الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جـــامـــعـة قاصدي مرباح ورقـلـــــة
كلية الرياضيات وعلوم المادة
قسم الكيمياء

رقم الترتيب :
رقم التسلسل :

اطروحة محضرة لنيل شهادة دكتوراه علوم

تخصص : كيمياء عضوية تطبيقية

من طرف : العابد ابراهيم

تحت عنـوان

معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منقية محلية

نوقشت يوم: 2015/04/12

أمام لجنة المناقشة:

سقني لعجال	أستاذ تعليم عالي جامعة قاصدي مرباح	رئيسا
زلاقي عمار	أستاذ تعليم عالي جامعة أم البواقي	مناقشا
وهراني محمد رضا	أستاذ تعليم عالي جامعة الوادي	مناقشا
صخري لخضر	أستاذ تعليم عالي جامعة قاصدي مرباح ورقلة	مناقشا
ببة أحمد عبد الحفيظ	أستاذ محاضر (أ) جامعة قاصدي مرباح ورقلة	مشرفا ومقررا
غراف نور الدين	أستاذ تعليم عالي جامعة أم البواقي	مساعد مشرف

السنة الجامعية: 2015/2014

بسم الله الرحمان الرحيم

رب أوزعني أن أشكر نعمتك التي

أنعمت علي و على والدي و أن

أعمل صالحا ترضاه و أصلح لي في

ذريتي إني تبت إليك و إني من

المسلمين

الإهـداء

أهدي ثمرة هذا العمل إلى :

اللذين وصى الله بهما إحسانا والدي المرحومين وإلى الذين تقر بهم الأعين زوجتي و أولادي الأوفياء وإلى الذين تشد بهم الآزار إخواني و أخواتي الأعزاء

كلمة شكر

الحمد لله أولا و آخرا الذي وفقني و هيأ لي الظروف التي مكنتني من إنجاز هذه المذكرة

– إنه لمن دواعي الاعتراف بالجميل أن أتقدم بجزيل الشكر و العرفان إلى أساتذتي الأفاضل الدكتور **بة أحمد عبد الحفيظ** أستاذ محاضر بجامعة ورقلة على قبوله الإشراف على هذه المذكرة **و** الأستاذ **الدكتور غراف نور الدين** أستاذ التعليم العالي بجامعة العربي بن مهيدي بأم البواقي المشرف المساعد على توجيهاتهما و نصائحهما و مساعدتهما لي خلال مراحل إنجاز هذه المذكرة .

– كما يسرني أن أتقدم بجزيل الشكر و التقدير إلى الأستاذ الدكتور **سيقني لعجال** أستاذ التعليم العالي بجامعة ورقلة على قبوله ترأس لجنة المناقشة .

– كما أتوجه بالشكر الخالص إلى الأستاذ الدكتور **وهراني محمد رضا**، أستاذ التعليم العالي بجامعة الوادي على قبوله المشاركة في لجنة المناقشة. .

– كما أتوجه بالشكر إلى الأستاذ الدكتور **زلاقي عمار** أستاذ التعليم العالي بجامعة العربي بن مهيدي بأم البواقي على قبوله المشاركة في لجنة المناقشة .

– كما أتوجه بالشكر إلى الدكتور **صخري لخضر** أستاذ التعليم العالي بجامعة قاصدي مرباح ورقلة على قبوله المشاركة في لجنة المناقشة

– أتقدم بالشكر و الثناء و العرفان لعمال المستشفى سليمان عميرات بتقرت

ونخص بالذكر : مدير المؤسسة الإستشفائية **بلباي طارق** و عمال مخبر المياه و التغذية **ريغي أحمد** رئيس المخبر و الأختين **بهلول عائشة و أشمال عائشة** و الاخ **بهلول عمر** . كما أتقدم بالشكر الخاص **لبلحسن محمد السعيد** رئيس مصلحة المخبر المركزي بمستشفى سليمان عميرات و **بلحسن محمد السايح**. كما أتوجه بالشكر إلى عمال الديوان الوطني للتطهير بتقرت و أخص بالذكر كل من **بن هنية عبد المجيد** مسؤول المحطة و مديرها **دبة محمد السعيد** و مهندسة المخبر **حيطة حنيفة** و التقني سامي بالمخبر **حيطة أمينة** و **بالحسين وردة** و المهندس **بن صديق عبد الحق و بن زاوي التجاني** بمركز البحث العلمي و التقني للمناطق الجافة بمحطة تقرت

