب الكيميائي للأكسجين	35
		8.4.III	قياس الطلب البيوكيميائي للأكسجين	35
IV	الفصل الرابع			
	1.IV		معامل التحلل البيولوجي	38
	2.IV		تحديد خصائص مياه الصرف الصحي	38
	3.IV		أداء وكفاءة إزالة الملوثات	40
	4.IV		مناقشة نتائج الوسائط المقاسة للمياه الناتجة	41
		1.4.IV	التطور الزمني لدرجة الحرارة	41
		2.4.IV	التطور الزمني للأس الهيدروجيني	42
		3.4.IV	التطور الزمني للأكسجين المنحل	43
		4.4.IV	التطور الزمني للملوحة	44
		5.4.IV	التطور الزمني للناقلية الكهربائية	45
		6.4.IV	التطور الزمني للمواد العالقة	46
		7.4.IV	التطور الزمني للطلب الكيميائي للأكسجين	47
		8.4.IV	التطور الزمني للطلب البيوكيميائي للأكسجين	48
الخلاصـــة				50
المراجع				51
الملحق				58
الملخص				

قائـــــمة الأشكـــــال

الرقم	العنوان	الصفحة
01	مختلف النباتات المستعملة في محطات المعالجة وفقا لمكان نموها	18
02	حوض معالجة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر	19
03	حوض معالجة بالنباتات ذات الجريان تحت السطحي الأفقي	20
04	حوض معالجة بالنباتات ذات الجريان الشاقولي	21
05	حوض معالجة بالنباتات ذات الجريان المهجن	22
06	نبات Typha Latifolia	27
07	خريطة توضح الموقع الجغرافي لمدينة تقرت	28
08	محطة الديوان الوطني لتطهير ONA تقرت	29
09	العتاد التجريبي المستعمل في التجربة	31
10	التطور الزمني لدرجة الحرارة لكل من الحوضين المزروعين بالنبات والشاهدين قبل وبعد المعالجة	41
11	التطور الزمني للأس الهيدروجيني لكل من الحوضين المزروعين بالنبات والشاهدين قبل وبعد المعالجة	42
12	التطور الزمني الاكسجين المنحل لكل من الحوضين المزروعين بالنبات والشاهدين	43
13	التطور الزمني للملوحة لكل من الحوضين المزروعين بالنبات والشاهدين قبل وبعد المعالجة	44
14	التطور الزمني لناقلية الكهربائية لكل من الحوضين المزروعين بالنبات والشاهدين قبل وبعد المعالجة	45
15	التطور الزمني للمواد العالقة لكل من الحوضين المزروعين بالنبات والشاهدين قبل وبعد المعالجة	46
16	التطور الزمني لطلب الكيميائي للأكسجين لكل من الحوضين المزروعين بالنبات والشاهدين قبل وبعد المعالجة	48
17	التطور الزمني لطلب البيوكيميائي للأكسجين لكل من الحوضين المزروعين بالنبات والشاهدين قبل وبعد المعالجة	49

قـائـمــة الجـــداول

الرقم	عنوان الجدول	الصفحة
01	أنواع البكتيريا الموجودة في مياه الصرف الصحي	04
02	معايير تصنيف الملوثات للجريدة الرسمية الجزائرية	09
03	مراحل معالجة مياه الصرف الصحي	11
04	دور النباتات ضمن محطات المعالجة بالنباتات	24
05	أهم آليات الإزالة الرئيسية للملوثات ضمن أحواض النباتات	25
06	محاسن ومساوئ المعالجة بالنباتات	26
07	القيم المتوسطة لدرجة الحرارة لسنة 2021 لمنطقة تقرت	30
08	القيم المتوسطة لرطوبة لسنة 2021 لمنطقة تقرت	30
09	القيم المتوسطة لرياح لسنة 2021 لمنطقة تقرت	30
10	القيم المتوسطة لتساقط الأمطار لسنة 2021 لسنة تقرت	30
11	معامل التغيير قيمة DBO_5 بدلالة حجم العينة المستعملة	36
12	القيم المتوسطة للوسائط المقاسة للمياه المستعملة لمحطة تقرت	38
13	قيم معامل التحلل البيولوجي للمياه الخام لمحطة تقرت	39
14	القيم المتوسطة للوسائط المقاسة للمياه المعالجة تقرت	40
15	قيم الحد لمحتوى المواد الضارة في مياه الصرف الصحي بخلاف المياه المنزلية في وقت تصريفها في نظام الصرف الصحي العام ومحطة المعالجة JORA 2009	58
16	القيم الحدية لمعلمات التفريغ في بيئة الاستقبال	59
17	مواصفات مياه الصرف الصحي المعالج المستخدم لأغراض الري	60
18	معايير منظمة الصحة العالمية لمياه الصرف الصحي	60
19	نتائج إزالة الملوثات العضوية من مياه الصرف الصحي باستعمال نبات Typha Latifolia بطريقة التدفق المهجن لخمسة أشهر من 2021	61

قـــائـمة المـخطـطـات

الرقم	العنـوان	الصفحة
01	خصائص مياه الصرف الصحي	06
02	مراحل المعالجة الفيزيائية	13

قائـمة المختـصـــرات

الرمز والاختصار	باللغة الأجنبية	باللغة العربية
T	Température	درجة الحرارة
pH	Potentiel d'hydrogène	الأس الهيدروجيني
CE	Conductivité électrique	الناقلية الكهربائية
O_{2DISS}	L'oxygène dissous	الأكسجين المنحل
DCO	Demande Chimique en Oxygène	الطلب الكيميائي للأكسجين
DBO_5	Demande Biochimique en Oxygène (05 jours)	الطلب البيوكيميائي للأكسجين خلال 05 أيام
MES	Matières en suspension	المواد العالقة
SaL	Salinité	الملوحة
NO_2^-	Nitrite	النتريت
NO_3^-	Nitrate	النترات
PO_4^{-2}	Ortho Phosphore	الأرتوفوسفات
NH_4^+	Azote ammoniac	النتروجين الاموني
ONA	Office national d'assainissement	الديوان الوطني للتطهير
WWG	Waste water Gardens	حدائق معالجة المياه المستعملة
JORA	Journal Offciel de la République Algerienne	الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية

مقدمـــــــة

مقدمـــــــة عـــامة:

قال الله تعالى **(وجعلنا من الماء كل شيء حي)** "سورة الأنبياء" 30 وقال ليوناردو دافنشي " الماء للعالم ما هو الدم لأجسادنا "**[1]**، إن تزايد الحاجة إلى الماء من طرف الإنسان كما ونوعا وبوتيرة متزايدة وغير منتظمة في الاستعمالات المنزلية والزراعية والصناعية، ينتج عنه نفايات سائلة (مياه الصرف الصحي) وهي تحتوي على كميات كبيرة من الملوثات العضوية والبكتيريا و المغذيات والمركبات السامة التي تسبب أخطار صحية وبيئية إن طرحت فالأوساط الطبيعية بدون معالجة ونظرا لتزايد خطر هذه المياه وضعت استراتجيات لحماية البيئة و الاستفادة من هذه المياه كإعادة استعمالها وذلك بمعالجتها قبل تصريفها .

تعد معالجة مياه الصرف الصحي ضرورة حتمية من أجل حماية مصادر المياه، تم تطوير تقنيات عديدة ومتنوعة للمعالجة والحصول على مياه أقل تلوث منها الطرق التقليدية وهي طرق معقدة بسبب تكلفتها المرتفعة وتشغيلها وصيانتها ولم يتم تصميمها لإزالة الملوثات الدقيقة **[2]** ولهذا لجأت بعض الدول إلى مناهج أخرى وطرق أسهل تقنيا واقتصاديا من هده الطرق الحديثة المعالجة بالنباتات المائية وهي طريقة أثبت قدرتها وكفاءتها على تحقيق المواصفات المطلوبة لمياه الصرف الصحي في إزالة الملوثات العضوية والكائنات الدقيقة المسببة للأمراض.**[3]**

الأراضي الرطبة المصطنعة هي أنظمة بيئية معاد إنشائها بغرض معالجة مياه الصرف الصحي الحضرية, الصناعية والزراعية وهي مزيج من العمليات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية حيث تلعب النباتات فيها دور ضروري في عملية التنقية وذلك بتعزيز نمو الكائنات الدقيقة وتزويد البيئة بالأكسجين مقارنة بالطرق التقليدية ولا تتطلب أي مادة كيميائية وطاقة قليلة وشبه معدومة ، تم إجراء العديد من البحوث و التجارب في العالم حول استخدام الأراضي الرطبة المصطنعة التي تعمل بالنظام المهجن هدفه القضاء على الحلول المنفردة والحصول على إزالة عالية للملوثات وهذا لقدرتها على التعامل مع جميع أنواع مياه الصرف الصحي وذلك بمعالجة المياه المستعملة عبر مرحلتين, المرحلة الشاقولية التي يتم على مستواها عملية النترجة لتوفر الأكسجين تليها المرحلة الأفقية وهيا مرحلة مكملة لها ويحدث فيها إزالة النترجة لغياب الأكسجين وإزالة الملوثات العضوية. **[4] [5]**

وفي هذا العمل تطرقنا الى دراسة كفاءة تقنية إزالة الملوثات العضوية من مياه الصرف الصحي باستخدام نبات Typha Latifolia بطريقة التدفق المهجن، حيث يحتوي الفصل الأول على عموميات حول المياه الملوثة والملوثات الموجودة فيها وطرق معالجتها، ويشمل الفصل الثاني تعريف بعملية التنقية النباتية في الأراضي الرطبة المصطنعة باستخدام النباتات المائية، أما الفصل الثالث فهو عبارة عن تعريف بمنطقة الدراسة تقرت واستبيان طرق وأدوات عملنا هذا والأخير الفصل الرابع هو عبارة عن تقديم النتائج المتحصل عليها خلال الدراسة ومناقشتها.

الجـــزء النـــظـري

عموميات حول المياه الملوثة

مقدمة:

أدى الاستهلاك الكثيف للماء في عصرنا هذا والذي سببه زيادة عدد السكان وارتفاع مستوى المعيشة وزيادة الطلب الزراعي والصناعي على المياه والتطور الاقتصادي والتجاري والسياحي الذي يتطلب الماء بكثرة إلى اتجاه الأنظار نحو مياه الصرف الصحي الذي تعتبر هي جزء من الموازنة المائية لدى الكثير من الدول ومصدرها و يجب استغلالها في شتى المجالات وفي هذا الإطار يهدف هذا الفصل إلى التعريف بتلوث المياه ومصادر التلوث كما سوف نقوم بسرد معظم الملوثات الفيزيوكيمائية والبيولوجية والمعايير الدولية و الجزائرية وأنواع شبكات الصرف الصحي وشرح طرق ومراحل المعالجة للمياه الصرف التي تطبق في جميع أنواع المحطات.

I.1. عموميات حول المياه الملوثة

I.1.1. تعريف تلوث المياه :

- تعرف الملوثات بحسب برنامج الأمم المتحدة للبيئة بأنها أي مادة فيزيائية أو كيميائية أو عضوية أو إشعاعية موجودة في مياه الصرف الصحي وتعمل على تدني نوعية هذه المياه و تشكل خطورة تمنع الاستفادة منها**[6].**
- وعرفها هويكز وشولز (Hopkins et Schulz) عام 1954 م بأنها المياه التي سقطت درجة جودتها نتيجة عن اختلاطها بمياه الصرف الصحي أو غيرها من المخلفات و النفايات مما يجعلها غير صالحة للاستهلاك والاستخدام. **[7]**
- هو تلوث يحدث عندما يتم تصريف مواد دخيلة في الماء تحط وتنقص من جودة الماء، يشمل تلوث المياه جميع المواد الزائدة والمضافة إلى الماء التي لا يمكنه القضاء عليها طبيعيا ويمكن أن يحدث هذا التلوث في ظروف معينة بسبب الطبيعة نفسها مثل تدفق الماء عبر تربة ذات مستوى عالي من الحموضة وفي معظم الأحيان أن أفعال البشر هي التي تلوث الماء. **[8]**
- هو أي تغيير فيزيائي أو كيميائي في نوعية المياه بطريقة مباشرة أو غير مباشرة، تؤثر سلبيا على الكائنات الحية، أو يجعل المياه غير صالحة للاستخدامات المطلوبة. ويؤثر تلوث الماء تأثيرا كبيرا في حياة الفرد و الأسرة والمجتمع ، فالمياه مطلب حيوي للإنسان وسائر الكائنات الحية فالماء قد يكون سببا رئيسيا في إنهاء الحياة على الأرض إذا كان ملوثا. **[9]**
- هو اختلاط الماء بمياه المجاري أو الكيميائيات السامة أو الفلزات أو الزيوت أو أي مواد أخرى وهذا التلوث يمكن أن يؤثر على المياه السطحية، مثل الأنهار والبحار والمحيطات كما يمكن أن يؤثر في المياه التي توجد في باطن الأرض والمعروفة بالمياه الجوفية بإمكانه أيضا أن يسبب الأذى لأنواع عديدة من النباتات

والحيوانات وفقا لمنظمة الصحة العالمية يموت ما يقارب خمسة ملايين شخص سنويا بسبب المياه الملوثة. **[10]**

I.2.1. مصادر تلوث المياه:

هي متعددة ويمكن تقسيمها إلى:

- مصادر طبيعية وتشمل الغلاف الجوي والمعادن الذائبة وتحلل المواد النباتية والجريان السطحي للأملاح و المواد الكيميائية.
- مصادر زراعية و تشمل تعرية التربة وفضلات الحيوانات (المواشي والدواجن) والأسمدة الكيماوية ومياه الري.
- مياه الصرف وتشمل الصرف الصحي، الصرف الصناعي مركبات البحرية و الحوادث البحرية .
- مصادر أخرى متنوعة مثل أنشطة البناء و المناجم والمياه تحت الأرض و أماكن تجمع القمامة، وأماكن إنتاج الإسمنت. **[11]**

I.3.1. أنواع التلوث المائي :

التلوث الطبيعي:

هو التلوث الذي يغير من خصائص المياه الطبيعية ويجعلها غير ملائمة للاستعمال من طرف الإنسان وذلك لتغيير في مذاقها ولونها ورائحتها الكريهة. **[12]**

التلوث الفيزيائي:

هو تلوث ينتج عن التغيير في المواصفات القياسية للماء و ذلك عن طريق تغيير درجة حرارته أو ملوحته أو زيادة في المواد العالقة، سواء كانت من أصل عضوي أو غير عضوي، و ينتج ازدياد ملوحة الماء غالبا عن ازدياد كمية التبخر لماء البحيرة، أو الأنهار في الأماكن الجافة دون تجديد لها أو في وجود قلة من مصادر المياه، كما أن التلوث الفيزيائي الناتج عن ارتفاع درجة الحرارة، يكون في معظم الأحوال نتيجة صب مياه تبريد المصانع والمفاعلات النووية القريبة من المسطحات المائية، مما ينتج عنه ازدياد درجة الحرارة، ونقص الأوكسجين، مما يؤدي إلى موت الكائنات الحية. **[13]**

التلوث الكيميائي:

وهو أن يصبح للماء تأثيرا سام نتيجة وجود مواد كيميائية خطيرة مثل المعادن الثقيلة ويعد هذا التلوث أحد أهم و أخطر المشاكل التي تواجه الإنسان المعاصر. **[14]**

كما أن التخلص من هذه الملوثات الكيميائية أصعب من التخلص من الملوثات الطبيعية، وهذه الملوثات كثيرة وتشمل مصادر التلوث الكيميائية المختلفة التي تكون معظمها بسبب الأنشطة البشرية الذي ينتج عنه :

- تلوث مياه الأمطار (أمطار حمضية).

- المركبات الكيميائية غير المرغوب فيها.
- المبيدات والمواد القريبة منها .
- المركبات السامة والمنظفات والملونات.

التلوث البيولوجي :

ينتج هذا التلوث عند ازدياد الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض مثل البكتيريا، الفيروسات والطفيليات في المياه. يبين الجدول (1) بعض أنواع البكتيريا الموجودة في المياه الملوثة و تنتج هذه الملوثات في الغالب عن اختلاط فضلات الإنسان والحيوان بالماء، بصورة مباشرة عن طريق صرفها مباشرة في مسطحات المياه العذبة، أو المالحة، أو بطريقة غير مباشرة نتيجة اختلاطها بمياه صرف صحي أو زراعي ويؤدي وجود هذا النوع من التلوث، إلى الإصابة بالعديد من الأمراض لذا يجب عدم استخدام هذه المياه في الاغتسال أو في الشرب، إلا بعد تعريضها للمعاملة بالمعقمات المختلفة، مثل الكلور والترشيح بالمرشحات الميكانيكية كما يمكن اعتبار كل من تلوث التربة وتلوث الهواء من العوامل الأساسية في تلوث الماء بطريقة غير مباشرة [15].

الجدول (1): أنواع البكتيريا الموجودة في مياه الصرف الصحي .

نوع البكتيريا	ظروف المعيشة	طرق العدوى
بكتيريا القولون (coliforme)	تعيش في التربة بدرجة حرارة من 20 – 30 درجة مئوية	تناول الأطعمة و شرب المياه الملوثة . تلوث الجروح من التربة المشبعة بالمياه الملوثة.
بكتيريا الأشريكة القولونية (E .COLI)	تعيش في التربة بدرجة حرارة من 20 – 30 درجة مئوية	
بكتيريا سبحية المعوية	تعيش في التربة بدرجة حرارة من 10- 45 درجة مئوية	
بكتيريا سلمونيلا (SALMONELLA)	تعيش في التربة بدرجة حرارة من 20- 30 درجة مئوية	

التلوث الحراري:

عادة يحدث عند تواجد محطات توليد الطاقة الكهربائية والمصانع التي تستخدم الماء للتبريد، إذ تضيف هذه المنشات إلى المسطحات المائية ماء ذا درجة حرارة مرتفعة، و هو ما يسبب في كثير من الأحيان أضرار للحياة النباتية والحيوانية أكثر مما تسببه المواد الملوثة التي تقذفها المصانع ذاتها، فكل زيادة عن درجة الحرارة الطبيعية في الكتل المائية تخل بالتوازن الطبيعي. **[16][17]**

التلوث الإشعاعي :

هو تلوث شديد الخطورة فالمواد المشعة تصل إلى المياه نتيجة لتجارب النووية وعمل المفاعلات ومحطات الطاقة الكهروذرية، و بسبب حفظ النفايات المشعة في أعماق البحار و المحيطات وهو ما يؤدي إلى رفع تركيز هذه المواد في المياه. **[18]**

التلوث النفطي :

يعتبر النفط مصدر من مصادر التلوث المائي ويسبب أثرا خطيرا للكائنات الحية المائية سواء في البحار أو المحيطات والمتمثل في هلاك النباتات المائية بما يحتويه من سموم حيث يشكل طبقة عازلة تعوق تبادل الغازات بين الهواء والماء بالإضافة إلى تلوث الشواطئ مما يؤثر على السياحة وعلى صحة الإنسان كما يحدث هذا التلوث بسبب الحوادث البحرية التي تقع بين الناقلات العملاقة و من مخلفات مصافي التكرير والتسريبات التي تحدث من أبار النفط و الأنابيب الناقلة. **[19]**

2.I. مياه الصرف الصحي

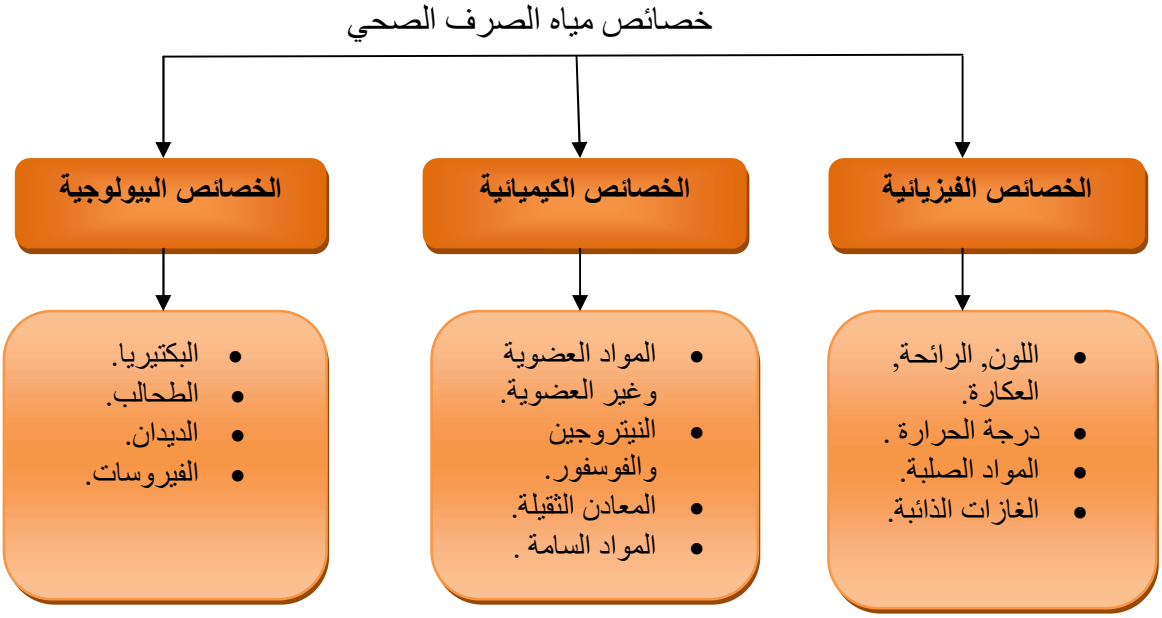
1.2.I. تعريف مياه الصرف الصحي :

- هي المياه التي تدخل عليها مواد غريبة فتفسد خواصها الكيميائية أو الفيزيائية أو تغير في طبيعتها مما يجعلها غير صالحة للإنسان والحيوان والنبات أو الكائنات التي تعيش في البحار والمحيطات. **[11]**
- وهي المياه الناتجة عن الاستعمال المنزلي التي تتكون أساسا من المخلفات البشرية، أي دخول المواد و الأجسام الغريبة تجعل الماء غير ملائم للغرض المراد استخدامها. **[20]**
- تحتوي مياه الصرف الصحي على 99% ماء والباقي عبارة عن خليط من مواد ذائبة وغروية وجسيمات عضوية وغير عضوية، بالإضافة إلى كائنات حية صغيرة (ميكروبات، فيروسات، بكتيريا، فطريات)، هذا الخليط هو الذي يحدد نوعية الماء الطبيعية والكيميائية والبيولوجية، تتحدد نوعية مياه الصرف الطبيعية باللون، الرائحة، العكارة, درجة الحرارة التي تكون عادة اعلي من حرارة الجو. **[21]**
- مياه الصرف الصحي هي أوساط معقدة للغاية وتتغير تبعا للأنشطة الناجمة عن الاستخدام المنزلي, الصناعي, الحرفي والزراعي ...الخ, هذه المياه ملوثة ويجب معالجتها قبل أي استعمال أو إرسالها إلى أوساط طبيعية مستقبلة. **[22]**

2.2.I خصائص مياه الصرف الصحي:

تحدد نوعية مياه الصرف الصحي حسب خصائصها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية وهي مبينة فالمخطط التالي :

المخطط (1): خصائص مياه الصرف الصحي



I.3.2. مصادر و أنواع مياه الصرف الصحي :

مياه الصرف الصناعية:

تستعمل المياه في الصناعة كمادة خام أو مادة مساعدة في الإنتاج أو التبريد، إنها مختلفة تماما عن مياه الصرف الصحي المنزلية، وخصائصها تختلف من صناعة إلى أخرى حيث تشمل جميع المخلفات والنفايات الصناعية التي تنتج أثناء استخراج وتصنيع المواد الخام إلى منتجات صناعية تحتوي على مواد عضوية وغير عضوية ومواد ربما سامة قد تسبب عدم التوازن البيئي وتتطلب معاملة خاصة تبعا لنوع المركبات قبل تصريفها.**[23]**

مياه غسيل المساحات و الشوارع:

تصرف في البالوعات ومنها إلى شبكة الصرف حاملة معها بعض الرمال والورق مما تجره أمامها في الطرقات.**[24]**

مياه الأمطار الملوثة:

تتلوث بفعل الملوثات الموجودة في الهواء نتيجة النشاط الصناعي، كما أن هطولها على الأراضي الزراعية والطرقات يجعلها احد عوامل إيصال الرمال والمواد العالقة إلى شبكات الصرف الصحي. **[25]**

مياه الصرف الناتجة عن الاستعمالات المنزلية:

تأتي من الاستعمالات المنزلية المختلفة للمياه وتحمل بشكل أساسي خاصية التلوث العضوي وتنقسم إلى قسمين :

- المياه المنزلية التي تكون مصادرها الحمامات والمطابخ وهي فالعموم تكون غنية بالمنظفات، الدهون، الصابون، وشوائب أخرى .
- مياه النفايات التي تعبر عن المراحيض التي تكون غنية بمختلف المواد العضوية الأزوتية والفيروسات الخطيرة.**[16]**

I.4.2. مقاييس تصنيف الملوثات لمياه الصرف الصحي :

درجة الحرارة (T):

تعمل درجة الحرارة كعامل فيزيولوجي على استقلاب نمو الكائنات الحية الدقيقة في الماء حيث تلعب دورا مهما في قابلية ذوبان الأملاح وخاصة الغازات وعلى وجه الخصوص (O_2) وكذلك تحديد الأس الهيدروجيني وسرعة التفاعلات الكيمائية.**[26]**

دليل الهيدروجيني (pH):

وهو قياس تركيز شوارد الهيدروجين (H^+) الواردة في الماء وبالتالي فهو مهم جدا لكونه ناتجا عن عدد كبير من التوازنات الكيميائية في الوسط المائي و يعطى بالعلاقة :**[27]**

$$pH = - \log [H^+]$$

تتراوح درجة pH لمياه الصرف الصحي بين [6.5- 8] وإذا كانت درجة pH خارج المجال فإن ذلك سوف يؤثر على حياة البكتيريا **[28]**

العكارة (TM):

تعرف العكارة، العكورة أو العكرة بوجود سحابة أو شوائب داخل أي سائل، ويكون السبب فيها أجسام معلقة بالماء، وغالبا لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة، وتقاس بجهاز العكارة بتسليط الأشعة الضوئية عبر وحدة العكارة (NTU)، حيث توضع العينة في الأنبوب الخاص بالجهاز ثم نقرا النتيجة مباشرة.**[29] .**

الناقلية الكهربائية (CE):

تحتوي المياه الطبيعية على تراكيز خفيفة من الأملاح المعدنية المتشردة وبالتالي فجميعها تشارك في الناقلية الكهربائية، وتنتج الناقلية العالية في الوسط المائي عن فعل طبيعي (طبيعة صخور الأرض) أو بفعل بشري نتيجة مياه الصرف المطروحة ضمن المجرى المائي. **[30]**

الأكسجين المنحل (O_{2diss}):

إضافة لدوره في عملية التنقية الذاتية للوسط المائي ينحل الأكسجين في الماء نتيجة عملية التبادل القائمة بين الطور الغازي (الهواء) والطور السائل (الماء) ويتأثر هذا التبادل بعدة عوامل هي الضغط الجوي, ضغط البخار, درجة الحرارة, ملوحة الماء نظرا لعدم تغيير العامل الأول بشكل كبير وارتباط العامل الثاني بدرجة الحرارة, فان العاملين الأخيرين يحددان الكمية المنحلة من الأكسجين في الماء. **[30]**

المواد العالقة (MES):

هي المواد العالقة للمياه والتي يمكن رؤيتها بالعين المجردة وتشمل المواد الطافية والرمل والحصى ومفرغات الجسم البشري الصلبة والأوراق وقطع الأخشاب ومخلفات الطعام والنفايات الصلبة وخلافه، وهذه المواد سهلة الإزالة من مياه الصرف بطرق فيزيائية أو كيميائية كالترسيب أو الترشيح.**[31]**

الطلب البيوكيميائي للأكسجين (DBO):

يمثل كمية الأكسجين الضرورية لتحلل المركبات العضوية المنحلة في الماء بواسطة الأجسام الحية الدقيقة المتواجدة في الوسط المائي، الواقع أن كمية الأكسجين المستهلكة لا تعود فقط إلى عملية أكسدة المركبات العضوية بل أيضا إلى أكسدة المركبات المعدنية مثل النتريت وأملاح الأمنيوم، إضافة إلى حاجة الخلايا الحية للأكسجين من اجل عملية التكاثر، و بالرغم من ذلك يبقى (DBO) قياسا ساندا ومعبرا بشكل أو بأخر عن درجة التلوث العضوي للمياه يتم قياس (DBO_5) في مدة حضن خمسة أيام وفي درجة حرارة 20°C كما أنه هناك في سبعة أيام أو عشرون يوما. **[32]**

ويحدد الطلب البيوكيميائي للأكسجين وفق المبدأ التالي :

استهلاك الأكسجين من البكتيريا الموجودة في العينة المائية يؤدي إلى خفض الضغط في الوعاء المغلق بإحكام مما يؤدي إلى تغيير الارتفاع المقاس في مقياس ضغط البخار (مانومتر)، حيث أن ثاني أكسيد الكربون المنطلق يمتص باستعمال قاعدة قوية (KOH) ويتم تحديد الطلب الكيميائي للأكسجين من خلال تغيير الضغط خلال خمسة أيام .

الطلب الكيميائي للأكسجين(DCO):

وهو يساوي كمية الأكسجين اللازمة للأكسدة الكيميائية للمواد العضوية الموجودة في المياه المستعملة و تحويلها إلى مركبات بسيطة ثابتة وذلك بواسطة مادة كيميائية مؤكسدة. وهذا معيار ذو قيمة أكبر عادة من قيمة DBO لأن جزء من المادة الصلبة القابلة للأكسدة الموجودة في المياه المستعملة لا يمكن تفكيكه بالفعل الحيوي (أي بتأثير الكائنات العضوية المجهرية) وإنما بوجوب إضافة مركب مؤكسد إليه لإنجاز عملية الأكسدة، وهذا يحدث عادة حين التعامل مع المياه المستعملة الصناعية الواردة في العديد من المراكز الصناعية. **[33]**

الأمونيوم (NH_4^+):

تمثل شوارد الأمونيوم إحدى المراحل الأساسية ضمن دورة الأوزوت ويعد وجود الأمونيوم بكميات كبيرة في المياه السطحية دليلا على التلوث الناتج عن مياه الصرف المطروحة في المجرى المائي.**[30]**

شوارد النترات(NO_3^-) :

تتواجد النترات بكميات كبيرة في معظم المياه، و في المياه الجوفية توجد بمستويات عالية، وهي نواتج أكسدة النيتروجين العضوي بالجراثيم الموجودة في التربة والماء، وهي تمثل المرحلة النهائية لأكسدة المركبات

العضوية الأزوتية و وجودها في المياه الطبيعية بفعل جريان المياه على سطح التربة في مرحلة تشكل الأنهار، أو نتيجة التوسع الكبير في استعمال الأسمدة الأزوتية والكيماوية. **[34]**

شوارد النتريت(NO_2^-) :

أيون النتريت أيون غير ثابت ويزداد نشاطه الكيميائي الذي يعطي له صفة السمية المميزة، ويتكون من تحول النيترات إلى نيتريت، يتفاعل مع الأمينات الموجودة في أجسام الكائنات الحية ليعطي مركبات النتروزامين وهي مركبات شديدة السمية وجودها في جسم الإنسان يمثل خطورة كبيرة حيث يتسبب في حدوث الأورام في كل مرة من المرئ والمعدة والبنكرياس والكبد و الرئتين.**[35]**

شوارد أرتو فوسفات (PO_4^{3-}) :

ينشا الفوسفات في المياه السطحية من مصدر طبيعي ومصدر صناعي كالأسمدة و المنظفات الصناعية, يتواجد أرتو فسفور في الماء بأشكال مختلفة تبعا لقيمة pH الوسط ، حيث تكون المياه الطبيعية ذات pH بين (5-8) تحتوي ارتو فسفور أحادية وثنائية الهيدروجين (HPO_4, $H_2PO_4^-$) ، يعتبر الفوسفات المنحل في مياه الري مادة مغذية للنباتات غير أن ارتفاع نسبته أكثر من المسموح به يؤدي إلى تغير في بنية بعض النباتات كما أن الأسماك تتغذى بالفوسفات المنحل في المياه.**[25]**

الكائنات الدقيقة المجهرية:

وهي ما تحتويه مياه الصرف الصحي من كائنات حية دقيقة كما تحتوي هذه المياه على الكثير من الكائنات الميكروسكوبية الدقيقة والتي يوجد منها الآلاف وربما الملايين في كل ميلي لتر في مياه الصرف الصحي إلا أن غالبية أنواع هذه الكائنات غير ضار بل على العكس بعضها ضروري وله دور مهم في عمليات المعالجة المختلفة وذلك فيما يتعلق بتثبيت المواد الصلبة العضوية و أكسدتها وتحويلها إلى مواد صلبة غير عضوية. [24]

I.5.2. المعايير و التراكيز المسموح بها في إطار المحافظة على البيئة والصحة العامة :

تتضمن الجريدة الرسمية الحاملة لعدد 41 والصادرة بتاريخ الأحد 25 شعبان 1433 والموافق ل 15 جويلية 2012 قيم الحد الأقصى لمعايير مياه الصرف الصحي المعالجة الموجهة للري والموضحة في الجدول أدناه :

الجدول (2): معايير تصنيف الملوثات للجريدة الرسمية الجزائرية **[36]**

المقاييس	القيمة
درجة الحرارة	30 C°
pH	6.5 - 8.5
المواد العالقة MES	30 mg/l
الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5	30 mg/l
الطلب الكيميائي للأكسجين DCO	90 mg/l

الأوزوت N	30 mg/l
الفوسفات	02 mg/l
الزنك	10 mg/l
الكروم	01mg/l
المنظفات	01mg/l
الزيوت والدهون	20 mg/l
الأكسجين المنحل O_2 diss	5-2 mg/l
النتريت	0.1mg/l

I.3. معالجة مياه الصرف الصحي:

I.3.1. تعريف معالجة مياه الصرف الصحي :

هي العمليات الطبيعية والكيميائية والبيولوجية التي يتم فيها إزالة المواد الصلبة والعضوية وغير العضوية العالقة والمنحلة في الماء بالإضافة إلى عدد معين من الفيروسات والميكروبات والنفايات المختلفة للحصول على مياه نقية وفقا لمعايير التصريف.[37]

I.3.2. الهدف من معالجة مياه الصرف الصحي :

تعتبر عملية التخلص من مياه الصرف الصحي بطرق صحية من العمليات اللازمة لتوفير بيئة صحية للمجتمعات وفق شروط عالمية و أحدث الطرق الهندسية والعلمية للمحافظة على البيئة المحيطة خالية من ملوثات الصرف الصحي، والهدف من هذه المعالجة هو إعداد المياه لتكون صالحة لصرف على المصارف الزراعية و استخدامها في الري، وتجري المعالجة لتخلص من نسبة كبيرة من الملوثات سواء كانت مواد صلبة عالقة عضوية أو غير عضوية أو الغروية والعكارة والرائحة وتحسين اللون، وزيادة نسبة الأكسجين المذاب والقضاء على الكائنات الحية الدقيقة المسببة لأمراض وبائية.[38]

I.3.3. مراحل معالجة مياه الصرف الصحي :

الجدول(3): مراحل معالجة مياه الصرف الصحي

مستوى المعالجة (مرحلة المعالجة)	الهدف من المعالجة
ابتدائية (تمهيدية)	• إزالة بعض المكونات من مياه الصرف الصحي مثل قطع القماش والمواد القابلة للطفو والرمال والشحوم والدهون وبعض المواد العضوية الثقيلة والتي ممكن أن تسبب عطل في المحطة.**[39][40]**
أولية (أساسية أو بيولوجية)	• إزالة الجزء الأكبر من المواد الصلبة المعلقة والحمل العضوي (DBO_5)الموجودة في مياه الصرف الصحي. **[39]**
ثانوية (متممة)	• إزالة المواد العضوية القابلة لتحلل البيولوجي (بشكليها المنحل والمعلق) و بإزالة المواد الصلبة المعلقة أما بالنسبة للفسفور والنيتروجين والمعادن الثقيلة و المواد القابلة لتحلل والبكتيريا والفيروسات فنسبة الإزالة تبقى محدودة.**[41]**
ثالثية (متقدمة)	• هي معالجة مشتركة فيزيائية وكيميائية و بيولوجية يتم فيها إزالة و التخلص من أي عناصر ملوثة قد تكون باقية بعد المرحلة السابقة ثم معالجتها بالكلور وهذا من اجل ضمان القضاء على الميكروبات قد تكون باقية ويكون لدينا ناتجة نضيف غير ملوث يمكن استعماله في مسطحات مختلفة او في الزراعة.

I.4.3. طرق معالجة مياه الصرف الصحي:

تتنوع طرق معالجة مياه الصرف الصحي (المياه الملوثة) بين فيزيائية وكيميائية وبيولوجية كما تمر المياه المستعملة أثناء معالجتها بثلاث مراحل وهي:

المرحلة الأولى تسمى ما قبل المعالجة تستعمل فيها طرق فيزيائية (كل أنواع المعالجة الذي تعرفنا عليها تشترك فيها), ثم المرحلة الثانية تعتمد على استخدام طرق بيولوجية تليها المرحلة الثالثة تستخدم فيها طرق كيميائية .

I.1.4.3. المعالجة الفيزيائية:

هي أول مراحل المعالجة وتهدف إلى تحسين مواصفات مياه الصرف الداخلة للمحطة وذلك بتقليل المواد الملوثة بها مما يساعد على رفع كفاءة المعالجة لمياه الصرف الصحي.[42]

المرحلة الأولى (الغربلة):

يتم فيها إزالة الأجسام كبيرة الحجم وكذلك الألياف الغير قابلة للانحلال بنسبة 20% إلى 30% حيث تدخل المياه في قناة تحتوي على حاجز مشبك بقضبان معدنية والذي يعمل على حجز الأجسام الصلبة كبيرة الحجم

مثل (العلب البلاستيكية و الأوراق..) تستعمل هذه العملية في بداية المعالجة من اجل الحفاظ على أجهزة المحطة المستعملة في المراحل المقبلة وتعمل على تجانس المياه.[43]

نزع المواد كبيرة الحجم Le dégrillage:

تبدأ عملية المعالجة بفصل المواد الطافية والصلبة العالقة أثناء دخول المياه العادمة إلى المحطة ويتم الفصل بوسائل ميكانيكية مناسبة حيث تمر المياه الملوثة عبر مصافي معدنية ذات فتحات مناسبة من اجل عزل مواد صلبة كبيرة, وهي معالجة ضرورية من اجل حماية المنشآت الميكانيكية .[41]

نزع الرمل Le dessablage :

ينزع الحصى والرمل وباقي الجزيئات الداخلة مع المياه العادمة وتستعمل بكثرة أحواض الترسيب المهواة من الأسفل بحركة هرمية مع تحريك دائري وبهذه الطريقة ينزع الرمل ويفرغ.[25]

الترسيب La décantation :

الغرض من عملية الترسيب هو ترسيب اكبر نسبة ممكنة من المواد المعلقة عن طريق الجاذبية وتمر المياه عبر أحواض ترسيب أولية يسمح هذا الترسيب بنزع 50% من محتوى الصلب لمياه الصرف ، ومن 40%-60% من الجزيئات الثقيلة الصلبة. [25]

أحواض التعديل:

الغاية منها تخفيف حدة التغيرات في كمية الجريان أو شدة مياه المجاري الواصلة لمحطة المعالجة وذلك لحصول على معدل شبه ثابت للجريان وتركيز شبه ثابت للملوثات الموجودة في مياه المجاري الداخلة للمعالجة وهي تستعمل عندما تدعو الحاجة لذلك.[44][45]

المرحلة الثانية:

يتم فيها فصل المكونات الصلبة الدقيقة عن طريق الترسيب فتمر المياه بثلاثة أحواض وهي:

حوض إزالة الرمل:

هي أحواض ذات شكل مستطيل أو دائري مدة المكوث فيها لا تتعدى دقيقة واحدة وبسرعة 0,3m/s التي تسمح بترسيب المواد غير العضوية التي يبلغ قطرها 0,2mm . [46]

حوض الترسيب الأولي:

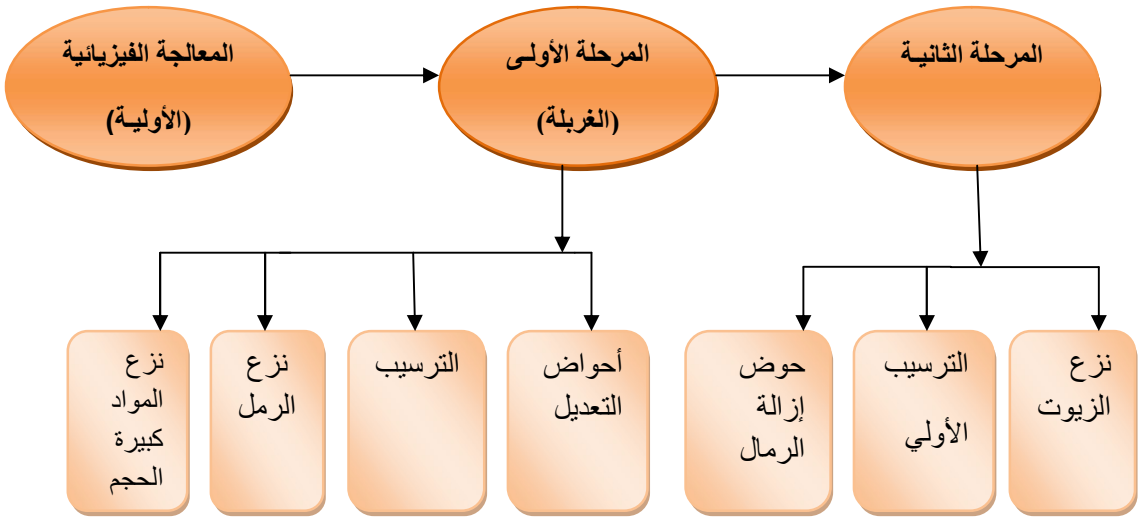
يتم فيها إزالة المواد الصلبة بطيئة التركيد إذ يبلغ زمن المكوث هذا أكثر من ساعتين حيث تطفو القطرات الزيتية الأخف من الماء على السطح في نفس الوقت الذي تترسب فيه المواد الصلبة الأثقل من الماء في قاع الحوض.[25]

حوض نزع الزيوت Le Déshuilage :

هناك نوعان من أحواض إزالة الزيوت نوع ساكن, ونوع مهوى والنوع الثاني هو الأكثر تواجد والأكثر فعالية حيث تسمح لنا هذه الأحواض بالتخلص من الزيوت والشحوم الطافية على سطح الماء، تجرى عملية الإزالة لزيوت الطافية والفحوم الهيدروجينية باستعمال طرق مختلفة ولكن الأكثر شيوعا الجهاز المعتمد على الإزالة الميكانيكية للزيوت وذلك باستعمال شفرات بلاستيكية تتحرك على سطح الحوض باتجاه معاكس لجريان الماء. [47]

ويتم تلخيص المعالجة الفيزيائية الأولية في المخطط التالي :

المخطط (2): مراحل المعالجة الفيزيائية



2.4.3.I. المعالجة البيولوجية Traitement biologique :

يتم فيها القضاء على المادة العضوية القابلة لتحلل من طرف الكائنات الحية الدقيقة وهذا في وجود الهواء حيث تقوم هذه الأخيرة بامتصاص المواد العضوية الملوثة (التحلل البيولوجي الهوائي يعتمد فيه على النشاط الهوائي للبكتيريا).[25][48]

أ) طرق المعالجة المركزة (Techniques intensives)

هي أكثر التقنيات البيولوجية تطورا على مستوى محطات معالجة مياه الصرف الحضارية، تعتمد هذه الطرق على توفير مساحات صغيرة، تكثيف ظاهرة التحويل أو إتلاف المواد العضوية التي يمكن ملاحظتها في الوسط الطبيعي.