– كما أتوجه بالشكر إلى **حفوظة محمد الأمين** مدير المعهد الوطني للفلاحة الجزائرية **و** الأستاذ **بركبية محمد** بالمعهد

– كما أتقدم بجزيل الشكر و العرفان إلى الدكتور **ديب ناصر** أستاذ بالمركز الجامعي بتمنراست

– كما أتقدم بجزيل الشكر إلى **السيد بوطمين محمد** على تقديم يد العون و المساعدة لإتمام هذه المذكرة .

– كما أتقدم بجزيل الشكر إلى الأستاذة **عمران ليلى و علوي مسعودة و الأستاذ زنخري عبد الرازاق** بجامعة قاصدي مرباح بورقلة على تقديمها يد المساعدة لي و الدكتورة **دريسي حبيبة** و الدكتور **ديب ناصر** بالمركز الجامعي بتمرانست .

– كما أتوجه بالشكر إلى الأساتذ **الدكتور دادة موسى بلخير** مدير المركز الجامعي بتمنراست

– كما لا يفوتني أن أتقدم بجزيل الشكر إلى كل أفراد العائلة كبيرا و صغيرا إخوتي الأعزاء **عبد السلام – محمد – مبروكة** و كل أبنائهم و أبناء أخي العيد رحمه الله : **بشير – سليمان – عبد الجليل** و **فتيحة تقني** سامي بمخبر مستشفى سليمان عميرات. كما أتقدم بجزيل الشكر إلى كل الأصدقاء و الله المستعان و عليه التكلان .

الملخص

الهدف من هذه الدراسة هو إثبات قدرة أداء النباتات *Juncus effusus*، *Cyperus papyrus* ، *Typha latifolia* على تنقية المياه المستعملة بنظام تدفق أفقي تحت السطحي ، شملت هذه الدراسة مقارنة بين أحواض مزروعة، حيث كل حوض يحتوي على نوع واحد من هذه النباتات وحوض غير مزروع كشاهد . الدراسة منجزة عبر نموذج تجريبي في منطقة تطهير المياه المستعملة الحضرية بمؤسسة الديوان الوطني للتطهير ONA بمدينة تقرت بولاية ورقلة الجزائر والتي تتميز بمناخ شبه جاف يتكون النموذج التجريبي من أحواض دائرية ذات سعة 130 L مملوءة من الأسفل إلى الأعلى على سمك 45cm بحصى (25/15mm) و 10cm بالرمل . الأحواض مزروعة بسيقان فتية حديثة العمر بكثافة 36 tiges/m^2 . عملية تزويد الأحواض بالمياه المستعملة الحضرية بعد المعالجة الأولية (المعالجة الفيزيائية) بـ 30L في اليوم بوتيرة منتظمة مرة واحدة في الأسبوع والماء المتحصل عليه بعد مكوثه 5 أيام في الحوض يتم تجميعه عبر إناء موضوع أسفل الحوض . بعد هذه الدراسة التي دامت سنة كاملة من شهر جانفي إلى غاية شهرديسمبر 2012 تحصلنا على إزالة الملوثات بالنسب التالية DCO (82.21٪ بالنسبة لـ *Juncus effusus*، 80.49٪ بالنسبة لـ *Cyperus papyrus* و 84.64 ٪ بالنسبة لـ *Typha latifolia*) و DBO_5 (85٪ بالنسبة لـ *Juncus effusus*، 83.7 ٪ بالنسبة لـ *Cyperus papyrus* و 88 ٪ بالنسبة لـ *Typha latifolia*) وMES (94.41٪ بالنسبة لـ *Juncus effusus* ، 93.75 ٪ بالنسبة لـ *Cyperus papyrus* و 94.74 ٪ بالنسبة لـ *Typha latifolia*) وكذلك بالنسبة لـ NO_2^- كانت نسبة الإزالة ما بين (81.75٪ – 82.32 ٪) وNO_3^- ما بين (81.87٪ – 88.63 ٪) وPO_4^{3} ما بين (78.4٪ – 86.75 ٪). كما وجدنا أن هذه النباتات أبدت قدرتها على إزالة الملوثات البيولوجية (البكتيريا) بنسبة كبيرة تفوق 99٪ . سقي الأحواض باستعمال تدفق أفقي أظهر نتائج معتبرة في التخفيض من نسبة الملوثات العضوية والمعدنية المتواجدة في المياه المستعملة كما أن هذه النباتات أبدت تأقلما وتعايشا باستعمال هذه المياه في مناخ المنطقة ، وقدرة التنقية بالأحواض المغروسة بالنباتات كانت أعلى من الأحواض غير المغروسة وكانت نبتة *Typha latifolia* أحسن من حيث أداءها وقدرتها على إزالة الملوثات العضوية وأورتو فوسفور PO_4^{-3} مقارنة بالنبتتين الأخريين ولا يوجد اختلاف كبير في أداء مختلف الأحواض المزروعة .و نخلص القول بأن الانخفاض المعتبر للملوثات والكائنات الضارة يجعلنا نهتم أكثر لإعادة استعمال المياه المعالجة في الزراعة والصناعة.