الأسرة البكتيرية وأسرة الترشيح:

كانت هذه العملية البيولوجية الهوائية المستخدمة لإزالة المواد العضوية من المياه الملوثة تحظى بشعبية كبيرة في الستينات وأوائل السبعينات وقد أدى وصول سلاسل الحمأة المنشطة إلى بطئ في تطورها إلى حد كبير، المرشح البيولوجي هو عبارة عن منشاة هندسية في الغالب اسطوانية الشكل ممتلئة بمادة خاملة (بلاستيكية أو حجرية) تنمو عليها البكتيريا حيث تعمل على هدم المادة العضوية التي ترش على سطحها و تمر عبر الفراغات بين المادة لملأها يتم تهوية السرير البكتيري المتشكل طبيعيا أو بواسطة مراوح وذلك لضمان تطور التجمعات البكتيرية الهوائية وبالتالي تقليل سرعة الترشيح وهو ما يجعل الأكسدة فعالة عندما تكون المجمعات البكتيرية كبيرة جدا تنفصل طبيعيا ويتم التخلص منها بالتركيد في الماء.[49]

الأقراص البيولوجية:

دعامة الكائنات الحية المجهرية المنقية هي أقراص عائمة جزئيا في المياه المستعملة المراد معالجتها هذه الأقراص متصلة فيما بينها بواسطة محور دوار يسمح بمزج الخليط و تهويته، تنمو الكائنات المجهرية المنقية وتشكل مجمعات حيوية منقية على سطح الأقراص يجب تركيد الملوثات السائلة لمنع انسداد معدن الدعامة الحمأة المنفصلة عن الدعامة يتم التخلص منها بواسطة التوضيح .[50]

المعالجة بالحمأة المنشطة:

هي من انجح المعالجات البيولوجية الهوائية (منظمة الصحة العالمية) هي العملية الأكثر انتشارا حاليا لتنقية مياه الصرف الصحي في المجتمعات الصغيرة والكبيرة والمتوسطة وهي نظام مستمر توجد فيه الكائنات الحية الدقيقة ملامسة لمياه الصرف الذي تحتوي على مواد قابلة لتحلل لفترة زمنية كافية يتم الاحتفاظ بهذه المجموعات البيولوجية في حالة اهتياج داخل الماء من أجل التأكد من ملامسة الجزء الكامل لنفايات السائلة، [51] وتعتمد على مبدأ أن النفايات السائلة المعالجة مسبقا تبقى في حوض مهوى صناعيا يسمى أيضا حوض التهوية الذي يحتوي على كتلة حيوية معينة، تمتص البكتيريا المادة العضوية وتشكل كتل تسمى "الحمأة المنشطة" يتم صبها في خزان الترسيب الثانوي أو مصفاة يتم إعادة جزء من الحمأة إلى أعلي في أحواض التهوية لتقوية العمليات البكتريولوجية يتم جمع الحمأة الزائدة ثم معالجتها (حرقها) أو إعادة تدويرها في الزراعة.[52]

ب) طرق المعالجة الموسعة:

البحيرات الطبيعية

هي طريقة من طرق معالجة المياه الملوثة حيث تعتمد على التنقية الذاتية التي تحدث تلقائيا والتدفق والسيلان البطيء للماء في الأحواض حيث تحلل المادة العضوية وتتحول إلى عناصر معدنية بواسطة عمل الكائنات الحية الدقيقة إن مردود التنقية في هذه العمليات يقدر بنسبة 90% إلا أنها حساسة جدا لدرجة الحرارة و لا تنطبق كثيرا على المناطق الباردة، كما أنها طريقة مصاحبة للبيئة واقتصادية لعدم احتياجها لطاقة الكهربائية والميكانيكية وتعتمد على عاملين طبيعيين وهما ضوء الشمس و الجاذبية، تعمل الجاذبية على ترسب المواد

الملوثة أما الطاقة الشمسية فتعمل على تنشيط عملية التركيب الضوئي, كما تقوم بقتل الكائنات المسببة للأمراض. [53]

البحيرات المهواة:

من بين الطرق المستعملة في معالجة مياه الصرف الصحي هي طريقة البحيرات المهواة والتي تعتمد كمبدأ أساسي على التدفق والسيلان البطيء للماء وهي عبارة عن أحواض ذات مساحات كبيرة وغالبا ما يستخدم هذا النوع من المحطات كثيرا في الصحراء، تتم المعالجة بطريقة طبيعية تعتمد على نشاط مشترك ومتكامل تقوم به الطحالب و البكتيريا و ذلك بوجود الشمس وبعض العناصر الموجودة في المياه الملوثة يتم فيها التخلص من الشحنة القابلة لتحلل من النفايات السائلة عن طريق البكتيريا وذلك بفضل الأكسجين المذاب في الماء عن طريق التهوية [54]، تتراوح مدة بقاء الماء داخل الأحواض من 2 إلى 6 أيام و أكثر حسب خواص المخلفات السائلة يلعب الأكسجين في هذه المعالجة عاملا مهما حيث يعمل على الأكسدة البيولوجية وهذا عند توفره بشكل كافي كما يوفر الظروف المناسبة للكائنات الحية الدقيقة والطحالب، يمر الماء من بحيرة إلى أخرى ببطء ونفس العملية تحدث من الأحواض الأولى إلى أخر حوض معالج.[55][56]

المعالجة بالنباتات:

نظرا لارتباط موضوع المذكرة بهذا النوع من المعالجة سنتطرق إليه بالتفصيل في الفصل الموالي .

I.3.4.3. المعالجة الثالثية:

إن أدق عمليات التنقية تسمح بمرور المواد العضوية صعبة التحلل حيث تفلت في أحسن عمليات التركيد حتى بعد المعالجة الثانوية غالبا ما تحمل المياه الكائنات الحية الدقيقة و الملوثات الدقيقة، قبل استعمال هذه المياه يجب استخدام طرق للقضاء على الملوثات المتبقية وهنالك طرق لتحسين هذه المياه لإعطاء مياه جيدة الطريقة الأساسية المستخدمة هي التطهير بالكلور، التي يجب تطبيقها بجرعات مركزة جدا وأوقات اتصال طويلة ولكن ينبغي الإشارة أنه بعد هذه العملية تتشكل سموم تضر بالحياة المائية ولذا يجب إجراء عملية نزع الكلور قبل التخلص منها و بعد هذه العملية تصبح لدينا ناتج نضيف غير ملوث ذو محتوى DBO5 منخفض يمكن ضخه في المسطحات المائية أو استعماله في المجال الزراعي. [57][47]

إلى جانب التطهير بالكلور هناك طرق أخرى متواجدة لكن بقيت غير مطبقة عمليا في مجال معالجة المياه المستعملة ويرجع ذلك لتكلفتها المرتفعة جدا رغم أن تطبيقها يعطي مياه ذات جودة عالية مثل التبادل الأيوني و الإمتزاز على الكربون النشط. [57]

الفصل الثـــــاني

معالـجة ميـاه الصـرف الصحـــي

بـاســـــتعمــال النـبــاتـات المــائـيـة

مقدمة:

التصفية الاصطناعية للمياه المستعملة تستوجب محطات لذلك ومتطلبات مادية وبشرية ولهده ظهرت تقنيات بديلة سهلة وفعالة وهي التنقية الطبيعية باستخدام النبات حيث تلعب النباتات دورا مهما في إدارة الأراضي الرطبة وفي حماية المياه من التلوث وقد تم إلقاء الضوء على هذا الدور من قبل الكثير من الباحثين مؤكدين على الدور الحاسم لها في إنعاش المياه وإدامتها واستخدام النباتات لحل مشكلة التلوث أو الحد منها والتي تكون ضارة لنظم البيئية الأخرى مثل استخدام الأراضي الرطبة لمعالجة مياه الصرف الصحي حيث استعملنا نباتات مائية لها القدرة على التأقلم مع مناخ المنطقة كما لاحظنا إن هذه التنقية طبيعية واقتصادية [58][59][60]

II.1. نبذة تاريخية عن المعالجة بواسطة النباتات:

ظهرت هذه التقنية في غرب أوروبا مستندة على أبحاث سيدال الذي بدأها سنة 1960 كما يعود الفضل لكايكيت في أواخر السبعينات وبداية الثمانينات، [61] وتم تطوير طريقة معالجة المياه المستعملة بواسطة المرشحات المزروعة مبدئيا في وحدة اختبار Biosfera في عام 1987م بواسطة الدكتور مارك نيلسون, ليتم تشغيله في أول مختبر بيئي عالمي مقره في أريزونا من 1991م إلى 1994م و تم اختبارها لأول مرة في الجزائر في منطقتين تماسين ونقوسه بواسطة نظام حديقة معالجة مياه الصرف الصحي (WWG) وذلك وفقا لمقال صحفي نشر في 30 أبريل 2013 بعنوان "الجزائر - سيتم قريبا تخصيص ميزانية إنشاء حدائق ترشيح لتنقية المياه العادمة "، أقنع نجاح هذه التجربة الرائدة وزير الموارد المائية بتعميم استعمال هذه التقنية البيئية المتطورة والغير مكلفة في مناطق الواحات الأخرى، حيث تم الإعلان عن بناء 100 حديقة تصفية والتي سيتم إدراجها في الميزانية في قانون التمويل التكميلي لعام 2013، و في اجتماع تنفيذ برنامج تطوير ولايات الصحراء . ولكن في عام 2014 لم تشكل سوى 3% من إجمالي محطات المعالجة بالنباتات التي تضم فقط محطتي تماسين ونقوسه والتي تسمى المحطات التجريبية .[62]

II.1.1. تعريف المعالجة بواسطة النباتات:

هو نظام تصفية يستخدم فيها قدرة التصفية عند النبات وهذه الأخيرة هي نباتات كبيرة ودقيقة ويمكن اعتبارها كنظام ري يعالج بدوره المياه المستعملة مستخدما نباتات ذات أوراق كبيرة وصغيرة تعمل كأنها محلول بيولوجي بحيث تقضي على المكونات القابلة وغير القابلة لتحلل وكذلك العناصر المغذية والمعادن والكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض [63] هي شكل من أشكال المعالجة الحيوية تعني استخدام نباتات لها القدرة على تقليل من مستوى التلوث عن طريق آليات أيضية معينة وغيرها يقوم بها النبات و تؤدي إلى إزالة أو حجز أو تحليل الملوثات.[64]

II.2.1. محطات المعالجة بالنباتات:

الأراضي الرطبة المصطنعة هي محطات لمعالجة النباتات والتي تمر فيها المياه الملوثة المعالجة أوليا عبر أحواض مزروعة بالنباتات تكون هذه الأحواض مملوءة بوسط حصوي أو رملي أو مزيج منهما وتعرف محطات المعالجة على أنها مناطق مشبعة بالمياه يتم تصميمها هندسيا بحيث تكون قادرة على إزالة الملوثات من المياه الخام وتحسن من مواصفات المياه المعالجة قبل تصريفها وإعادة استخدامها. [64]

تسمى هذه الأراضي بالأراضي المصطنعة لأنها لا تعد أرض طبيعية المنشأ بل هناك اختيار هندسي لوسط الزراعة الحصوي و اختيار لأنواع النباتات المستخدمة ونوع تدفق المياه ضمن هذه الأراضي وزمن مكوث المياه ضمنها لمعالجتها.

II.3.1. مراحل المعالجة بالنباتات:

المعالجة الأولية:

تجمع المياه ثم تمر عبر ثلاث حجيرات لترسيب المواد العالقة و الشوائب في القاع و تبقى المياه عدة أيام ثم تمر بمصفاة محاطة بشبكة من البلاستيك و مملوءة بالليف إلى أحواض المعالجة الثانوية .

المعالجة الثانوية:

تدخل المياه للأحواض المزروعة بالنباتات و تحتوي على مواد التعبئة حيث يتم على مستوى هذه المرحلة المعالجة البيولوجية من خلال التقليل من مستويات التلوث عن طريق آليات أيضية يقوم بها النبات تؤدي إلى إزالة أو حجز أو تحليل الملوثات المختلفة وتبقى المياه في الأحواض لعدة أيام وهذا حسب نوع الحوض المستخدم أثناء المعالجة .

المعالجة النهائية:

خروج المياه بعد معالجتها واستعمالها في سقي المساحات الخضراء أو طرحها في المسطحات المائية. [7]

II.2. النباتات المائية المستخدمة ضمن محطات المعالجة بالنباتات:

توجد أنواع مختلفة من النباتات المستخدمة في المعالجة وعادة يتم استخدام نباتات متوفرة في المنطقة نظرا لتكيفها مع الظروف البيئية .

II.2.1. النباتات المائية الغاطسة Macrophytes Submerges:

هي التي تنمو كليا تحت سطح الماء أو تظهر إزهارها أحيانا خارج سطح الماء و تنتمي إلى مجموعة النباتات متغايرة الأطوار وجودها ضمن المياه بشكل دائم وضعف الضوء ضمن المياه

أدى إلى حدوث تغيرات في بنيتها بحيث أصبحت تتكيف مع النمو و التكاثر ضمن المياه وهي مغمورة [64][65]

II.2.2. النباتات المائية البارزة Macrophytes Emerges:

و هي التي تكون جميع أعضائها الخضرية بارزة أو منبثقة خارج سطح الماء ومثال على ذلك نبتتي القصب(Phragmites) و(Typha). [64][66]

II.3.2. النباتات المائية الطافية Macrophytes Flotents:

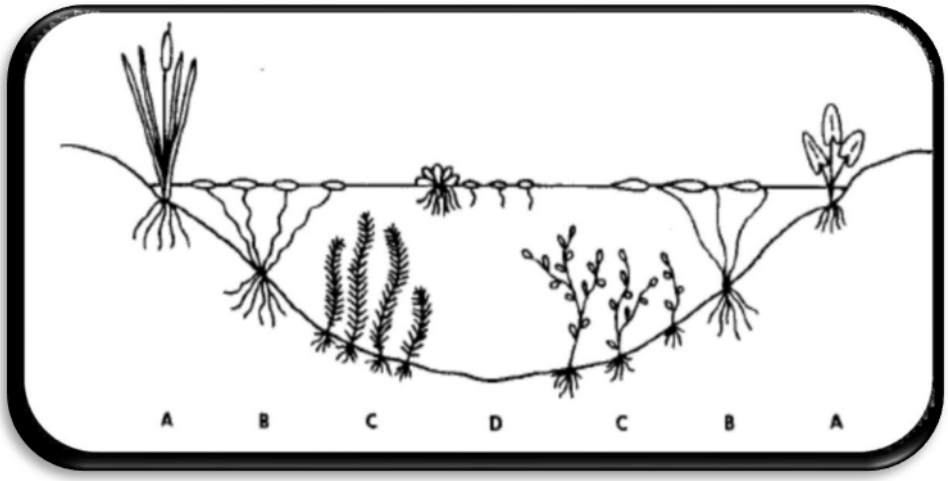
و هي التي تكون جميع أجزائها الخضرية طافية وهي نوعان:[67]

❖ **النباتات الطافية الحرة :**

ينمو هذا النوع من النباتات على السطح وله أنواع كثيرة حسب الظروف البيئية المناسبة وغالبا ما تكون النبتة على سطح الماء وجذورها تمتد ضمن الماء وهذه الجذور إما أن تكون قصيرة أو طويلة نوعا ما.[66][67]

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

هذه النباتات الطافية قادرة على بلوغ القاع عبر سيقانها الطويلة حيث تنمو جذورها ضمن قاع الحوض.



الشكل (1):مختلف النباتات المستعملة في محطات المعالجة وفقا لمكان نموها **[68]**

- **(C)** نباتات مائية غاطسة Macrophytes Submerges**.**
- **(A)** نباتات مائية بارزة Macrophytes Emerges**.**
- **(B) (D)** نباتات مائية طافية Macrophytes Flotentes وهي نوعان:

  (D) نباتات مائية طافية حرة.

  (B) نباتات مائية طافية ذات جذور ممتدة داخل التربة.

III .3. أحواض النباتات المستعملة في تنقية مياه الصرف الصحي :

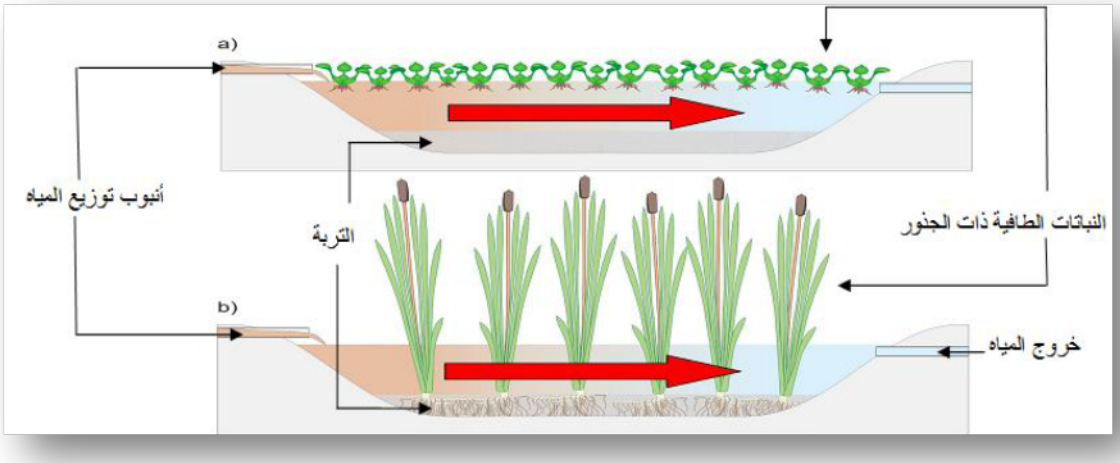
هناك أربعة أنظمة تستعمل في معالجة مياه الصرف الصحي:

- الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر.
- الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان تحت السطحي الأفقي.
- الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان الشاقولي .

- الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان المهجن (شاقولي+أفقي).

II.3.1. أحواض النباتات ذات الجريان السطحي الحر:

هي أحواض قريبة جدا من أحواض المعالجة الطبيعية (المستنقعات) ويستعمل هذا النوع من الأحواض كمرحلة ثالثية من المعالجة, لديها كفاءة عالية في إزالة العوامل الممرضة بسبب تعرض المياه لأشعة الشمس على مستوى هذا النظام تتم عمليات الأكسدة و التخلص من نسبة كبيرة من المعادن الثقيلة مما يجعل نوعية المياه الخارجة منها حسنة , وتستخدم كمرحلة أخيرة من المعالجة ومن أهم مميزاته أن تمكث المياه فيه لمدة 5 أيام لإزالة DBO_5 و 10 أيام لإزالة النيتروجين. [64]



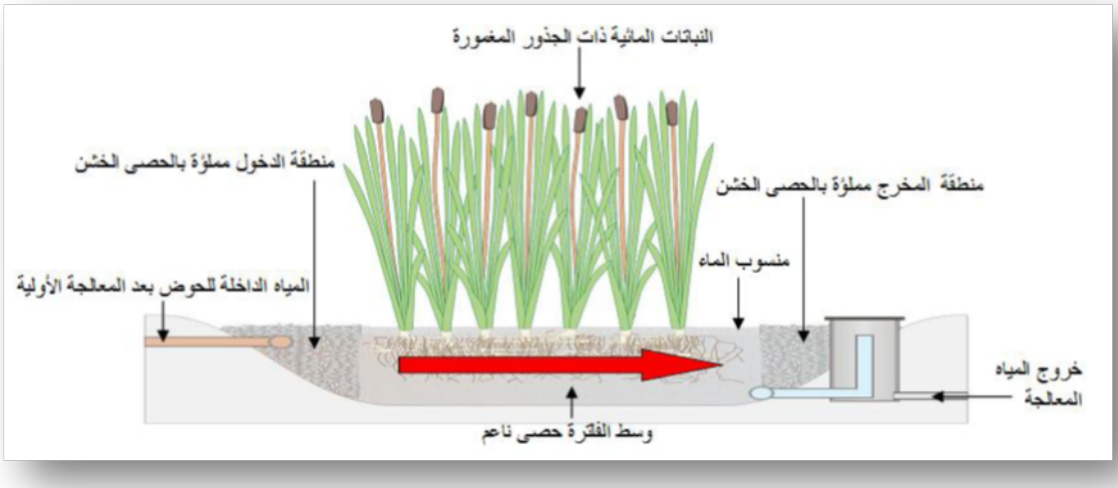
الشكل (2): حوض معالجة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر

II.3.2. أحواض النباتات ذات الجريان تحت السطحي الأفقي :

إن الإصدار الأول لهذه المرشحات الأفقية المستخدمة في العلاج الكامل ظهر في ألمانيا عام 1964 بواسطة "Kekuhi" وكان أول البدء العمل بها 1974[69] وهي احواض تحتوي على مواد تعبئة (رمل,حصى,تربة) مملوءة بطريقة متجانسة تغرس فيها نباتات لها القدرة على معالجة المياه الملوثة، تدخل مياه الصرف الصحي الحوض وتشغل مساحة الحوض كاملة وذلك عبر نظام موجود أمام مدخل الحوض تجري المياه بطريقة أفقية مع استمرار تغذية الأحواض بالماء وتشبع مواد التعبئة بالماء بشكل دائم.[70]

كما يجب أن تحتوي مواد التعبئة على ناقليه هيدروليكية كافية حتى لا يتم الانسداد بالمواد الصلبة المعلقة الموجودة في مياه الصرف الصحي وكذلك يجب أن لا يدور الماء فوق السطح حتى لا يحدث قصر فالدائرة الكهربائية للكتلة الحيوية النشطة الموجودة في المرشح والمسؤولة عن العلاج[71] تستعمل هذه التقنية الثانوية في المجمعات قليلة السكان وبعد عملية الترسيب تستعمل كذلك في المرحلة الثالثة بعد التصفية البيولوجية أو بعد احواض الجريان الشاقولي ويعمل هذا النظام على ترشيح المواد المذابة والمواد العضوية الصغيرة ويلعب الأكسجين دورا فعالا في الترشيح الأفقي وأيضا نقص الأكسجين يؤدي إلى عدم الأكسدة لعدة

مواد وله فعالية في إزالة المواد الصلبة العالقة والمواد العضوية DBO_5 ومسببات الأمراض ويمنع هذا التدفق تحت سطحي أفقي انتشار الروائح و الحشرات.

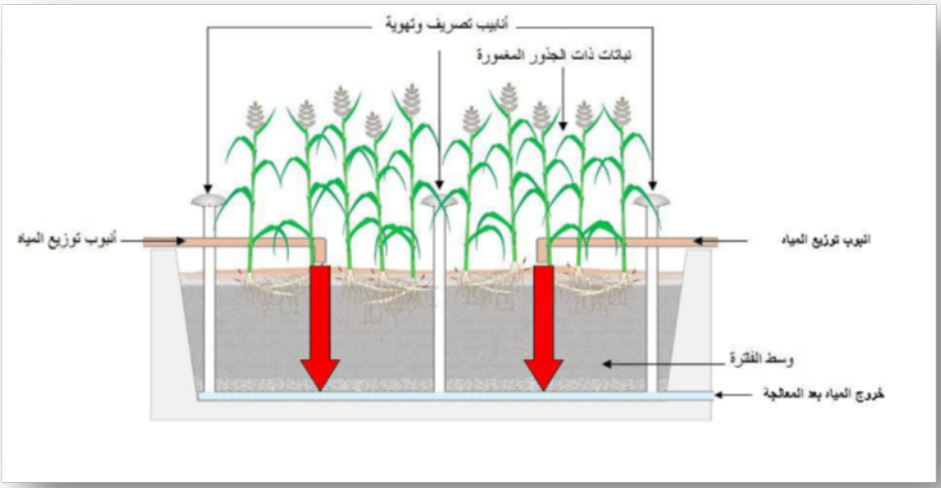


الشكل (3): حوض المعالجة بالنباتات ذات الجريان تحت السطحي الأفقي

II.3.3. أحواض النباتات ذات الجريان الشاقولي :

تم تطوير هذه التقنية من طرف سيدال في ألمانيا في السبعينات [72] وهي احواض مملوءة بالحصى بشكل متجانس بها طبقة علوية من الرمل تغرس بها نباتات مائية، أجري الباحثين من منظمة "سي مقراف" (Cemagraef) بفرنسا دراسات حيث استعملو هذه الأحواض بالتوازي بطريقة الرمل و النباتات و كذلك طريقة الغرس بشكل تجمعات نباتية [73-76] يتم تزويد الأحواض بالمياه عن طريق مضخة وأنابيب من حوض المياه الخام بعد نزع المواد العالقة الثقيلة وهذه الطريقة مكلفة للوقت حيث استعمل الدكتور "سيدال" حوض تصفية شاقولي وأربعة احواض أفقية بينما الباحثين من منظمة "سي مقراف" إستعملو نفس الطريقة مع زيادة حوض شاقولي . النباتات تمتص الأكسجين من الهواء على أسفل الحوض و يوزع عن طريق الجذور تنهمر المياه العادمة عموديا في الوسط مع التدفق الغير مستمر مواد التعبئة هنا تختلف عن المرشحات الأفقية يجب استخدام حبيبيات رمل اصغر مما يسمح بالتسرب البطيء للماء وبالتالي توزيعه قدر الإمكان على كامل السطح [77], إن توفر الأكسجين اللازم لعملية النترجة يؤدي إلى نترجة جيدة بشكل متكامل ضمن الأحواض ويتم تحويل جزء بسيط من النترات إلى غاز النيتروجين .

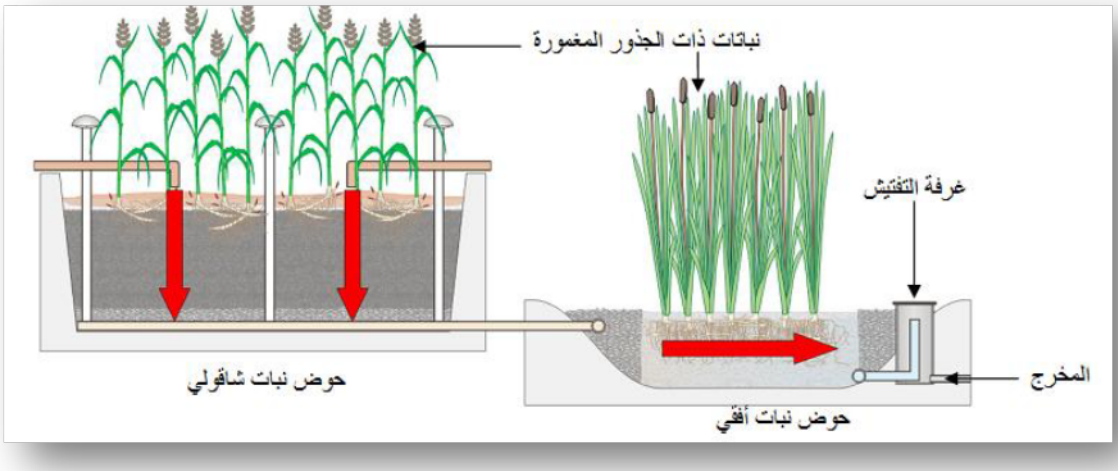
يكمن الفرق بين التدفق الأفقي والتدفق الشاقولي بان هذا الأخير تكون له تهوية جيدة و بهذا تكون عملية أكسدة النتريت أفضل ونقص البكتيريا اللاهوائية تؤدي إلى نقص الرائحة و يحتاج هذا النظام إلى راحة من اجل تحطيم المواد العضوية المثبطة الموجودة في الوسط وتستخدم لمعالجة المياه المركزة لان المواد الموجودة فيها تتراكم على السطح وبالتالي لا يحدث الانسداد داخل المرشح.



الشكل(4): حوض معالجة النباتات ذات الجريان الشاقولي

II.4.3. حوض النباتات ذات الجريان المهجن (شاقولي+أفقي):

توصل أهل الاختصاص في معالجة مياه الصرف الصحي انه يمكن إدماج كل من الأحواض الأفقية و الشاقولية في حوض واحد وذلك للقضاء على مساوئ الحلول المنفردة لكل حوض كما يمكن دمج أحواض الجريان الحر في بعض الأحيان واستخدامها ضمن منظومة معالجة واحدة يزيد من كفاءة إزالة الملوثات العضوية وإزالة فعالة للمواد الصلبة العالقة ومسببات الإمراض وكذلك إزالة جيدة للمغديات مثل تخفيض النيتروجين الكلي من خلال إنتاج النترجة و إزالة النترجة [41] و هو مزيج تسلسلي من المرشحات العمودية و المرشحات الأفقية درس في البداية من طرف دكتور سيدال و نفد بطريقة محدودة نسبيا في الولايات المتحدة الأمريكية و ألمانيا و النمسا و فرنسا [78] يتكون من مرحلتين متتاليتين من المرشحات الشاقولية تليها مرحلتين أو ثلاث مراحل من المرشحات الأفقية تتمثل ميزة هذا الارتباط في الحصول على نترجه جيدة في المرشحات الشاقولية التي تأكسد جيدا، أيضا نزع النيتروجين في المرشحات الأفقية حيث نجد شروط نقص الأوكسجين اللازم لهذا التفاعل في هذه حالة عوائد إزالة النيتروجين ليست عالية جدا لان بكتيريا نزع الهيدروجين تحتاج إلى مادة عضوية لنمو وإزالة النيتروجين بشكل صحيح ومع ذلك عند إخراج المرشحات الشاقولية فإنه يتم تحلل معظم المواد العضوية لذلك لم تعد البكتيريا متوفرة ومن ثم تمت دراسة المتغيرات مؤخرا بشكل رئيسي في الدنمارك [79] حيث نجد أن الفلاتر الأفقية في المرحلة الأولى ثم تليها الشاقولية أن المرشحات الأفقية لها دور الاحتفاظ بالمواد المعلقة و القضاء على المواد العضوية الذائبة والأكسجين الأفضل يضمن النترتة يمكن أن تسمح إعادة تدوير النفايات السائلة النيتروجينية في رأس المعالجة الحصول على نتائج جيدة من حيث نزع النيتروجين لكن هذا العمل يتطلب مضخات وأجهزة برمجة يتعارض تعقيدها مع المرشحات المزروعة بالنباتات.



الشكل (5): حوض معالجة بالنباتات بالجريان المهجن (شاقولي+أفقي)

II.4. دور مختلف مكونات نظام المعالجة بالنباتات:

II.4.1. دور مواد التعبئة:

مواد التعبئة لها دور واضح في تصفية المواد الصلبة المعلقة في مياه الصرف الصحي ومن هنا جاء اسم المصفاة أو المرشحات فعاليتها في هذا الدور تعتمد على قياس الحبيبات والتي تدخل ضمن الخصائص الهيدروديناميكية (الناقلية الهيدروليكية في وسط مشبع أو لا) يعتمد اختيار هذه المواد على الهدف المراد تحقيقه و كذلك نوعية الوسط مشبع أم لا المرتبط بنوعية ومبدأ النظام شاقولي أم أفقي وكذلك نوع وحجم مواد التعبئة يعتبر أمر مهم لنجاح عمل التنقية النباتية داخل الأحواض, ينتج التوازن البيولوجي عن مواد التعبئة و يرتبط بسرعة تدفق المياه ومدة مكوثها في الأحواض . عملية مواد التعبئة في الأحواض السطحية فيزيائية بحتة وسهلة ولكن معقدة من الناحية البيولوجية حيث استنتج انه يمكن حدوث إفرازات بكتيرية حسب ميتابوليزم البكتيري ونوعية البكتيريا هوائية و لا هوائية حسب الشروط المتوفرة في الوسط, لمواد التعبئة القدرة على امتصاص الفسفور و المعادن الثقيلة وهذا مرتبط بكمية الحديد و الألمنيوم و الكالسيوم الموجود فيها وزمن مكوث المياه في الحوض هذه القدرة تتغير على حسب مواد التعبئة.

II.4.2. دور النباتات:

ما وراء الجانب الجمالي ودورها الميكانيكي الأساسي تساهم النباتات بشكل مباشر وغير مباشر في عملية التنقية.

❖ **الدور المباشر:**

تمتص النباتات المواد المعدنية مثل الأزوت والفسفور من اجل التمثيل الغذائي الخاص أو لتخزينها بكميات قليلة بالنسبة للعلاج التام يمكن أن تكون مهمة في حالة التدفق البطيء للمياه الملوثة، عندما يموت النبات يتم إطلاق كل ما تم إستعابه مرة أخرى في النظام عن طريق التحلل ولهذا يجب إزالة الإعشاب الضارة من

المرشحات على مستوى الجذور تفرز بعض النباتات مضادات حيوية تساهم في القضاء على الكائنات الحية الدقيقة الممرضة [80]. يرتبط نزع الأوزوت بكمية الكتلة الحيوية المتشكلة أي كلما كانت الكتلة المتشكلة اكبر كانت عملية الامتصاص للأوزوت أكثر، لا يتدخل نوع النبات في عملية التنقية لأنها عملية فيزيوكيميائية بكتيرية.

يمكن لنبات العيش في أحواض التنقية في الهواء المطلق التي تستعمل في المناطق قليلة الكثافة السكانية ذات تربة رطبة وشبه رطبة التي تساعد على نموها ولها دور في التخلص من الروائح الكريهة في المرشحات الشاقولية و كلما كانت مدة المكوث في الأحواض صغيرة تنعدم الروائح.[25]

❖ **الدور غير مباشر:**

في المرشحات العمودية تمنع احتباس المواد العضوية على السطح العلوي كما تساعد التذبذبات التي تولدها الرياح إلى دخول الماء ضمن الأحواض وذلك عبر الفراغات التي تصنعها سيقان النباتات, تعمل النباتات على تطوير الكائنات الحية الدقيقة المحللة للخلايا بفضل الظل الذي توفره وقياس الرطوبة التي يحتفظون بها وبالتالي الطبقة السطحية تتشبع بسرعة بالمواد المعدنية، تأمن الأوراق والسيقان لنباتات المغمورة بالماء سطوح لنمو الكتلة البيولوجية عليها كما أن أنسجة هذه النباتات تستعمر من قبل البكتيريا والطحالب حيث تقوم الطحال باستهلاك المغذيات وتزويد المياه بالأكسجين المنحل نتيجة التركيب الضوئي وتعمل البكتيريا على هضم المواد العضوية كما لاحظ الباحثون أن كمية البكتيريا في الأماكن المغروسة أكثر من الأماكن غير مغروسة . قدم العالم (HOFMANN) في بعض بحوثه إثبات أن هذه العملية بإمكانها القضاء على الأجسام المجهرية (E .Coli) أوراق وسيقان النباتات تساعد على تزويد بكتيريا بالا كسجين إلى الداخل عن طريق الجذور والجذمور في فصل الشتاء تخمل النباتات لذلك تكون كمية الأكسجين قليلة لذلك فالأكسجين يتحرر عبر الجذور الرقيقة ولكن يحدث هذا في المرشحات الأفقية بطريقة أفضل، إن وجود النباتات في أحواض المعالجة يؤدي إلى تخفيض سرعة التيار المائي وهذا يساعد على تأمين ظروف مناسبة لعملية ترسيب المواد الصلبة المعلقة.[25]

والجدول التالي يلخص دور النباتات ضمن محطات المعالجة بالنباتات.

الجدول(4): دور النباتات ضمن محطات المعالجة بالنباتات

أجزاء النبات	الأهمية في المعالجة
أنسجة النبات المحاطة بالهواء الجوي	• تحد من نفاد الضوء إلى الماء مما يقلل نمو العوالق النباتية. • تخفيض سرعة التيار المائي وهذا يساعد على تامين الظروف المناسبة لعملية ترسيب المواد الصلبة العالقة. • العزل الحراري للحوض وخصوصا في فصل الشتاء عندما يكون الطقس باردا. • تخزين المغذيات ضمنها. • سرعة الرياح منخفضة (تخفض من خطر قلع النباتات من قوة الرياح).
أنسجة النبات المغمور بالماء	• تؤمن مساحة سطحية لنمو الطبقة البيولوجية. • تطرح الأكسجين المنحل للوسط المائي مما يزيد التحلل الهوائي للملوثات. • تمنع الإنسدادات في الأحواض ذات الجريان الشاقولي حيث تتم تغذية الحوض من السطح العلوي. • تستهلك المغذيات.
الجذور وأشباه الجذور ضمن وسط الفلترة	• تؤمن نباتية سطح الفلترة (التربة). • تمنع الوسط من الانسداد في الأحواض ذات الجريان الشاقولي. • تحرير الأكسجين مما يساعد على عملية النترجة. • تحرير مضادات حيوية.

II.3.4. دور الكائنات الحية الدقيقة:

يعيش عدد كبير من الكائنات الحية الدقيقة في المستنقعات وقد تكون بكتيريا, طحالب, فطريات, عوالق حيوانية [70][81] ومع ذلك فان معظم الدراسات تمت على البكتيريا بشكل أساسي لأنها هي التي تشارك في عملية التنقية كما هو الحال في كل عملية معالجة بيولوجية تعمل البكتيريا على تدهور الملوثات العضوية وإجراء عملية الأكسدة والإرجاع هذه العملية تنتج الطاقة اللازمة للتخليق العضوي كما تضمن تفاعلات النترجة ونزع النيتروجين تلعب الكائنات الحية الدقيقة دورا أساسيا حيث تحول المركبات الفسفورية والازوتية إلى مواد معدنية تمتص من طرف النبات ولها دور في إنتاج ونزع النتريت حتى تستطيع البكتيريا بالقيام بعملها تثبت هذه الأخيرة على جذور النباتات ومواد التعبئة حتى لا تجرها المياه

إن تحطيم المواد العضوية من طرف الكائنات المجهرية تنتج من كمية الكتلة الحيوية التي بدورها يجب إن تتحطم لتجنب حدوث الإنسدادات.[25]

II.5. أهم الآليات الرئيسية لإزالة الملوثات ضمن أحواض النباتات:

آليات الإزالة مرتبطة بأنظمة فيزيائية وكيميائية و فيزيوكيميائية وأيضا البيولوجية الملخصة في الجدول التالي:

الجدول رقم (5): أهم آليات الإزالة الرئيسية للملوثات ضمن أحواض النباتات

الملوثات	آلية الإزالة الرئيسية
المواد العضوية	• التحلل البيولوجي (هدم ميكروبي هوائي ولا هوائي).
المواد الصلبة العالقة	• الترسيب الفيزيائي, الفلترة الفيزيائية والتحلل البيولوجي.
النيتروجين	• النترجة وإزالة النترجة البيولوجية. • عمليات الامتصاص الفيزيائية والكيميائية ضمن وسط الفلترة و من طرف النبات.
الفوسفور	• عمليات الامتصاص الفيزيائية والكيميائية ضمن وسط الفلترة ومن طرف النبات.
المعادن	• امتصاص و تبادل 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 جذمور النبات

II.5.1. إزالة المواد العضوية :[25]

تتحطم المواد العضوية عن طريق البكتيريا الهوائية واللاهوائية

التحطم الهوائي: يحول المواد العضوية إلى كتلة حيوية بكتيرية ومواد معدنية بسيطة.

مواد عضوية + بكتيريا + O_2 ⟶ خلايا جديدة + CO_2 + H_2O

الخلايا الجديدة هي بذاتها تتعرض إلى الهدم

التحطم اللاهوائي: ينحصر بوجود الأكسجين ولذلك يستعمل في الأحواض الأفقية المشبعة بالماء, والأماكن الخالية من الأكسجين والقريبة من الأماكن الذي يتواجد بها أكسجين هذه العملية قليلة الاستعمال في الأحواض الشاقولية. تهدم الفطريات والأحياء الدقيقة الجزيئات العضوية الكبيرة إلى جزيئات صغيرة والتي بدورها تهدم من طرف البكتيريا. **[25]**

II.6. محاسن ومساوئ طريقة المعالجة بالنباتات:

لكل طريقة معالجة لمياه الصرف الصحي جانب ايجابي يساعد على عملية المعالجة وكذلك لا تخلو من الجانب السلبي الذي قد يعيق من العملية الجدول التالي يلخص بعضا منها:

الجدول(6): محاسن ومساوئ المعالجة بالنباتات

محاسن المعالجة بالنباتات	مساوئ المعالجة بالنباتات
- انخفاض تكلفة التشغيل والصيانة بسبب اعتمادها على المعالجة البيولوجية. - الإزالة الفعالة للملوثات والعوامل الممرضة والمركبات الذائبة في الماء - سهولة التشغيل وعدم الحاجة للطاقة والمواد الكيميائية و التجهيزات الميكانيكية. **[82]** - إمكانية معالجة المياه العادمة المنزلية الخام. - التكيف الجيد مع جميع التغيرات الموسمية. **[83]**	- المساحة اللازمة للمحطة تكون كبيرة مقارنة مع محطات المعالجة التقليدية. - تتطلب مواد ملئ (حصى,رمل,حجارة) بكميات كبيرة نسبيا.**[83]** - عدم معالجة الحمأة الأولية الناتجة بشكل مناسب يؤدي للانتشار الروائح. - ينحصر استخدامها في المجمعات الصغيرة **[84]**

II.7. استخدامات المياه المعالجة بالنباتات:

يتم استخدام المياه المعالجة وخاصة المياه العادمة الحضرية المعالجة بالنباتات في ري المزروعات الاستهلاكية, و النباتات غير المثمرة و يعد القطاع الزراعي الأكثر استهلاكا للمياه بنسبة تتراوح بين 75%-85%هذه المياه غنية بالفسفور والنترات مما يغنينا عن شراء الأسمدة وكذلك تكون خالية من الملوثات الكيميائية و البيولوجية، كما يمكن أن تستخدم المياه المعالجة في مجال الصناعة، ومن الأمثلة على الدول التي تستخدم المياه المعالجة بالنباتات هي الدول الأوروبية، إذ يصل استخدام المياه المعالجة في بعض الدول كسويسرا و هولندا إلى الشرب، وتعد ألمانيا وسنغافورة أكثر الدول ريادة في هذا المجال.