كلمات دالة : المناخ الجاف، مياه الصرف الصحي، المعالجة بالنباتات المائية، *Juncus effusus* ، *Cyperus papyrus* ، *Typha latifolia* ، منطقة تقرت .

Résumé

L'objectif de cette étude est la mise en évidence des performances épuratoires des plantes: *Cyperus papyrus*, *Juncus effesus* et *Typha latifolia* vis-à-vis des eaux usées sous un régime d'écoulement horizontal sous terrain. Cette étude a englobé une comparaison entre des bassins plantés tel que chaque bassin contient un type de plantes. Et un autre bassin non planté pris comme témoin. L'étude a été effectuée à travers un modèle expérimental dans la zone d'épuration des eaux usées urbaines au niveau de l'office national d'assainissement à Touggourt wilaya d'Ouargla Algérie qui est considéré comme zone semi aride. Ce modèle est constitué de bassins circulaires de 130L de capacité remplis de bas en haut en liant une épaisseur de 45 cm de graviers (15/25) mm et 10 cm de sable. Le bassin est planté de jeunes tiges de densité 36 tiges/m^2. L'alimentation par les eaux usées urbaines se fait après le traitement préliminaire (traitement physique) à raison de 30L/jour et périodique une fois/semaine. L'eau obtenue dans le bassin après une durée de 5 jours est collectée à travers un récipient placé sous le bassin où l'étude a duré une année (de janvier jusqu'à décembre 2012). Nous sommes arrivés à éliminer les polluants selon les taux suivants: Le DCO (82,21% pour *Juncus effusus*, 80,49% pour *Cyperus papyrus* et 84,64% pour *Typha latifolia*). Le DBO (85% pour *Juncus effusus*, 83,7% pour *Cyperus papyrus* et 88 % pour typha latifolia) Le MES (94,41% pour *juncus effusus*, 93,75% pour *Cyperus papyrus* et 94,74 % pour *Typha latifolia*). Pour le NO_2^- le taux de dépollution était (81,75 %- 82,32 %) , NO_3^- (81,97 %-88,63 %) et PO_4^{-3} (78,4 %- 86,75 %). Les résultats révèlent que plantes agissent sur les polluants biologiques (bactériologiques) avec un effet éliminatoire dépassant 99%. Il est aussi possible que le régime d'écoulement horizontal favorise l'élimination des polluants organiques et minérales. La plante *Typha latifolia* s'est plus efficace par rapport aux deux autres plantes concernant son pouvoir d'éliminer les polluants organiques et orthophosphates PO_4^{-3}. En conclusion on peu conclure que la diminution importante des polluants et baciles nuisibles nous permet de s'intéresser à réutiliser les eaux traitées dans l'agriculture et l'industrie.

MOTS-CLÉS : eau usée, macrophyte aquatique traitement, climat aride, *Juncus effusus*,

Cyperus papyrus **,** *Typha latifolia*, région de Touggourt.