II.8. النبات المستعمل في التجربة :

نبات البوط عريض الأوراق (*Typha latifolia*) نبات عشبي معمر من جنس البوط (Typha) من الفصيلة البوطية (Typhaceae) أخد هذه النبات من الحوض النموذجي لمعالجة المياه المستعملة بالنباتات (WWG) بتماسين التي تقع قرب القصر العتيق بتماسين – تقرت، أنجزت هذه المحطة عام 2007 و الهدف منها معالجة المياه المستعملة. **[25]**

II.1.8. و صف و استعمالات نبات Typha Latifolia:

نبتة البوط Typha Latifolia نبتة عشبية معمرة دائمة الاخضرار تتكاثر بغزارة و بطريقة سريعة الانتشار تتميز بأنها نبتة خشنة ذات أوراق عريضة تتواجد في المناطق التي ترتفع عن سطح البحر ب 3.2 م وكذلك بين سواحل المحيط الهادي والدوائر القطبية والشام والمغرب العربي باستثناء ليبيا وموريتانيا. **[25]**

لنبتة البوط استعمالات كثيرة حيث يستعمل لمعالجة المياه المستعملة من خلال الأراضي الرطبة المصطنعة و التقليل من نسبة التلوث ومعالجة المياه الراكدة و معالجة النفايات البشرية و الزراعية و الصناعية وامتصاص الفضلات الصلبة وهي مهمة في تخفيض كميات زائدة من نسبة الزنك والنحاس والنيكل وكذلك استعملت كغذاء ودواء.**[85][86]**

II.2.8. التصنيف العلمي لنبات *Typha Latifolia*:

النطاق: حقيقيات النوى	*Eucaryote*
المملكة: النباتات	*Plantea*
الشعبة: البذريات	*Phanerogames*
التعبية: مستورات البذور	*Angiospermes*
الصف: أحادي الفلقة	*Monocatylédone*
الرتبة: القبانيات	*Typhales*
الفصيلة: البوطية	*Typhaceae*
الجنس: البوط	*Typha*
النوع: عرض الأوراق	*Latifolia*
الاسم العلمي:	*Typha latifolia*

الشكل (06) : نبات *Typha Latifolia*

الجـــزء العمـــلي

الفـــصل الثـالــث
طـــــــــــرق و أدوات

مقدمة:

في هذا الفصل سوف نتعرف على منطقة الدراسة تقرت من حيث موقعها الفلكي والجغرافي ومحطة الدراسة لنتطرق فيما بعد إلى البروتوكول التجريبي المتبع في القياس من أخذ العينات إلى إجراء التحاليل المخبرية مع ذكر طريقة العمل وأجهزة القياس.

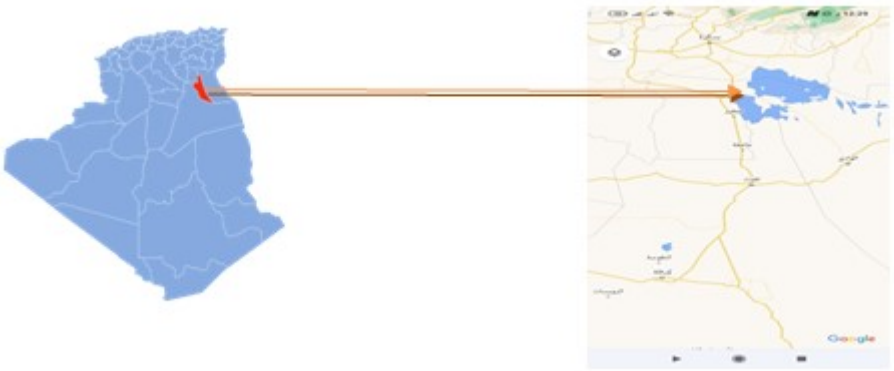
III.1. تقديم منطقة الدراسة:

III.1.1. تعريف منطقة الدراسة (تقرت):

مدينة تقرت عاصمة إقليم وادي ريغ الذي يمتد على مسافة أكثر من 160 كلم من الجنوب إلى الشمال, من قرية قوق إلى شط ملغيغ وشط مروان حيث يقع واد ريغ على الجهة الغربية للعرق الشرقي الكبير بالصحراء الشرقية للجزائر، ترتفع على مستوى سطح البحر ب 70 مترا, تتربع مدينة تقرت على مساحة إجمالية تقدر ب 481 كلم ^{2} .

III.1.2. الموقع الجغرافي :

تقع ولاية تقرت في المنطقة الشرقية للجزائر يحدها من الجنوب ولاية ورقلة على الطريق الوطني رقم 32 ب 160 كلم، ومن الشرق ولاية الوادي على الطريق الوطني رقم 16 ب 95 كلم، ومن الشمال ولاية بسكرة على الطريق الوطني رقم 03 ب 220 كلم، ومن الجنوب الغربي ولاية غرداية على الطريق القرارة وبريان 350 كلم و ولاية الجلفة على طريق مسعد ب 380 كلم، وتبعد عن الجزائر العاصمة ب 650 كلم.



الشكل (07) : خريطة توضح الموقع الجغرافي لمدينة تقرت

III.1.3. الموقع الفلكي:[25]

تقع مدينة نقرت بمنخفض وادي ريغ في نقطة تقاطع بين

دائرتي عرض 33.116 درجة شمالا.

خطي طول 6.0783 درجة شرقا.

III.4.1. نبذة تاريخية عن المحطة :

كانت بداية الدراسة في سنة 1982 م، حيث قام المكتب الوطني للبحوث الهيدروليكية مع شركة تصفية المياه البلجيكية بدراسة مشروع وبقيت الدراسة حبرا على الورق إلى أن جاء قرار 24/04/1987 بإنشاء مشروع تحت اسم وحدة المعالجة بتقرت وانطلقت الأشغال في أكتوبر 1987 م والتي دامت 24 شهرا لتنتهي الأشغال في 30/06/1989, وسلمت في 02/07/1989 لتنطلق المرحلة الجديدة وهي مرحلة التجهيز في سبتمبر 1991 م وقام بهذه المهمة مركب هيدروليكي بالجزائر ودشنت في نوفمبر 1993م ثم توقفت في ديسمبر 1995م من اجل إعادة التأهيل وتم استأنف عملها سنة 2004.

III.5.1. تقديم محطة التصفية بتقرت :

تعتبر محطة تصفية المياه المستعملة من أحد المؤسسات العمومية الوطنية التابعة لديوان الوطني لتطهير – مركز تقرت – من ابرز مهامها تصفية المياه المستعملة لمعظم مدينة تقرت بالإضافة إلى إنتاجها الأسمدة للمجال الزراعي بالمنطقة بشكل دوري، تقع هذه المحطة على خط طول 06.04° شرقا، وعلى دائرة 33.16° شمالا بحي بني أسود ببلدية تبسبست بالقرب من الطريق الوطني رقم 16 شطر وادي سوف وتتربع المحطة على مساحة 5 هكتار.

الشكل (08): محطة الديوان الوطني و التطهير ONA – تقرت.

III.2. الوضعية المناخية:

المناخ السائد بالمنطقة هو المناخ الصحراوي الذي يتميز بالجفاف ويكون حار صيفا وبارد شتاء الجداول التالية تلخص القيم المتوسطة لكل من درجة الحرارة والرطوبة والرياح والأمطار.

الجدول(7): القيم المتوسطة لدرجة الحرارة لسنة 2021 لمنطقة تقرت.

الأشهر	جانفي	فيفري	مارس	افريل	ماي	جوان	جويلية	اوت	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
درجة الحرارة (C°)	17	19	23	28	33	38	40	40	35	29	22	18

الجدول(8): القيم المتوسطة لرطوبة لسنة 2021 لمنطقة تقرت.

الأشهر	جانفي	فيفري	مارس	أفريل	ماي	جوان	جويلية	أوت	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
الرطوبة	0	0	0	0	0.3	1	2.1	3.9	3.6	1.1	0	0

الجدول(9): القيم المتوسطة لرياح لسنة 2021 لمنطقة تقرت.

الأشهر	جانفي	فيفري	مارس	أفريل	ماي	جوان	جويلية	أوت	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
الرياح (Km/h)	13.7	14.1	14.7	15.7	15.9	15.7	14.4	13.3	13.2	12.6	12.7	13.1

الجدول(10): القيم المتوسطة لتساقط الأمطار لسنة 2021 لمنطقة تقرت.

الأشهر	جانفي	فيفيري	مارس	أفريل	ماي	جوان	جويلية	اوت	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
تساقط الأمطار (mm)	9.8	5.2	6	6.2	3.7	1.5	1.3	2	4	5	6.1	4.6

III.3. العتاد التجريبي المستعمل:

يتكون العتاد التجريبي من حوض التغذية سعته 80L مملوء بمياه الصرف الصحي يغذي الأحواض بطريقة التدفق الشاقولي بمعدل التحويل الهيدروليكي $0,057m^3$ في اليوم حيث يتكون العتاد التجريبي من حوضين مملوءين بالحصى من الأسفل إلى الأعلى بعمق 20cm بطبقات أحادية مابين (4-25mm)، الحوض الأول مزروع بنبات *Typha latifolia* بسيقان حديثة العمر $36/m^2$ ساق أخذ هذا المعيار من دراسات سابقة والحوض الثاني غير مزروع (شاهد)، الأحواض الشاقولية متصلة بأحواض أخرى تغذى بطريقة التدفق الأفقي من الأحواض الأولى (شاقولية) تغذى الأحواض الشاقولية مرة واحدة في اليوم كل أسبوع بوتيرة منتظمة بعد مكوث الماء في الأحواض لمدة خمسة (5) أيام نغذي به الأحواض الثانية بطريقة التدفق الأفقي بعد مكوث الماء بها خمسة (5) أيام مرة أخرى في الأحواض الثانية نجمع المياه المعالجة في إناء من اجل التحاليل المخبرية.

الشكل (09) : العتاد التجريبي المستعمل في التجربة

III.3.1 الخصائص الفيزيوكيميائية. لمواد التعبئة المستعملة:

- الناقلية الكهربائية CE=3,88ms/cm
- الأس الهيدروجيني PH=7,14 الوسط متعادل

III.4. الوسائط الفيزيوكيميائية المقاسة :

III.4.1. قياس درجة الحرارة :

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

طريقة العمل

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

III.4.2. قياس الأس الهيدروجيني pH :

يتم قياس pH بواسطة جهاز pH متر .

طريقة العمل

- نقوم بضبط الجهاز.
- نشغل جهاز pH متر.
- غسل القطب بالماء المقطر.
- نضع داخل كاس بيشر صغير محلول موقى pH = 7.

- ضبط جهاز الرج على اقل سرعة (سرعة ضعيفة).
- ندخل القطب داخل المحلول الموقى .
- نتركه مدة صغيرة حتى يستقر ويظهر على الجهاز طلب إدخال المحلول الموقى الثاني.
- نسحب القطب ثم نغسله جيدا بالماء القطر ثم ندخله في كاس بيشر رقم 2 الذي يحتوي على محلول موقى pH=4 أو pH =10 حسب طبيعة الوسط المراد قياسه .
- نسحب قطب الجهاز ونغسله بالماء المقطر .

III.3.4. قياس كمية الأكسجين المنحل O_{2diss}

يتم قياس الأكسجين المنحل داخل العينة بالطريقة الأمبير ومترية Ampérométrique بجهاز Oxymétrie BPL Inolab.

طريقة العمل

- نفتح الجهاز.
- نغسل قطب الجهاز بالماء المقطر.
- نأخذ 1Ooml من العينة ونضعها داخل كأس بيشر.
- نغمس قطب الجهاز في بيشر ونتركه حتى يستقر .
- نسجل من الجهاز النتائج (التركيز و التشبع والضغط الجزئي للأكسجين) عند الثبوت القراءة تأخذ مباشرة من الجهاز .

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

III.4.4. قياس الناقلية الكهربائية CE

يتم قياس الناقلية الكهربائية بواسطة جهاز قياس الناقلية من نوع Conductivité sension5 .

طريقة العمل

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

III.5.4. قياس الملوحة :

يتم ذلك بجهاز قياس الناقلية من النوع (Cond 340i) لقياس تركيز الملوحة .

طريقة العمل

- نشغل الجهاز.
- نغسل قطب الجهاز بالماء المقطر .
- نضبط الجهاز على الملوحة .
- نغمر قطب الجهاز داخل قارورة العينة .
- نأخذ القيمة مباشرة بعد ثباتها على شاشة الجهاز المعبر عن الملوحة بوحدة mg/l.

III.6.4. تحديد المواد العالقة MES:

الغرض من هذا التحليل هو تحديد المادة العالقة في المياه المعالجة يتم قياس نسبة المواد العالقة MES (NFT;109-105) ويتم ذلك وفق طريقتين :

❖ **الطريقة الأولى** : طريقة الترشيح استعملناها عندما تكون المياه قليلة المواد العالقة .

❖ **الطريقة الثانية** : طريقة الطرد المركزي(Centrifugation) استعملناها عندما تكون المياه ذات كثافة عالية بالمواد العالقة .

الأدوات والأجهزة المستعملة

- الحاضنة (105 C◦) Etuve.
- جهاز نزع الرطوبة Dessiccateur.
- ميزان الكتروني.
- جهاز الطرد المركزي ذو معدل سرعته ذو معدل سرعته (2800-3200) دورة في الدقيقة .
- جهاز الترشيح تحت الضغط (rampe de fibration).
- حوجلة عياريه .
- أوراق ترشيح GF/C.
- بوتقات Capsule .

III.6.4.1. طريقة الطرد المركزي(Centrifugation):

- نأخذ 100 ml من العينة ونضعها داخل إناء pots ذو سعة 100 ml.
- نخضها لطرد المركزي لمدة 20 دقيقة حتى نحصل على الراسب .
- ننزع الماء العالق ثم نغسل الراسب بالماء المقطر ثم نخضعه مرة اخرى لطرد المركزي لمدة 20 دقيقة .
- نزن بوتقة نظيفة (Capsule) و نسجل وزنها M_0.
- نسكب الراسب داخل Capsule ثم نضعها داخل الحاضنة Etuve على درجة حرارة 105° C حتى نتحصل على وزن مستقر.

- نخرج البوتقة من الحاضنة ونتركها تبرد بعيدا عن الرطوبة داخل جهاز نزع الرطوبة .
- نزن البوتقة مع الراسب الجاف ونسجل الوزن M_1 .

النتيجة: تركيز MES يحسب بالعلاقة التالية:

$$\mathbf{MES = (M_1 - M_0) \times 1000/V}$$

وحدته هي (mg/l)

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

وزن البوتقة مع الراسب (Capsule) بعد الاستعمال (mg)

V :حجم الماء المستعمل مع العينة (ml)

III.2.6.4. طريقة الترشيح:

- نبلل ورقة الترشيح بالماء المقطر ثم نضعها داخل الحاضنة على درجة حرارة 105 C° بضعة دقائق.
- نخرج ورقة الترشيح ونتركها تبرد بعيدا عن الرطوبة داخل جهاز نزع الرطوبة.
- نزن ورقة الترشيح وهي فارغة ونزن وزنها M_0.
- نأخذ حوجلة ذات سعة 100 ml ثم نغسلها جيدا بالماء العادي أولا ثم بالماء المقطر.
- نأخذ 100 ml من العينة ثن نسكبها على ورقة الترشيح في جهاز الترشيح.
- بعد نهاية الترشيح نأخذ ورقة الترشيح ونضعها داخل الحاضنة على درجة حرارة 105 °C لمدة ساعتين .
- نخرج ورقة الترشيح من الحاضنة ونتركها تبرد بعيدا عن الرطوبة داخل Dessiccateur لمدة 15 دقيقة .
- نزن ورقة الترشيح ونسجل وزنها M_1.

النتيجة:

تعطى العلاقة بال (mg/l)

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

C(MES) : تركيز المواد العالقة (mg/l)

M_0 : وزن ورق الترشيح وهو فارغ بال (mg)

M_1 : وزن ورق الترشيح بعد الاستعمال بال (mg)

V : حجم الماء المستعمل في العينة بال (L)

III.7.4. قياس الطلب الكيميائي للأكسجين DCO:

يتم قياس DCO بطريقة الأكسدة بواسطة بيكرومات البوتاسيوم في وسط حمضي بوجود سلفات الفضة و سلفات الزئبق بواسطة جهاز (Spectrophotomètre, DR3900) ويتم ذلك بطريقة Digestion par réacteur في قياسنا ل DCO استعملنا كبسولات تحتوي على الكاشف التجاري محضر سابقا .

الأدوات والأجهزة المستعملة

- جهاز Spectrophotomètre, DR3900.
- مولد الحرارة Thermo réacteur.
- كاشف LCK514(DCO).
- حامل كأس بيشر .
- ماصة وماء 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 حرارة 148C° داخل مولد الحرارة .
- نخرج الكبسولة من Thermo-réacteur ونتركها تبرد على حامل لمدة 10 دقائق .
- بعد 10 دقائق نرج الأنبوبة جيدا ثم نتركها تبرد على درجة حرارة عادية حوالي 30 دقيقة أو أكثر .
- بعد انتهاء وقت التبريد نضع الكبسولة داخل جهاز Spectrophotomètre, DR3900 .
- نقرا قيمة DCO من الجهاز مباشرة تبقى النتيجة مستقرة لمدة زمنية .

III.8.4. قياس الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5:

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

الأدوات والمواد المستعملة

- جهاز قياس DBO_5.
- قضيب مغناطيسي .
- حاضنة (20C°)
- قارورة الحضن عازلة لضوء ذات سعة 500ml مزودة بغطاء داخلي وغطاء خارجي
- ملقط

- حوجلة عياريه
- هيدروكسيد الصوديوم
- مثبط 1-alkyle-2-Thio-urée ($C_4H_8N_2S$)

طريقة العمل

إن تحديد DCO أمر ضروري لمعرفة الحجم الذي سيتم تحليله من اجل تحديد DBO_5 يتم ذلك حسب العلاقة التالية :

$$\mathbf{DBO_5 = DCO\ (mg/l) \times 0{,}85}$$

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

الجدول (11): معامل تغيير قيمة DBO_5 بدلالة حجم العينة المستعملة

مجال القياس	حجم العينة الموافقة ml	معامل f	قطرات المثبط
40-0	432 ml	1	9
80-40	365 ml	2	7
200-80	250 ml	5	5
400-200	164 ml	10	3
800-400	97 ml	20	2
2000-800	43.5 ml	50	1
4000-2000	22.5 ml	100	0.5

- نغسل القارورتين بالماء المقطر ونضع في كل قارورة قضيب مغناطيسي.
- نقيس بواسطة حوجلة كمية العينة اللازمة لتحليل ثم نسكبها داخل القارورتين.
- نضيف قطرات من المثبط داخل القارورة .
- بواسطة ملقط نضيف قرصين من KOH في الغطاء الداخلي للقارورة .
- نغلق القارورتين جيدا بواسطة TOP OXI.
- نضع القارورتين على جهاز الرج على درجة حرارة (20C°) ونتركها لمدة نصف ساعة من أجل استقرار توازني ثم نغلق القارورات بإحكام .
- نأخذ القراءة كل يوم لمدة 5 أيام وفي الأخير نطرح بين كل نتيجة محصل عليها في يومين متتاليتين ونجمع النتيجة والحاصل يضرب في المعامل .

حساب النتيجة :

قيمة DBO_5 تحسب بالعلاقة التالية :

$$\mathbf{DBO_5 = \text{قيمة القراءة} \times \text{المعامل}}$$

قيمة القراءة : هي القيمة المتحصل عليها من الجهاز

المعامل : يتم تحديده من خلال الجدول رقم (11) الذي يربط العلاقة بين قيمة DBO_5 بدلالة حجم العينة لان كمية الطلب البيوكيميائي للأكسجين للعينة يتعلق بكمية المواد العضوية العالقة , قيمة DBO_5 تمثل نسبة 80% من قيمة DCO.

الفصل الرابع

النتائج و مناقشتها

مقدمة :

في هذه التجربة قمنا باختبار مدى قدرة نبات *Typha Latifolia* على إزالة الملوثات العضوية من مياه الصرف الصحي من خلال غرسها بطريقة التدفق المهجن (شاقولي+أفقي) والهدف من التجربة معرفة كفاءة طريقة المعالجة والنبتة، أجريت التحاليل الفيزيوكيميائية للمياه المغذية للأحواض والمياه الناتجة بعد المعالجة بمخبر الديوان الوطني لتطهير تقرت في الخمس أشهر الأخيرة من سنة 2021 .