Abstract

The objective of this study is to highlight the treatment performance of plants: *Cyperus papyrus*, *Typha latifolia* and *Juncus effesus* vis-a-vis wastewater treatment in a underground horizontal regime flow. This study included a comparison between planted basins, as each basin contains a sample of plants, and a non-planted basin taken as a witness. The study was conducted through an experimental model in the treatment of urban sewage area at the national office of sanitation of Touggourt wilaya of Ouargla in Algeria which is considered as a semi arid zone. This model consists of circular basins 130L of capacity filled from the bottom up by a 45 cm thick gravel (15/25) mm and 10 cm of sand. The basin is planted with saplings density of 36 stems/m^2. The feeding by urban wastewater is performed after preliminary treatment (physical therapy) at 30L/day and once/week. The water obtained in the basin after a period of 5 days is collected through a container placed under the basin where the study lasted one year (January to December 2012). We arrived to remove pollutants by the following rates: The COD (80,49% for *Cyperus papyrus*, 84,64% for Typha latifolia and 84,64% for Typha latifolia). The BOD (85% *Juncus effusus*, 83 7% *Cyperus papyrus* and 88% for *Typha latifolia*). The TSS (94.41% for *Juncus effusus*, 93.75% for *Cyperus papyrus* and 94.74% for *Typha latifolia*). NO_2^- content was decreased at a rate of (81.75% - 82.32%), NO_3^- (81.97% -88.63%) and PO_4^{3-} (78.4% - 86.75%). We also found that the plants are able to remove organic pollutants (bacteriological) by 99%. The plant *Typha latifolia* has given better results compared to the other two plants on its power to remove organic pollutants and orthophosphates PO_4^{-3}. In conclusion we can infer that the decrease of pollutants and harmful baciles allows us to focus on reusing treated wastewater in agriculture and industry.

KEYWORDS: wastewater, macrophyte aquatic treatment, Arid climate , Juncus effusus,

Cyperus papyrus , Typha latifolia, zone of Touggourt.

الفهرس

الملخص			IV
قائمة المخططات			XII
قائمة الأشكال			XIII
قائمة الجداول			XIV
قائمة الرموز			XV
المقدمة			1
الجزء النظـــــري			
الفصل الأول: تلوث المياه وطرق معالجتها			23-3
1- تلوث المياه			3
	1-1 عموميات حول المياه الملوثة		3
		1-1-1 تعريف تلوث المياه	3
		2-1-1 ملوثات الماء	3
		3-1-1 مصادر تلوث المياه	4
		4-1-1 أنواع وحالات التلوث المائي	4
	2-1 مياه الصرف الصحي		8
		1-2-1 تعريفها	8
		2-2-1 مصادر وأنواع مياه الصرف	9
		3-2-1 تركيب مياه الصرف المنزلي وأهم صفاتها	10
		4-2-1 مقاييس تصنيف الملوثات في المياه المستعملة	12
		5-2-1 المعايير والتراكيز المسموح بها	14
		6-2-1 إعادة إستعمال مياه الصرف في حالة معالجتها	15
		7-2-1 الأخطار المرتبطة من جراء إستعمال المياه المستعملة	15
	3-1 معالجة مياه الصرف		16

1-3-1	أهداف معالجة مياه الصرف			16
2-3-1	إشكالية مياه الصرف			17
3-3-1	المبادئ والإجراءات العامة لمعاملة مخلفات الصرف الصحي			17
	1-3-3-1	الوحدات البسيطة Unités Simples		17
	2-3-3-1	وحدات معالجة الصرف الصحي المتكاملة		17
4-3-1	مراحل المعالجة في الميدان			18
	1-4-3-1	محطات تصفية المياه المستعملة بطريقة الحمأة المنشطة		18
	2-4-3-1	المعالجة بالبحيرات : Lagunage		23
	3-4-3-1	معالجة المياه القذرة بواسطة النباتات		23
الفصل الثاني: معالجة مياه الصرف الصحي باستعمال النباتات المائية				**38-24**
1-2	مقدمـــــــــــــة			24
2-2	النباتات المائية المستخدمة ضمن محطات المعالجة بالنباتات			25
	1-2-2	النباتات المائية بارزة *Macrophytes Emerges*		25
	2-2-2	النباتات المائية الغاطسة *Macrophytes Submerges*		26
	3-2-2	النباتات المائية الطافية *Macrophytes Flotents*		26
3-2	أحواض النباتات المستعملة في تقنية مياه الصرف الصحي (المياه المستعملة)			26
	1-3-2	أحواض النباتات ذات السطحي الحر		27
	2-3-2	أحواض النباتات ذات الجريان تحت السطحي الأفقي		27
	3-3-2	أحواض النباتات ذات الجريان تحت السطحي الشاقولي		29
	4-3-2	أحواض النباتات ذات الجريان المتنوع (الأفقي الشاقولي)		30
4-2	دور مختلف مكونات النظام			31
	1-4-2	دور مواد التعبئة		31
	2-4-2	دور النبات		31
	3-4-2	دور الكائنات الدقيقة (الأجسام المجهرية)		34
5-2	آليات إزالة الملوثات وفعالية أحوض المعالجة بالنباتات			34

		1-5-2	إزالة المواد العالقة	35
		2-5-2	إزالة المواد العضوية	35
		3-5-2	آليات فصل وتحويل الأزوت (النتروجين)	35
		4-5-2	إزالة الفسفور	37
		5-5-2	آلية إزالة وفصل المعادن	37
		6-5-2	إزالة الكائنات المهجرية من أصل الإنسان	38
الفصل الثالث: النباتات المائية المستعملة في التنقية				45-39
	1-3		مقدمة	39
	2-3		نبات *Juncus effusus*	39
		1-2-3	التصنيف العلمي	39
		2-2-3	وصف نبات *Juncus effusus*	40
		3-2-3	البيئة و الانتشار نبات *Juncus effusus*	40
		4-2-3	استعمالات نبات *Juncus effusus*	41
	3-3		نبات *Cyperus papyrus*	42
		1-3-3	التصنيف العلمي	42
		2-3-3	وصف نبات *Cyperus Papyrus* البردي	42
		3-3-3	البيئة و الانتشار لنبات *Cyperus Papyrus*	43
		4-3-3	الاستعمالات	43
	4-3		نبات *Typha latifolia* (البوط عريض الأوراق)	44
		1-4-3	التصنيف العلمي	44
		2-4-3	وصف نبات *Typha latifolia*	44
		3-4-3	البيئة و الانتشار لنبات *Typha latifolia*	45
		4-4-3	استعمالات نبات *Typha latifolia*	45
الجزء العملـــــــي				
الفصل الرابع: طرق و أدوات				67-46

1-4	تقديم منطقة الدراسة تقرت			46
2-4	تقديم محطة التصفية بتقرت			48
3-4	البرتوكول التجريبي Protocole expérimentale			49
	1-3-4	العتاد التجريبي المستعمل		49
	2-3-4	الخصائص الفيزيوكيميائية لمواد التعبئة المستعملة		50
	3-3-4	النباتات المستعملة		50
4-4	الوسائط الفيزيوكيميائية و البكترولوجية المقاسة			52
	1-4-4	الوسائط الفيزيوكيميائية		52
		1-1-4-4	تحديد الماد العالقة MES	52
		2-1-4-4	تحديد الطلب الكيميائي للأكسجين DCO	54
		3-1-4-4	تحديد الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5	55
		4-1-4-4	تحديد كمية النتريت NO_2^-	57
		5-1-4-4	تحديد كمية النترات NO_3^-	57
		6-1-4-4	تحديد كمية أرتو فسفات PO_4^{3-}	58
		7-1-4-4	قياس كمية الأكسجين المنحل O_{diss}	60
		8-1-4-4	قياس الأس الهيدروجيني pH	61
		9-1-4-4	قياس درجة الحرارة	62
		10-1-4-4	قياس الناقلية الكهربائية	62
	2-4-4	الوسائط البكترولوجية		63
		1-2-4-4	اختبار الكشف وعد بكتريا القولون الكلية و البرازية Les Recherche et dénombrement de coliformes totaux et fécaux	64
		2-2-4-4	اختبار كشف وعد البكتريا السباحية الكلية و البرازية Les Streptocoque totaux et Fécaux	66
الفصل الخامس: نتائج و مناقشة				87-68
1-5	خصائص مياه الصرف المستعملة في تغذية الأحواض			68