1.IV. معامل التحلل البيولوجي (DCO/DBO_5):

إن النسبة (DCO/DBO5) تحدد قابلية التحلل الحيوي للمواد العضوية من تصريف مياه الصرف الصحي لذلك فإذا كانت النسبة تساوي آو تزيد 3 توضح ضعف التحلل البيولوجي والذي يمكن أن يغزي إلى مقاومة المادة العضوية في المحلول أي نقص الأكسجين في الوسط المائي وهنا يجب استخدام طرق أكثر فعالية فيما يتعلق بهذه المياه كما تسمح لنا قيمة K بمعرفة طبيعة المياه الواردة إلى محطة التصفية فإذا كانت النسبة :

- $K < 3$ فالمياه الداخلة للمحطة هي مياه حضرية .
- $K \geq 3$ فالمياه الداخلة للمحطة هي مياه حضرية وصناعية .

يفسر ارتفاع معامل التحلل البيولوجي K إلى وجود عناصر مثبطة لتزايد الميكروبات كالفينول – المنظفات – الهيدروكربونات – والأملاح المعدنية.**[87] [88][89]**

2.IV. تحديد خصائص مياه الصرف الصحي:

لتحديد خصائص مياه الصرف الصحي لمحطة التصفية تقرت قمنا بإجراء التحاليل الكيميائية والفيزيائية لمعايير التلوث وهذا ما يلخصه الجدول (12).

الجدول رقم (12): القيم المتوسطة للوسائط المقاسة للمياه المستعملة (الخام) لمحطة تقرت 2021

الوسائط	عدد العينات	القيمة الكبرى	القيمة الصغرى	القيمة المتوسطة
T(c◦)	15	34	22,5	29,88
pH	15	7,89	7,56	7,68
O_2diss(mg/l)	15	0,38	0,09	0, 24
CE(mS/cm)	15	5,01	4,04	4,68
S(mg/l)	15	2,7	2,1	2,5
MES(mg/l)	15	195	95	138,6
DCO(mg/l)	15	274	194	224,832
DBO_5(mg/l)	15	150	80	108,6

الجدول رقم (13): قيم معامل التحلل البيولوجي للمياه الخام لمحطة تقرت 2021

الأشهر	DCO	DBO_5	$K=(DCO/DBO_5)$
أوت	194	80	2,42
سبتمبر	274	130	2,10
أكتوبر	200,16	150	1,33
نوفمبر	198	88	2,25
ديسمبر	258	95	2,71
القيمة المتوسطة			2,16

من خلال الجدول رقم (12) واستنادا للمعايير الجزائرية التي وضعتها الجريدة الرسمية والمبينة في الجدول (15) يمكننا استخلاص مايلي :

- بلغت القيمة المتوسطة ل DCO = 224,832 mg/l, بحد أدنى 194mg/l, وحد أقصى 274mg/l أي قيمة الوسيط DCO لم تتجاوز قيم مياه الصرف الحضارية المحددة ب 1000mg/l وهذا حسب الجدول(15).

- بينما بلغت القيمة المتوسطة ل DBO_5= 108,6mg/l, بحد أدنى 80mg/l, وحد أقصى 150mg/l ومنه نستنتج أن قيمة الوسيط DBO_5 لم تتجاوز القيمة المحددة 500mg/l وذلك حسب الجدول (15).

أظهرت نتائج معامل التحلل البيولوجي المعبر عنه $K= DCO/DBO_5$ الجدول (13) للمياه المستعملة الداخلة للمحطة أن قيمة المتوسطة ل K= 2,16 أقل من القيمة 3 وهي القيمة الموجودة في الجريدة الرسمية لمياه الصرف الحضارية .

من خلال هذه النتائج يمكننا استنتاج أن هذه المياه المستعملة الداخلة لمحطة تقرت خلال الخمسة أشهر المدروسة من سنة 2021 هي مياه حضارية وهي سهلة التحلل بيولوجيا .

3.IV. أداء وكفاءة إزالة الملوثات : الجدول (14): القيم المتوسطة للوسائط المقاسة للمياه المعالجة :

	التدفق الشاقولي						التدفق الأفقي					
	حوض النبات			حوض الشاهد			حوض النبات			حوض الشاهد		
	القيمة الكبرى	القيمة الصغرى	القيمة المتوسطة	القيمة الكبرى	القيمة الصغرى	القيمة المتوسطة	القيمة الكبرى	القيمة الصغرى	القيمة المتوسطة	القيمة الكبرى	القيمة الصغرى	القيمة المتوسطة
T(C°)	28.7	12.3	21.14	28.9	13.2	21.52	28.7	12.2	21.12	28.9	13.2	21.52
pH	7.28	6.66	7.106	8.29	8	8.098	7.78	6.68	7.162	8.05	7.22	7.78
O_2diss(mg/l)	4.98	2.22	3.594	4.74	0.91	2.85	4.8	1.92	3.342	3.57	2.34	2.90
CE(mS/cm)	12.8	6.75	9.86	10.36	5.03	7.566	23.3	8.24	14.202	17.99	5.5	10.786
Sal (mg/l)	7.3	3.7	5.62	5.9	2.7	4.18	14.1	4.6	8.30	9	3	5.86
DCO(mg/l)	118.5	39.8	72.38	110	47	73.48	55.3	19	35.52	65.5	33	46.12
DBO_5(mg/l)	29	12	18	56	10	27.2	17	8	10.4	18	5	11.8

4.IV. مناقشة النتائج للوسائط المقاسة للمياه المعالجة :

تمت هذه الدراسة على مستوى محطة تقرت في خمسة أشهر من سنة 2021 والتي تهدف إلى إزالة الملوثات العضوية من الصرف الصحي باستخدام نبات *Typha Latifolia* بالتدفق المهجن (الشاقولي+أفقي) .

1.4.IV. التطور الزمني لدرجة الحرارة:

يمثل الشكل (10) التطور الزمني لدرجة الحرارة نلاحظ من خلال الشكل أن درجة الحرارة المياه في الأحواض المعالجة منخفضة مقارنة بالأحواض المستعملة، حيث بلغت أكبر درجة حرارة للمياه الملوثة 34C° في شهر أوت وأدنى قيمة 22.5C° في شهر ديسمبر حيث بلغت القيمة المتوسطة 29.88C° بينما في الأحواض المعالجة بالتدفق المهجن الذي يميز بمرحلتين (شاقولية+ أفقية) كانت درجات الحرارة متقاربة في الأحواض المزروعة والغير مزروعة (شاهد) في كلا مرحلتين.

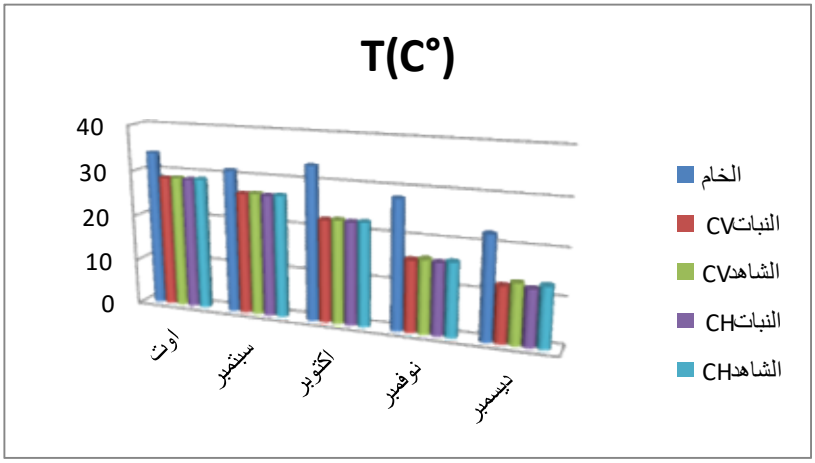
المرحلة الشاقولية :

بالنسبة للحوض المزروع بالنبات كانت أكبر قيمة 28.7 C° وأدنى قيمة 12.3 C° وبلغت القيمة المتوسطة 21.4 C° . أما بالنسبة للحوض الشاهد بلغت القيمة الكبرى 28.9 C° و القيمة الدنيا 13.2 C° و القيمة المتوسطة 21.52 C° .

المرحلة الأفقية:

الحوض المزروع بالنبات بلغت أكبر قيمة فيه 28.7C° وأدنى قيمة 12.2C° والقيمة المتوسطة 21.12C°.

أما الحوض الشاهد بلغت القيمة الكبرى 28.9C° والقيمة الدنيا 13.2C° والقيمة المتوسطة 21.52C°.



الشكل(10): التطور الزمني لدرجة الحرارة T(C°) لكل من الأحواض المزروعة والشاهد قبل وبعد المعالجة.

التفسير: وفقا ل JORA(2006) يجب ألا تتجاوز درجة حرارة المياه النقية 30C° ودرجات الحرارة المسجلة في جميع نقاط القياس متطابقة لحدود الاستقبال في بيئة التصريف.

ترتبط درجة حرارة المياه بالموسم وبأوقات أخذ العينات والظروف المناخية المحلية (المناخ - مدة أشعة الشمس), وبشكل خاص درجة حرارة الهواء وظاهرة تبخر الماء تلعب دورا مهما كما يفسر الانخفاض كذلك بتناقص عدد البكتيريا وغياب التفاعلات البيوكيميائية.**[90]**

2.4.IV. التطور الزمني لدرجة الحموضة pH :

من خلال الشكل (11) نلاحظ أن قيم PH تنخفض في المياه الخارجة من الأحواض المزروعة بالنبات وترتفع في المياه الخارجة من الأحواض الغير مزروعة (شاهد) مقارنة بالمياه المستعملة (الخام) وهذا في كلا مرحلتي التدفق المهجن (الشاقولية+الأفقية) في المياه الخام بلغت أكبر قيمة 7.89 في شهر ديسمبر وأصغر قيمة 7.56 في شهر سبتمبر والقيمة المتوسطة 7.68 أما فالتدفق المهجن فكانت :

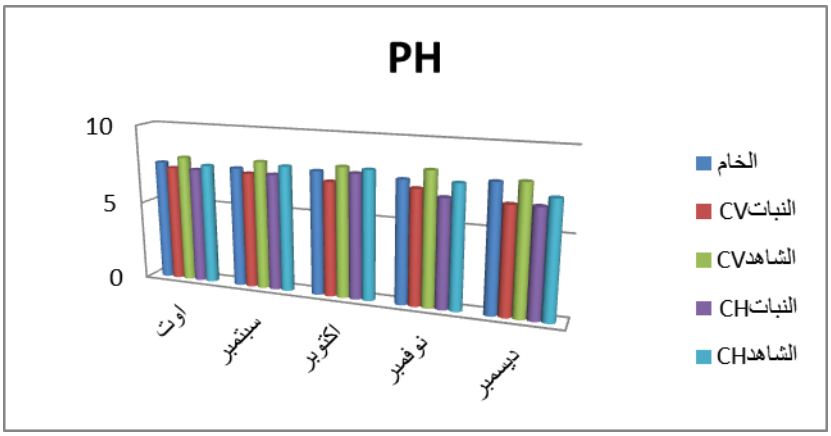
المرحلة الشاقولية:

بالحوض المزروع بالنبات كانت أكبر قيمة 7.28 وأدنى قيمة 6.66 والقيمة المتوسطة 7.10, بينما في الحوض الغير مزروع بالنبات بلغت القيمة الكبرى 8.29 والقيمة الصغرى 8 والقيمة المتوسطة 8.09

المرحلة الأفقية :

الحوض المزروع بالنبات بلغت أكبر قيمة 7.78 وأصغر قيمة 6.68 والقيمة المتوسطة 7.16 , أما الحوض الغير مزروع بالنبات فبلغت القيمة الكبرى 8.05 والقيمة الصغرى 7.22 والقيمة المتوسطة 7.67

- إن متوسط قيم المياه المعالجة يتواجد فالمجال المسموح به للحد الأقصى لتصريف المياه وفقا للمعايير الجزائرية والعالمية المقدر [6.5 – 8.5] .



الشكل (11) : التطور الزمني للأس الهيدروجيني PH لكل من الحوضين المزروعين بالنبات والشاهدين قبل وبعد المعالجة.

التفسير: إن متوسط الأس الهيدروجيني في الحوضين المزروعين اقل من الحوضين الشاهدين , إن نتيجة تجربتنا مشابهة لنتيجة الذي تحصل عليها (Vincent et al 1994) **[91]** هناك عدة عوامل تفسر هذا الانخفاض في pH ومنها أكسدة DCO والنتريت.**[92]**, إن أكسدة DCO ينتج عنها CO_2 يؤدي إلى حموضة الوسط و أكسدة النتريت يؤدي إلى نترات ويؤدي كذلك إلى حموضة الوسط ويعود سبب ذلك إلى :

- تجمع الهيدروجين نتيجة نشاط البكتيريا المسؤولة على النترجة Nitrifiantes.

- تجمع CO_2 نتيجة ميتابوليزم النبات أو تحطيم المواد العضوية من طرف البكتيريا
- إنتاج ايونات H^+ من طرف النبات لتعويض بعض الكاتيونات الداخلة في التغذية المعدنية للنبات
- إنتاج بعض الإفرازات (أحماض عضوية) من طرف جذور النبات **[25]**

3.4.IV. التطور الزمني للأكسجين المنحل:

يمثل الشكل (12) التطور الزمني للأكسجين المنحل نلاحظ أن القيم المتوسطة ل O_{2diss} ترتفع في الأحواض المعالجة مقارنة بالمياه المستعملة و الأحواض المزروعة بالنبات أكبر من الأحواض الغير مزروعة (الشاهد) فالمياه المعالجة, سجلت أعلى قيمة للمياه الخام 0.38mg/l وكانت في شهر نوفمبر بينما أدنى قيمة 0.09mg/l سجلت في شهر أوت وبلغت القيمة المتوسطة 0.24mg/l. بينما في الأحواض الذي عولجت بالتدفق المهجن الذي يميز بمرحلتين (الشاقولية + الأفقية) فكانت :

المرحلة الشاقولية:

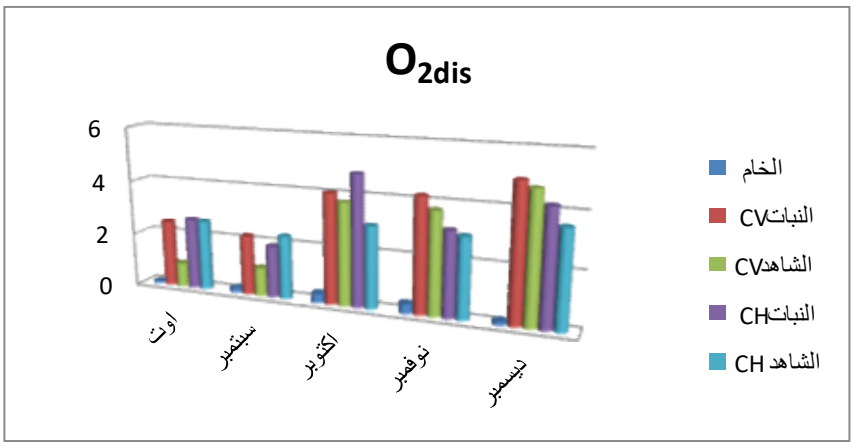
بالنسبة للحوض المزروع بالنبات كانت أكبر قيمة 4.98mg/l وأدنى قيمة 2.22mg/l وبلغت القيمة المتوسطة 3.59mg/l أما في الحوض الشاهد فسجلت القيمة الكبرى 4.74mg/l والقيمة الدنيا 0.91mg/l وبلغت القيمة المتوسطة 2.85mg/l.

المرحلة الأفقية:

الحوض المزروع بالنبات كانت أكبر قيمة 4.8mg/l وأدنى قيمة 1.92mg/l والقيمة المتوسطة 3.34mg/l.

الحوض الشاهد كانت أكبر قيمة 3.57mg/l وأدنى قيمة 2.34mg/l والقيمة المتوسطة 2.90mg/l.

حيث نلاحظ أن هذه القيم في مجال المعايير المصنفة في الجريدة الرسمية الذي تتراوح بين mg/l [2-5].



الشكل(12): التطور الزمني للأكسجين المنحل للأحواض المزروعة بالنبات والشاهد قبل وبعد المعالجة.

التفسير: يعود الارتفاع في متوسط قيم الأكسجين المنحل في المياه المعالجة مقارنة بالمياه الخام و الأحواض المزروعة بالنبات اكبر من الأحواض الشاهدة إلى وجود النباتات التي تقوم بنقل الأكسجين من الهواء إلى داخل الحوض ومن الأوراق إلى السيقان ثم الجذور, وكذلك يمكن تفسير بان هناك تهوية جيدة للأحواض

وهي ضرورية لتطوير الكائنات الحية الدقيقة التي تقوم باستهلاك الأكسجين و استغلاله في عمليات الأكسدة وتضمن بذلك أكسدة جيدة للمياه المستعملة **[93]**, حوض النبات والشاهد الذي يتم سقيهما بالماء بشكل عمودي يصطدمان بأكسجين الهواء مما يرفع من نسبة الأكسجين في الماء بالإضافة إلى أكسجين الذي يطرحه النبات في التربة من الجذور هو بدوره يزيد من نسبته في الماء و هذا ما تظهره النتائج عكس الحوضين التي يتم سقيهما أفقيا (الشاهد والنبات) فهناك فقط الأكسجين الذي يضخ في الشاهد الأفقي كما يضخ في الشاهد العمودي, والأكسجين الناتج في الحالة الأفقية يكون ناتج فقط من جذور النبات.

IV.4.4. التطور الزمني للملوحة :

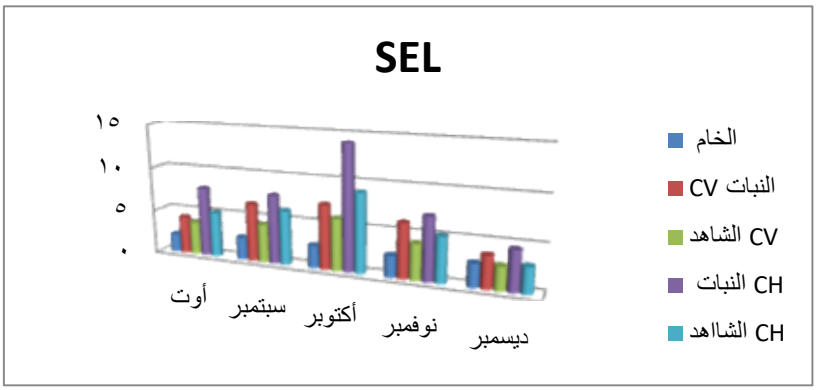
نلاحظ من خلال الشكل (13) أن قيم الملوحة في المياه المعالجة ترتفع مقارنة بالمياه المستعملة (الخام) ويرتفع في (المرحلة الأفقية مقارنة بالمرحلة الشاقولية) من التدفق المهجن حيث كانت قيم المياه الخام 2.7mg/l, 2.1mg/l، 2.5mg/l, القيمة الكبرى والصغرى والمتوسطة على التوالي بينما مرحلتي التدفق المهجن فكانت:

المرحلة الشاقولية:

في الحوض المزروع بالنبات بلغت أكبر قيمة 7.3mg/l وأصغر قيمة وأصغر قيمة 3.7mg/l والقيمة المتوسطة 5.62mg/l, أما الحوض غير مزروع (شاهد) فبلغت أكبر قيمة 5.9mg/l وأصغر قيمة 2.7mg/l والقيمة المتوسطة 4.18mg/l.

المرحلة الأفقية:

في الحوض المزروع بالنبات كانت القيمة الكبرى 14.1mg/l والقيمة الصغرى 4.6mg/l والقيمة المتوسطة 8.3mg/l, والحوض شاهد كانت 9mg/l, 3mg/l, 5.86mg/l القيمة الكبرى والقيمة الصغرى والقيمة المتوسطة على التوالي.



الشكل (13) : التطور الزمني للملوحة بدلالة الزمن للحوضين المزروعين والشاهد قبل وبعد المعالجة.

التفسير: ترتبط درجة الملوحة ارتباطا وطيدا بالناقلية الكهربائية، يفسر ارتفاع الناقلية في الأحواض المعالجة بتحليل المواد العضوية إلى مواد معدنية أي زيادة المواد المعدنية تؤدي إلى زيادة الناقلية ويؤدي إلى زيادة الملوحة.