	2-5	مناقشة النتائج			70
		1-2-5	تطور درجة الحرارة T(c°)		70
		2-2-5	تطور الأكسجين المنحل (O_{diss})		71
		3-2-5	تطور الأس الهيدروجيني ألـ PH		72
		4-2-5	تطور الناقلية الكهربائية Ce		73
		5-2-5	تطور المواد العالقة MES		74
		6-2-5	تطور الطلب الكيميائي للأكسجين(DCO)		75
		7-2-5	تطور الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5		76
		8-2-5	تطور إزالة النتريت NO_2^-		77
		9-2-5	تطور النترات NO_3^-		78
		10-2-5	تطور إزالة أرتو فسفات PO_4^{3-}		79
		11-2-5	تطور إزالة البكتريا		80
			1-11-2-5	بالنسبة *Coliformes Totaux*	80
			2-11-2-5	بالنسبة *Coliformes Fécaux*	81
			3-11-2-5	بالنسبة لـ *Streptocoque totaux*	83
			4-11-2-5	بالنسبة لـ *Streptocoque fécaux*	84
			5-11-2-5	بالنسبة لـ *E Coli*	85
الخاتمة					86
المراجع					99-88
الملحق					132-100

قائمة المخططات

الرقم	العنوان	الصفحة
01	المكونات الأساسية للمياه المستعملة المنزلية.	11
02	مراحل معالجة مياه الصرف	24
03	تحطيم المواد العضوية	36

قائمة الأشكال

الرقم	العنوان	الصفحة
01	يبين حوض معالجة بالنبتات ذات الجريان السطحي الحر	27
02	حوض معالجة بالنبتات بجريان تحت السطحي الأفقي	28
03	حوض معالجة بالنبتات بجريان تحت السطحي الشاقولي	29
04	حوض معالجة بالنبتات بالجريان المتنوع (المهجن)	30
05	يمثل نبات Juncus effuses	39
06	يمثل نمو النباتات حول المستنقعات المائية	41
07	يمثل نبات *Cyperus papyrus*	42
08	يمثل نبات Typha latifolia	43
09	خريطة توضح الموقع الجغرافي لمدينة تقرت	44
10	خريطة تبين موقع منطقة الدراسة دائرة تقرت ولاية ورقلة – الجزائر	47
11	صورة بالقمر الصناعي تحدد موضع منطقة الدراسة	48
12	مخطط يوضح مكونات حوض المعالجة بالتدفق الأفقي تحت السطح	49
13	العتاد التجريبي المستعمل	49
14	منحنى التحليل الحبيبي لمواد التعبئة	50
15	التطور الزمني لدرجة الحرارة T° للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة و الشاهد	70
16	التطور الزمني للأكسجين المنحل O_{diss}للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة و الشاهد	71
17	التطور الزمني للأس الهيدروجيني أل PH للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة الشاهد	72
18	التطور الزمني للناقلية الكهربائية Ce للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد	73
19	التطور الزمني للمواد العالقة MES: للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد.	74
20	التطور الزمني الطلب الكيميائي للأكسجين(DCO)للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد.	75
21	التطور الزمن الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5 في للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد.	76
22	التطور الزمني النتريت NO_2: للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد.	77
23	التطور النترات NO_3^- للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد.	78
24	التطور أرتو فسفور PO_4^{3-} للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد	79
25	التطور الزمني لـ Coliformes Totaux للمد خل و المخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد.	80
26	التطور الزمني لـ Coliformes Totaux للمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد.	80
27	التطور الزمني لـ Coliformes Fécauxللمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد.	81
28	التطور الزمني لـ Coliformes Fécaux للمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد.	82
29	التطور الزمني لـ Streptocoque totaux للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد.	83
30	التطور الزمني لـ Streptocoque totauxللمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد.	83
31	التطور الزمني لـ Streptocoque fécaux للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد.	84
32	التطور الزمني لـ Streptocoque fécaux للمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد	85
33	التطور الزمني لـ E.Coli للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد.	86
34	التطور الزمني لـ E.Coli للمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد.	86