5.4.IV. التطور الزمني للناقلية الكهربائية CE:

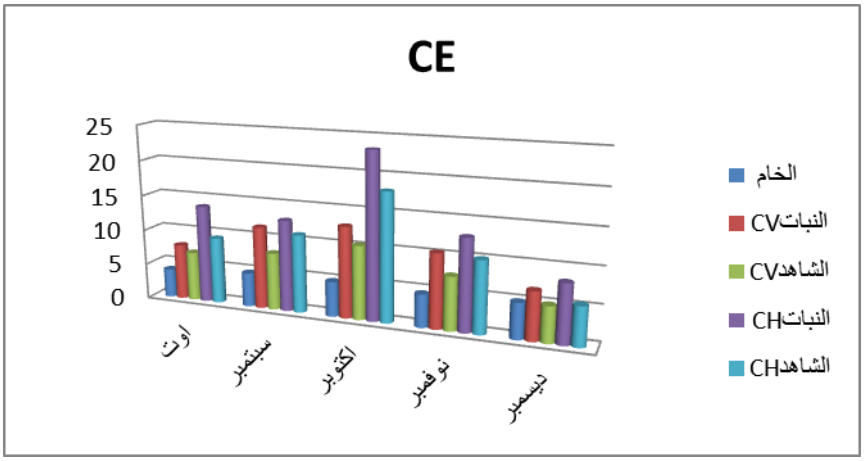
يمثل الشكل (14) التطور الزمني لناقلية الكهربائية ومن خلاله نلاحظ أن الناقلية الكهربائية للمياه المعالجة بالحوض المزروع بالنبات أكبر دائما طوال مدة الدراسة من الناقلية الكهربائية للمياه المعالجة بالحوض الشاهد وكذلك المياه المستعملة, حيث تراوحت قيم المياه الخام بين القيمة الكبرى 5.01mS/cm في شهر ديسمبر والقيمة الدنيا 4.04mS/cm في شهر أوت وبلغت القيمة المتوسطة 9.86mS/cm بينما المياه المعالجة بالتدفق المهجن (شاقولي+أفقي)

المرحلة الشاقولية:

الحوض المزروع بالنبات سجلت أكبر قيمة 12.8mS/cm وأدنى قيمة 6.75mS/cm والقيمة المتوسطة 9.86mS/cm, أما الحوض الشاهد فبلغت القيمة الكبرى 10.36mS/cm والقيمة الدنيا 5.03mS/cm والقيمة المتوسطة 7.56mS/cm.

المرحلة الأفقية:

الحوض المزروع بالنبات سجلت القيمة الكبرى 23.3mS/cm والقيمة الدنيا 8.24mS/cm وبلغت القيمة المتوسطة 14.20mS/cm. أما في الحوض الشاهد فكانت القيم تتراوح بين اكبر قيمة 17.99mS/cm وأصغر قيمة 5.5mS/cm والقيمة المتوسطة 10.78mS/cm.



الشكل (14): التطور الزمني للناقلية الكهربائية لكل من الحوضين المزروعين والشاهدين قبل وبعد المعالجة.

التفسير: قد يعود سبب الارتفاع نتيجة تعرق وتبخر النباتات وحسب تفسير (Ranjani1996)**[94]** يعود سبب الارتفاع إلى تحلل المواد العضوية إلى مواد معدنية ويبين لنا أن هذه المياه غنية جدا بالأملاح الذائبة وهذه القيم تتجاوز إلى حد كبير المعايير الجزائرية والعالمية.

IV.6.4. التطور الزمني للمواد العالقة :

يمثل الشكل (15) التطور الزمني للمواد العالقة MES بحيث تنخفض قيمته في المياه بعد المعالجة مقارنة بالمياه الخام، وبلغت القيمة الكبرى 195mg/l في شهر سبتمبر والقيمة الصغرى 95mg/l في شهر أوت والقيمة المتوسطة 138.6 mg/l، و بما أنا دراستنا على التدفق المهجن أي مرحلتين (شاقولية + أفقية) فنلاحظ زيادة الانخفاض في قيمة MES فالمرحلة الأفقية مقارنة بالمرحلة الشاقولية والخام .

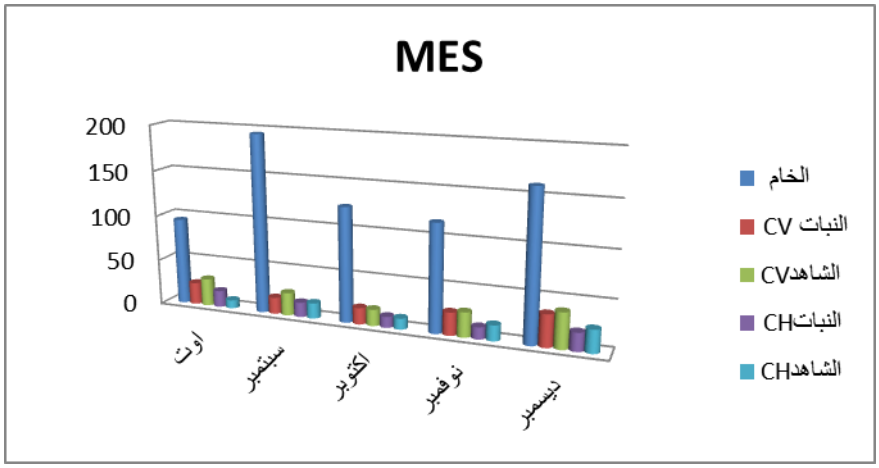
المرحلة الشاقولية:

الحوض المزروع بالنبات بلغت القيمة الكبرى فيه 35mg/l والقيمة الدنيا 18mg/l والقيمة المتوسطة 24mg/l وكانت كفاءة الإزالة 82.68%، بينما الحوض الغير مزروع شاهد فبلغت 39mg/l و القيمة الدنيا 18mg/l والقيمة المتوسطة 27.2mg/l وكفاء الإزالة 79.94%.

المرحلة الأفقية:

الحوض المزروع بالنبات كانت أكبر 20mg/l قيمة وأدنى قيمة 12mg/l والقيمة المتوسطة 15.8mg/l وبلغت كفاءة الإزالة 88.60%، بينما الحوض الغير مزروع فكانت أكبر قيمة 25mg/l وأدنى قيمة 9mg/l والقيمة المتوسطة 16mg/l وبلغت كفاءة الإزالة 88.45%.

- تحسن مردود التنقية من المرحلة الأفقية إلى المرحلة الشاقولية في الحوض المزروع بالنبات بنسبة 5.92% والحوض الشاهد بنسبة 8.51%.
- القيم الذي تحصلنا عليها بعد المعالجة كانت موافقة للمعايير الجزائرية والعالمية أي يمكن تصريفها فالبيئة .



الشكل (15): التطور الزمني للمواد العالقة MES للأحواض المزروعة بالنبات والشاهد قبل وبعد المعالجة .

التفسير: كانت كفاءة الإزالة عالية طوال فترة الدراسة ويفسر ذلك بالإزالة القوية للمواد العالقة ويرجع السبب إلى العمليات الفيزيائية التي حدثت في المرحلة الأولية من المعالجة ومتمثلة في الترسيب والترشيح و الإمتزاز[95]. تتم معالجة مياه الصرف الصحي أوليا قبل المعالجة النباتية لتخلص من المواد الصلبة

والخشنة والدقيقة أو بالتفاعل الكيميائي Van Dar Waals **[96]**. كما أظهرت نسب المردود أن المرحلة الأفقية أكثر كفاءة من المرحلة الشاقولية في التدفق المهجن .

المياه المعالجة في الحوض المزروع بالنبات أكثر تعكر من المياه المعالجة في الحوض الشاهد وهذه النتيجة استنتجها (MOLLE P 2003) **[97]** وسبب هذا التعكر راجع إلى وجود النبات داخل الحوض, وجود الجذور والجذمور يحدث قنوات داخل مواد التعبئة تعبر من خلالها المواد الدقيقة.

IV.7.4. التطور الزمني لطلب الكيميائي للأكسجين DCO:

من الشكل (16) نلاحظ أن تركيز الطلب الكيميائي للأكسجين DCO ينخفض في المياه المعالجة مقارنة بالمياه المستعملة (الخام) حيث تتراوح قيمه في المياه المستعملة بين أقصى قيمة 274mg/l في شهر سبتمبر وادني قيمة 194mg/l في شهر أوت وبلغت القيمة المتوسطة 224.83mg/l . وبما أنه تدفق مهجن فنلاحظ انخفاض تركيز DCO في المرحلة الأفقية مقارنة بالمرحلة الشاقولية .

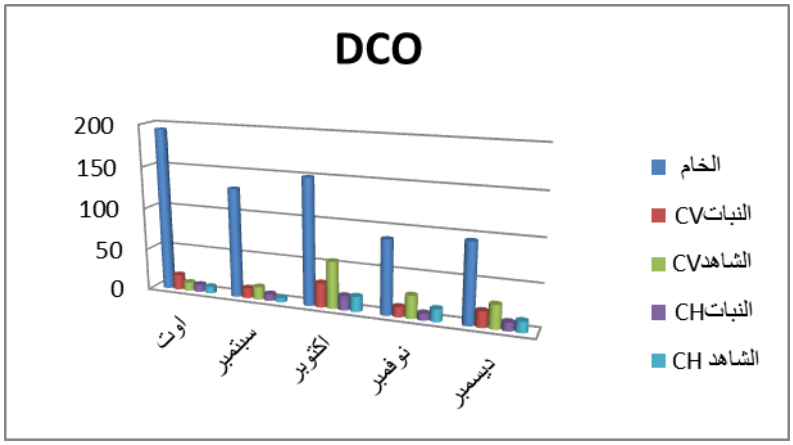
المرحلة الشاقولية:

الحوض المزروع بالنبات بلغت القيمة الكبرى 118.5mg/l والقيمة الصغرى 39.8mg/l والقيمة المتوسطة 72.38mg/l وبلغ مردود التنقية 67.80 %، أما الحوض الغير مزروع فبلغت القيمة القصوى 110mg/l والقيمة الدنيا 47mg/l والقيمة المتوسطة 73.48mg/l وكان مردود الإزالة 67.31 %.

المرحلة الأفقية:

في الحوض المزروع بالنبات كانت أكبر قيمة 55.3mg/l وأدنى قيمة 19mg/l والقيمة المتوسطة 35.52mg/l وبلغت نسبة الإزالة 84.20%، والحوض الشاهد فكانت أكبر قيمة 65.5mg/l وأصغر قيمة 33mg/l والقيمة المتوسطة 46.12mg/l و بلغت نسبة الإزالة 79.48% .

- تحسن مردود الإزالة من المرحلة الشاقولية إلى المرحلة الأفقية في الحوض المزروع بالنبات 16.4% و الحوض الغير مزروع (شاهد) 12.17%.
- القيم المتحصل عليها بعد إزالة DCO وبمقارنتها بالمعايير الجزائرية 120mg/l ومنظمة الصحة العالمية 125mg/l نجد أن هذه النتائج يمكن تصريفها فالبيئة.



الشكل(16): التطور الزمني لطلب الكيميائي للأكسجين DCO للمدخل والمخرج للأحواض المزروعة والشاهد

التفسير: يرجع الانخفاض في تركيز الطلب الكيميائي للأكسجين DCO في المياه التي تمت معالجتها إلى التخلص الفيزيائي للمواد العضوية في المصفاة في المياه المستعملة وكما يفسر في الأحواض المزروعة بالنبات إلى تواجد النبات الذي يوفر شروط فيزيوكيميائية ويؤمن الأكسجين داخل الوسط من الأوراق إلى الجذور والجذمور بواسطة البكتيريا الموجودة في الوسط الذي تعمل على أكسدة DCO ولهدا كان مردود التنقية عالي . [25]**[98]**

IV.8.4. التطور الزمني لطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5:

الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5 يعتبر من أهم التجارب التي تجرى على مستوى محطات معالجة مياه الصرف الصحي حيث أنه هو الأساس في تشغيل وتصميم والتحكم في تشغيل محطات المعالجة وكذلك تحديد كفاءتها ويعبر عن تركيز المواد العضوية الكربونية في المياه الخام . يمثل الشكل (17) التطور الزمني للطلب البيوكيميائي للأكسجين و من خلاله نلاحظ أن DBO_5 ينخفض في المياه المعالجة بشكل كبير مقارنة بالمياه المستعملة (الخام) حيث بلغت أعلى قيمة 15O mg/l في شهر أكتوبر وأقصى قيمة 80 mg/l في شهر أوت والقيمة المتوسطة 108.6mg/l وبما انه تدفق مهجن فنلاحظ انه ينخفض في المرحلة الأفقية مقارنة بالمرحلة الشاقولية .

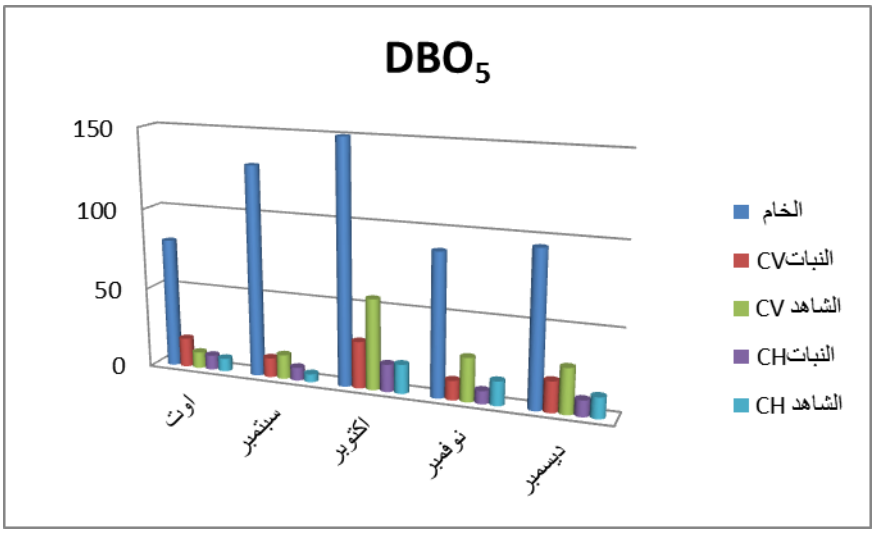
المرحلة الشاقولية :

الحوض المزروع بالنبات سجلت أعلى قيمة 29mg/l وأدنى قيمة 12mg/l والقيمة المتوسطة 18mg/l وكانت نسبة الإزالة 83.42%, أما الحوض الشاهد كانت أكبر قيمة 56mg/l وأصغر قيمة 10mg/l والقيمة المتوسطة 27.2mg/l حيث بلغت نسبة الإزالة 74.95%.

المرحلة الأفقية :

بالنسبة للحوض المزروع بالنبات بلغت أعلى قيمة 17mg/l وأدنى قيمة 8mg/l والقيمة المتوسطة 10.4mg/l وكان مردود الإزالة 90.42%, أما الحوض الغير المزروع كانت أكبر قيمة 18mg/l وأصغر قيمة 5mg/l والقيمة المتوسطة 11.8mg/l وقدرت نسبة الإزالة 89.13%.

- تحسن مردود الإزالة من المرحلة الشاقولية إلى المرحلة الأفقية فالحوض المزروع كانت نسبة التحسن 7% والحوض الغير مزروع (شاهد) كانت النسبة 14.18%.
- هذه النتائج المتحصل عليها تطابق المعايير الجزائرية 35mg/l ومنظمة الصحة العالمية 30mg/l.



الشكل(17): التطور الزمني لطلب البيوكيميائي للأكسجين بدلالة الزمن لكل من الأحواض المزروعة والشاهد قبل وبعد المعالجة.

التفسير: يفسر الانخفاض في تركيز الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5 في المياه المعالجة لحدوث عمليات فيزيائية في الأحواض مثل الترشيح والترسيب وعمليات التفكيك الهوائية و اللاهوائية ويعود الاختلاف بين الحوض المزروع بالنبات والشاهد لوجود النباتات المائية التي لها القدرة على امتصاص الأكسجين من الجو و تحريره عبر الجذور و هدا الأكسجين يعمل على تنشيط البكتيريا التي تؤدي إلى تفكيك وأكسدة المواد العضوية DBO_5. **[100][99]**

خلاصـــة

الخـلاصـــة:

معالجة مياه الصرف الصحي ضرورة حتمية هدفها حماية البيئة من الملوثات السائلة السامة والمسببة للأمراض وتوفير مصادر مائية يمكن استخدامها في الزراعة خاصة فالمناطق التي تعاني فقر فالمياه .

المعالجة بالنباتات المائية من بين الطرق الاقتصادية المصادقة للبيئة أصبحت أكثر انتشارا لكونها طبيعية حيث تقوم على قدرة النبات وتستخدم البكتيريا الموجودة بشكل طبيعي في جذر النبات لتنقية, لهذا قمنا بتحضير احواض طبيعية تجريبية بها نبات Typha Latifolia المسقى بطريقة التدفق المهجن (شاقولي + أفقي) ودامت التجربة من شهر أوت إلى سبتمبر في سنة 2021 وذلك في محطة الديوان الوطني لتطهير ONA تقرت, يظهر عملنا هذا بوضوح قدرة وأداء كل من النبته وطريقة التدفق المستعملة على إزالة الملوثات العضوية من مياه الصرف الصحي وذلك بإجراء التحاليل الكيميائية والفيزيائية على المياه قبل المعالجة وبعد المعالجة على مستوى مخبر المحطة ثم مقارنتها مع معايير منظمة الصحة العالمية والمعايير الوطنية الجزائرية.

من خلال معامل التحلل البيولوجي ($K(DCO/DBO_5)$ أن المياه الداخلة للمحطة هي مياه حضرية سهلة التحلل بيولوجيا أظهرت لنا النتائج أن نبات Typha Latifolia له فعالية كبيرة في إزالة الملوثات العضوية حيث قدرت نسبة إزالة كل من MES, DCO, DBO_5, في المرحلة الشاقولية 82.68%، 67.80%، 83.42 % على التوالي، بينما بلغت نسبة الإزالة في المرحلة الأفقية لنفس المعايير المدروسة 88.60%, 84.20%, 90.42%. وبلغت نسبة التحسن من المرحلة الشاقولية للمرحلة الأفقية لنفس المعايير 5.92%، 16.4%، 7%. على التوالي.

تبين لنا من خلال المقارنة بين الأحواض المزروعة بالنبات والحوض غير مزروع (شاهد) أن لنبات دور فعال وتأثير إيجابي على النشاط البيولوجي. لظروف التجريبية دور بالغ الأهمية حيث تؤثر مدة الدراسة وزمن مكوث الماء في الأحواض وأوقات أخذ العينات لتحليلها على النتائج وكذلك الظروف المناخية .

من خلال هذه النتائج يمكننا القول بأن النبات أثبت كفاءته الجيدة في إزالة الملوثات العضوية وان طريقة التدفق المهجن طريقة فعالة وتصلح فالمياه الصناعية لكونها صعبة التحلل بيولوجيا.

الأفاق المستقبلية:

- استخدام المياه المعالجة في مجال الزراعة بعد اجراء التحاليل المكروبيولوجيا.
- تعميم طريقة المعالجة بالنباتات على المناطق متوسطة الكثافة والمناطق النائية.
- دراسة أنواع أخرى من النباتات المائية الصحراوية التي لديها القدرة على معالجة المياه المستعملة.
- التقرب من الفلاحين والمزارعين من خلال الحملات التحسيسية وشرح مدى أهمية السقي بمياه الصرف الصحي.

المراجـــــع

المراجع

المراجع بالغة العربية:

[6]: سعيدة كاكي ، ازدهار بلحسن ، مذكرة ماستر ، جامعة ورقلة ، 2016 ، ص 2-7.

[7]: جورجي نسيم ماهر ، تحليل وتقويم جودة المياه ، دار منشاة المعارف جلال حزي وشركاءه . مصر ، 2007.

[9]: سيد عبد النبي محمد ، التلوث البيئي وباء عصر العولمة، وكالة الصحافة العربية، الجيزة جمهورية العربية، 2019 مصر.

[10]: أشجان عبد علي شنيع, تحطيم ملوثات المياه عضويا, بحث مقدم الى مجلس كلية العلوم قسم الكيمياء كجزء من متطلبات نيل درجة بكالوريس العلوم في الكيمياء, جامعة القادسية, العراق 2018, ص10.

[11]: الشرابي نجم الدين, هابيل منير, أبو لبدة زياد, أساسيات الأحياء الدقيقة – الجزء العملي المطلعة الجديدة بدمشق, 1987.

[12]: محمد عبد الناصرالزرقة, تحطيم ملوثات المياه في محافظتي الشمال والوسطى وتأثيراتها على صحة الإنسان, مذكرة ماجستير, الجامعة الإسلامية غزة 2018, ص45 –50 –52- 53.

[13]: احمد السروري، الملوثات المائية، دار الكتب العلمية 2008 . ص من 220 إلى 223.

[14]: محمد محمود الروبي محمد, الضبط الإداري ودوره في حماية البيئة, 2014 ص 295.

[15]: محمد إسماعيل . معالجة المياه . دار الكتب العلمية . القاهرة 2003 .

[16]: أبو سعد نجيب إبراهيم التلوث البيئي و دور الكائنات الدقيقة ايجابيا وسلبيا دار الفكر العربي القاهرة 2000، ص 6.

[17]: السعدي حسين علي ، أساسيات علم البيئة والتلوث ، دار البازوري العلمية ، عمان 2006 .

[20]: صهيب حاج عمار، دراسة قدرة النباتات على تصفية المياه المستعملة محمد احمد مراد أغا الهندسة البيئية , 2016.

[23]: حسين علي سبتي ، أنعام نوري علي، تكون الندف والتكتلات للأحياء الخيطية في مشروع معالجة مياه الصرف الصحي في الرستمية ببغداد – العراق, 2010.

[24]: الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي، برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي- دليل المتدرب فني تشغيل صرف صحي -مواصفات وخصائص مياه الصرف الصحي/ الدرجة الثالثة، صفحة . 2015، [12-17] .

[25]: العابد إبراهيم ، معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منقية محلية ، أطروحة محضرة لنيل شهادة دكتوراه - كلية الرياضيات وعلوم المادة ، جامعة قاصدي مرباح ورقلة ، 2015.

[28]: تصميم محطة معالجة مياه الصرف الصحي PDF

[30]: نصر الحايك , مدخل إلى كيمياء الماء (تلوث- معالجة- تحليل) ,منشورات المعهد العالي للعلوم التطبيقية 2017.

[31]: أحمد فيصل أصفري, إرشادات في تصميم و تشغيل وصيانة معالجة المياه العادمة, 2004 الأردن .

[32]: محمد جاسم محمد، تقديم مشروع الوحدة لمعالجة المياه, شهادة بكالوريوس في علوم الهندسة " البناء و الإنشاء" 2010

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

[35]: أمانة المجلس البلدي –مكة المكرمة, معالجة مياه الصرف الصحي بمحطة الصرف الصحي بالعاكشية مكة المكرمة, مركز فقيه للأبحاث والتطوير, صفحة [21-15], 2007.

[36]: الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية, العدد 41, 25 شعبان 1433 الموافق ل 15 جويلية 2012 قرار وزاري مشترك مؤرخ في 8 صفر 1433الموافق ل 2 جانفي ،2012يحدد خصائص المياه القذرة المصفاة المستعملة لغرض السقي

[38]: محمد احمد السيد خليل (خصائص عمليات تنقية المياه و إستعمالاته) 2006 ص5.

[39]: محمد معن برادعي (محطات معالجة مياه الصرف الصحي 2018 م) ص [115-112].

[40]: حسن إبراهيم الزعبي وأخرون, استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة, سوريا 2014, ص 11.

[41]: زغدي سعد، تحديد محطات التنقية المحلية واستخدامها في تطهير المياه العادمة في منطقة الوادي، أطروحة دكتوراه، جامعة ورقلة, 2016, ص13.

[42]: شركة حيا للمياه 22 نوفمبر 2017 كتابة جمعة بن سعيد الرقيشي.

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

[44]: عيدة منير وغمام نواس حمزة, دراسة مساهمة محطة معالجة مياه الصرف بالبحيرات المهواة في حماية البيئة, الوادي, مذكرة تخرج لنيل شهادة مهندس دولة في البيئة والمحيط, كلية العلوم الدقيقة جامعة العربي بن مهيدي أم البواقي 2011.

[45]: غرايبية سامح وفرحان يحي, مدخل إلى علوم البيئية, الطبعة الثالثة دار الشروق لطبع والتوزيع, عمان 2002.

[46]: أشرف علي عبد المحسن و آخرون, أساسيات معالجة مياه الصرف، الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي، قطاع تنمية الموارد البشرية وبناء القدرات، الإدارة العامة لتخطيط المسار الوظيفي 2015-7-V1.

[47]: جمال عطية، إزالة التلوث العضوي من مياه الصرف الصحي بمنطقة الوادي باستخدام المعادن الطينية، مذكرة دكتوراه، كلية الرياضيات وعلوم المادة، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 2018.

[54]: الكيمياوي بلال عبد الوهاب الرفاعي، 2014, معالجة التلوث، مستشار في الاتحاد العربي للصناعات النسيجية، مدرب التقنيات الصباغية في غرفتي صناعة دمشق حلب، ص -23-33-103.

[55]: الدكتور أبو زيد راجح ,كتاب العمران المصري, (رصد التطورات في عمران أرض مصرفي أواخر القرن العشرين وإستطلاع مساراته المستقبلية حتى عام2020 .

[56]: عبد الحميد إبراهيم قادري، التعريف بوادي ريغ منشورات جمعية الوفاء للشهيد تقرت ,1999.

[57]: طرابلسي يوسف إبراهيم, الميكروبيولوجية الزراعية, جامعة الملك سعود النشر والمطابع 2000, ص 225-388.

[61]: بن عشورة صبرينة باتول, معالجة المياه المستعملة الحضرية لمنطقة الأهقار بتمنراست بواسطة نباتات منقية محليا- جامعة ورقلة, 2015.

[63]: بهلول جمال الدين, هرشة توفيق, معالجة المياه المستعملة في محطة التصفية – تقرت.

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

[82]: محمد صادق العدوي, هندسة الصرف الصحي والتحكم في تلوث البيئة, 1990.

[83]: حوراء محمد خيضر الزبيدي, محطات معالجة مياه الصرف الصحي ودورها في التقليل من مخاطر البيئة في محافظة الديوانية, جامعة القادسية, 2017.

[90]: براق محمود عطا، بدران عدنان سعيد، هتاف عبد الملك أحمد، تقييم كفاءة وحدة معالجة مياه الصرف الصحي في المجمع السكني/ الدور صلاح الدين، مجلة نكريت للعلوم الصرفة, 2017.

المراجع باللغة الأجنبية :

[1]:CHAOUCH NOURA, 2014. Utilisation des sous-produits du palmier dattier dans le Traitement physico-chimique des eaux polluées. These de doctorat . Université Hadj Lakhdar – Batna.pp1-11.

[2]: Pompei, C.M.E., Campos, L.C., da Silva, B.F., Fogo, J.C., Vieira, E.M., 2019. Occurrenc Of PPCPs in a Brazilian water reservoir and their removal efficiency by ecological filtration. Chemosphere 226, 210-219. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.03.122 .

[3]: Suwasa Kantawanichkul and Wanida Duangjaisak, (2011). Domestic wastewater treatment by a constructud wetland system planted with rice Water science et technologies 2376-2380 Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 39:p754-781.

[4]: Rabello, V.M., Teixeira, L.C.R.S., Goncalves, A.P.V., de Sa Salomao, A.L., 2019.The efficiency of constructed wetlands and algae tanks for the removal of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs): a systematic review. Water Air Soil Pollut. 230, 236. https://doi.org/10.1007/s11270-019-4304-9 .

[5]: Riggo, V., Ruffino, B., Gampo, G., Comoglio, C., Zanetti, M., 2018 Constructed wetlandes for the reuse of the industrial wastewater: a case-study. J.Clean. Prod. 171,723-732. https://doi;org/10.1016/j.jclepro.2017.10.081 .

[8]: https://www.safewater.org/french-fact-sheets/2017/2/14/polluttioneau Consulté le 28/01/2020.

[18]: RAMADE FRANCOIS: 1892, éléments d'écologie (écologie appliquée) Mcgraw-Hill, Paris, p372.

[19]: BOUZIANI: 2000, Léau de la pénurie aux maladies, Edition IBN Khaldoun .pp 247-249

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

[22]: Erina Rahmadyanti, Oktavia Audina, 2020, The Performance of Hybrid Constructed Wetlande System for Treating tha Batik Wastewater, Journal of Ecological Engineering:vol:21,No:3,p 94-103.

[26]: Thomas, O., (1995). Métrologie des eaux résiduaires, édition Cebedoc, 192p.

[27]: Gaujous, D., (1999). La pollution des milieux aquatique, aide mémoire, 2éme éditions, édition TEC & DOC, Lavoisier, Paris ,220p.

[29]: Rodier J, L Analyse de l'eau, 9 éme edition, Entiérement mise a jour, Dunod, paris, 2009

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

[37]: Bachi O E K . Diagnostic sur la valorisation de quelques plantes du gardian d'épuration de station du vieux ksar Témacin. Mémoire présenté envue de L'obtention du diplôme de magister. Ouargla : Université Kasdi Merbah ; 2010

[48]: KONE, D 2002. Epuration des usées par lagunage a microphytes et a macrophytes en afrique de l'ouest et de centre : Etat des lieux performances épuration et criteres de dimensionnement.

[49]: Salghi R. (2010). Différents filières de traitement des eaux université Ibn Zohr Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Agadir. 220pp.

[50]: C. Bassompierre, Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote à la validation de modèles, Thèse de doctorat. Institut National Polytechnique, Grenoble, 2007. p. 25-42.

[51]: C. GomelIa, H. Guerre, Les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales. Tomes I : La collecte, Edition : Eyrolles. Paris, 1983, 512 pp.

[52]: HAMMADI BELKACEM, 10/11/2017. Lagunag Aéré en zone Aride Performances Epuratoires, Paramétres Influents: Cas de la Région de Ourgla, These de doctorat. University Kasdi Merbah –Ouargla,pp12-16.

[53]: Miloud, oubadi .etude performance d' époration oxylage. Mémoire de magister : université oran, 2011/2012 .

[58]: QUEZEL P et SANTA C, 1962: nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. C.NRS., Paris, 2 vol. p .184

[59]: CHEHMA A. 2006: catalogue des plantes spontanées du sahara septentrional algérien , bibliotheque nationale, p.94

[60]: OZENDA 1991 : flore de sahara (3 édition mise à jour et augmenté); Paris edition du CNRS; p.136, 137.

[62]: APPLICATIONS OF PHYTOREMEDIATION IN WASTEWATER TREATMENT IN ALGERIA (GHERIB A., BOUFENDI M, TEMIME A, BEDOUH Y)

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

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

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

[68]: Riemer,1989.

[69]: Brix H, Arias C, Johansen NH. (2003). Experiments in a two-stage constructed wetland system: nitrification capacity and effects of recycling on nitrogen removal. In: Vymazal J, Editor.Wetlands: nutrients, metals and mass cycling. Leiden, the Netherlands: Backhuys Publishers; 2003. p. 237–58.

[70]: Vymazal, J. (2008a). Constructed wetlands, Subsurface flow. Ecological Engineering, 32, p. 748-764**.**

[71]: Davies L. C., I.S. Pedro, R. A. Ferreira, F. G. Freire, J. M. Novais, (2008). Constructed wetland treatment system in textile industry and sustainable development. Technical University of Lisbon, p.302-312.

[72]: Coulibaly Lacina Niamien Pascal Manizan Germain Gourene (2005). the role of constructed wetlands in secondary effluent treatment and water reuse in subtropical and arid Australia Ecological engineering 25 p.501–509.

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

[74]: GUILLOTEAU J.A., LIENARD A., VACHON A., LESAVRE J. 1993. Wastewater treatment by infiltration basins. Case study : Saint Symphorien de Lay, France. Wat. Sci. Tech., 27 (9), pp 97-104.

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

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

[77]: Chun G. Yoon,1, Soon K. Kwun, and JongH. Ham. (2001). Feasibility study of a constructed wetland for sewage treatment in a Korean rural community. J. Environ. Sci. health, A36 : p.1101–1112 .

[78]: Vymazal, J. (2005). Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wetlands systems for wastewater treatment, Ecol. Eng. 25 p. 478–490.

[79]: Vymazal, J (2010). Constructed Wetlands for Wastewater Treatment Sciences, Prague, Náměstí Smiřických 1, 281 63 Kostelec and Černými Lesy, Czech Republic; E-Mail: vymazal@knc.czu.cz.

[80]: Gabriel Bitton, (2005). Wastewater microbiology. Department of Environmental Engineering Sciences University of Florida, Edition Gainesville, Florida 142pp.

[81]: Keith R. Hench, Gary K. Bissonnettea, Alan J. Sexstonea, Jerry G. Colemanb, , Keith Garbuttb, Jeffrey G. Skousena, (2003). Fate of physical, chemical, and microbial contaminants in domestic wastewater following treatment by small constructed wetlands Water Research 37 p. 921–927.

[84]: PROCÉDÉS EXTENSIFS D'ÉPURATION DES EAUX USÉES pp 4-8.

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

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

[87]: 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 byheterogeneous photocatalysis. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Che-mistry, 194, p 1-10.

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

[89]: Chaouki H, El Watik L, Ramchoun Y, Fath-allah R, Ayyach A, Fathallah Z, ElMidaoui A et Hbaiz E. (2014) Étude des performances épuratoires de la technique du lagunage aéré appliquée à la station d'épuration de la ville d'Errachidia – MarocAfrique science 10(2) : 176-181 .

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

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

[93]: Hazourli S, Boudiba L et Ziati M. Caractérisation de la pollution des eaux résiduaires de la zone industrielle d'El-Hadjar, Annaba. Larhyss Journal. 2007; 06: 45-55.

[94]: RANJANI K., KNEIDINGER CH. RIOS R., SALINAS N., SOTO G., DURAN-DE-BAZUA C.; 1996. Treatment of maize processing industry wastewater by constructed wetlands.

Proceeding of 5 th International conference on wetlands. Proceeding of 5th International conference on wetlands system for water pollution control, vol. 1, Vienna, Sept. pp: 9, 15-19.

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

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

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

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

[99]: Reza, Bakhshoodeh., Nadali, Alavi., Monireh, Majlesib., Pooya, Paydary., (2017). Compost leachate treatment by a pilot-scale subsurface horizontalflow constructed wetland. Ecological Engineering, 105 ; 7-14**.**

[100]: Mimeche, Leila., (2014). Etude de faisabilité de l'installation de stationd'épuration des rejets urbains par les filtres plantés en milieu aride- Application à la région de Biskra'- thèse doctorat,164p.

الملاحق

الملاحق

الجدول (15): قيم الحد لمحتوى المواد الضارة في مياه الصرف الصحي بخلاف المياه المنزلية في وقت تصريفها في نظام الصرف الصحي العام او محطة المعالجة JORA 2009

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

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

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

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

CHAPITRE II

CONTROLES

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

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

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

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

CHAPITRE III

DISPOSITIONS FINALES

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

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

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

Ahmed OUYAHIA.

ANNEXE

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

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

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

الجدول (16): القيم الحدية لمعلمات التفريغ في بيئة الاستقبال (الجريدة الرسمية الجزائرية 2006)

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

الجدول (17): مواصفات مياه الصرف الصحي المعالج المستخدم لأغراض الري قرار وزاري مشترك بتاريخ 2جانفي 2012.

1. Paramètres physico-chimiques

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

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

الجدول (18): معايير مياه الصرف الصحي حسب منظمة الصحة العالمية لمياه الصرف الصحي **(1971)**

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

الجدول (19): نتائج معالجة مياه الصرف الصحي باستعمال نبات Typha Latifolia بطريقة التدفق المهجن لخمسة أشهر من سنة 2021.

الاشهر	نوع الحوض	T(C°)	pH	O_{2diss}	CE	Sel	MES	DCO	DBO_5
أوت	الخام	34	7.59	0.09	4.04	2.1	95	194	80
	النبات c.v	28.7	7.28	2.49	7.83	4.3	24	59.3	18
	الشاهد c.v	28.9	8	0.91	6.9	3.8	30	57.1	10
	النباتc.h	28.7	7.27	2.65	13.77	7.9	18	43.5	9
	الشاهد c.h	28.9	7.58	2.62	9.35	5.2	9	48.9	8
سبتمبر	الخام	31.3	7.56	0.2	4.8	2.6	195	274	130
	النبات c.v	26.6	7.28	2.22	11.55	6.6	18	118.5	12
	الشاهد c.v	26.8	8.07	1.07	8.04	4.4	25	110	15
	النبات c.h	26.6	7.33	1.92	12.85	7.8	16	55.3	8
	الشاهد c.h	26.8	7.89	2.34	10.99	6.2	17	65.5	5
أكتوبر	الخام	33.5	7.76	0.37	4.34	2.6	125	200.16	150
	النبات c.v	22.4	7.16	4.07	12.8	7.3	128	83.2	29
	الشاهد c.v	22.6	8.12	3.77	10.36	5.9	18	86.5	56
	النبات c.h	22.4	7.78	4.8	23.3	14.1	12	36	17
	الشاهد c.h	22.6	8.05	3.03	17.99	9	12	42.4	18
نوفمبر	الخام	28.1	7.63	0.38	4.67	2.5	117	198	88
	النبات c.v	15.7	7.15	4.21	10.44	6.2	25	39.8	12
	الشاهد c.v	16.1	8.29	3.76	7.5	4.1	27	47	27
	النبات c.h	15.7	6.75	3.12	12.85	7.13	13	19	8
	الشاهد c.h	16.1	7.65	2.96	10.1	5.9	17	33	15
ديسمبر	الخام	22.5	7.89	0.18	5.01	2.7	161	258	95
	النبات c.v	12.3	6.66	4.98	6.75	3.7	35	61.1	19
	الشاهد c.v	13.2	8.01	4.74	5.03	2.7	39	66.8	28
	النباتc.h	12.3	6.68	4.22	8.24	4.6	20	23.8	10
	الشاهد c.h	13.2	7.22	3.57	5.5	3	25	40.8	13

الأجهـزة المستعمـلة:

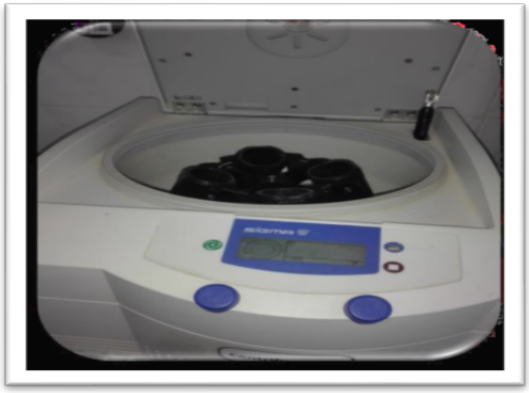
Photo Apara- PH métre Oxy – métre Conductivet

Etuve

Réactif

Spectrophotométre DR3900

DBO métre



جهاز الطرد المركزي

الملخص:

الهدف من الدراسة هي إثبات قدرة و أداء نبات *Typha latifolia* على إزالة الملوثات العضوية من المياه المستعملة بطريقة التدفق المهجن (شاقولي+أفقي) وذلك في مناخ صحراوي جاف، وقد اشتملت هذه الدراسة مقارنة بين الأحواض المزروعة بالنبات والأحواض غير مزروعة (شاهد)، أنجزت الدراسة عبر نموذج تجريبي في الديوان الوطني لتطهير ONA تقرت، أخذ معيار النموذج التجريبي انطلاقا من دراسات سابقة، الأحواض ذات تدفق الشاقولي متصلة بالأحواض ذات التدفق الأفقي والتي تتغذى من الأحواض الشاقولية، حيث أجريت تحاليل مخبرية وقياسات دورية لمدة خمسة أشهرابتداءً من شهر أوت إلى ديسمبر من سنة 2021، أين أظهرت النتائج المتحصل عليها كفاءة قدرة عالية لهذا النموذج على إزالة الملوثات العضوية من مياه الصرف الصحي، حيث قدرت نسبة إزالة كل منMES، DCO و BDO_5 في المرحلة الشاقولية 82.68%، 67.80% و83.42% على التوالي، في حين بلغت نسبة الإزالة لنفس المعايير في المرحلة الأفقية 88.60 %، 84.20% و 90.42%. كما أن القيم المتوسطة لكل من MES، DCO و BDO_5 في هذه الدراسة كانت موافقة للمعايير الجزائرية ومنظمة الصحة العالمية للتصريف فالبيئة.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي، المعالجة بالنباتات المائية، التدفق المهجن، *Typha latifolia*، الأراضي الرطبة المصطنعة، الملوثات العضوية.

Résumé

L'objectif de cette étude est de démontrer la capacité et la performance de la plante *Typha latifolia* sur l'élimination de contaminants organiques dans les eaux usées dans un flux hybride de navigation (horizontal vertical +) dans un climat aride du désert, et cette étude a porté sur une comparaison entre le cultivé bassins végétaux et bassins sont plantés (voir), ont terminé l'étude au moyen d' un modèle expérimental du Bureau national pour nettoyer l'ONA Touggourt, pris pilote de modèle standard des études précédentes, bassins avec l'écoulement des bassins reliés verticaux avec écoulement horizontal et que nous déjeuner des bassins verticaux, où ont effectué des analyses de laboratoire et des mesures périodiquement pendant des mois Khmmsh à partir du mois d'Août à Décembre 2021, où a montré les résultats obtenus par l'efficacité de la capacité élevée pour ce modèle à l'élimination des contaminants organiques des eaux usées, où la proportion de suppression de chaque estimation de MES, DCO et DBO5 stade Alhakoah 82,68%, 67,80% et 83,42% respectivement, tandis que l'enlèvement du même taux normal dans la phase horizontale 88,60%, 84,20% et 90,42%. Les valeurs moyennes pour chacune des MES, DCO et DBO5 dans cette étude a été l'approbation des normes algériennes et l'Organisation mondiale de la santé pour décharger l'environnement est

Les mots clés: Eaux usées – macrophyte aquatique traitement – systéme hybride –*Typha latifolia* – Zones humides artificielles - pollunts organiques.

Abstract

The objective of the study is to prove the capacity and performance of the plant *Typha Latifolia* on the removal of organic contaminants from wastewater in a way hybrid flow (vertical + horizontal) in an arid desert climate, and this study included a comparison between the cultivated basins plant and basins is planted (see), completed the study through an experimental model in the National Office to cleanse the ONA Touggourt, taken it standard model pilot from previous studies, basins with the flow of vertical connected basins with horizontal flow and that We Lunch from the vertical basins, where conducted laboratory analyzes and measurements periodically for Khmmsh months starting from the month of August to December 2021, where showed the results obtained by the efficiency of high capacity for this model to the removal of organic contaminants from wastewater, where the proportion of removal of estimated each of MES, COD and BOD_5 stage Alhakoah 82.68%, 67.80% and 83.42% respectively, while the removal of the same standard rate in the stage horizontal 88.60%, 84.20% and 90.42%. The average values for each of the MES, COD and BOD_5 in this study was the approval of the Algerian standards and the World Health Organization to discharge the environment is.

KEYWORDS: Wastewater – macrophyte aquatic treatment – hybrid system – *Typha Latifolia* – artificial wetlands - Organic pollutants.