قائمة الجداول

الرقم	العنوان	الصفحة
01	المكونات الأساسية للمياه المستعملة ومصادرها وبعض المخاطر وطرق معالجتها.	11
02	قيم الحد الاقصى لمعالم صرف نفايات الوحدات الصناعية	15
03	دور النباتات ضمن محطات الأراضي الرطبة (محطات المعالجة بالنباتات	33
04	أهم آليات الإزالة الرئيسة للملوثات ضمن أحوض النباتات:	34
05	معامل تغير قيمة DBO_5 بدلالة حجم العينة المستعملة	56
06	تمديد العينات و معامل التمديد	59
07	معامل التمديد للحصول على 100ml	60
08	يمثل القيم المتوسطة للوسائط المقاسة للمياه المستعملة الحضرية المستعملة في تغذية الأحواض أثناء عملية التنقية خلال مدة الدراسة	68
09	يمثل(القيم المتوسطة ± الانحراف المعياري) للوسائط المقاسة للمياه المعالجة بالأحواض المزروعة بالنباتات والشاهد Juncus effusus و Cyperus papyrus و Typha latifolia و Témoin أثناء عملية التنقية خلال مدة الدراسة 2012	69
10	التطور الزمني لدرجة الحرارة T^0 خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الاحواض	100-99
11	التطور الزمني للأكسجين المنحلO_{diss} خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الأحواض	102-101
12	التطور الزمني للاس الهيدروجيني PH خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الأحواض	104-103
13	التطور الزمني لتناقلية الكهربائية Ce خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الأحواض	106-105
14	التطور الزمني لـلمواد العالقة MES خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الاحواض	108-107
15	التطور الزمني لـلطلب الكيميائي للاكسوجين DCO خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الأحواض	110-109
16	التطور الزمني لـ الطلب البيوكيميائي للأكسوجين DBO_5 خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الأحواض	112-111
17	التطور الزمني للنتريت NO_2^- خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الأحواض	114-113
18	التطور الزمني للنيترات NO_3^- خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الأحواض	116-115
19	التطور الزمني لـ أورتوفوسفات PO_4^{-3} خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الأحواض	118-117
20	التطور الزمني لـ Coliformes Totaux خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الأحواض	119
21	التطور الزمني لـ Coliformes Fecaux خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الأحواض	120
22	التطور الزمني لـ Streptot coque Totaux خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الأحواض	121
23	التطور الزمني لـ Streptot coque Fecaux خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الأحواض	122
24	التطور الزمني لـ E.Coli خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الأحواض	123
25	جدول « Mac-Crady »	124
26	جدول يبين كيفية قراءة النتائج بطريقة NPP	124
27	النسبة بين DCO وDBO_5 للمياه الخارجة من الأحوض	125

قائمة الرموز

الرمز	التسمية
MTH	Maladies à Transmissions Hydrique
MES	Matières en suspension
CE	Conductivité électrique
pH	potentiel d'hydrogène
O_{dissou}	l'oxygène dissous
PO_4^{3-}	ortho phosphore
NO_2^-	Nitrite
NO_3^-	Nitrate
DCO	Demande chimique en oxygène
DBO_5	demande biochimique en oxygène (05 jours)
WWG	Waste water Gardens (حدائق معالجة المياه المستعملة)
ZHA	Les zones humides artificielles
NPP	Nombre plus probable
BCPL	Bouillon lactose au bromocrésol propre
AFNOR	Association française de normalization
ONA	Office nationale d'assainissement
Roth	Bouillon à l'azote de sodium
LI'TSKY (EVA)	Bouillon à l'azote de sodium et à l'éthyle violet

المـــقدمـــــة

المقدمـــــــة

في أيامنا هذه معظم الدول النامية تواجه مشاكل عدة في البيئة خاصة تلك التى لها علاقة بمعالجة المياه المستعملة حضريا، التخلص من هذه المياه يؤثر على المياه السطحية إذا كانت غير معالجة تصبح هذه المياه مستوطن للبكتيريا، و الكائنات الضارة، و تعطي رائحة كريهة و تكون غير صالحة للاستعمال من طرف الإنسان،[1] [2] [3]، بالرغم من المجهودات المبذولة في إنجاز محطات معالجة المياه المستعملة حضريا بالطرق القديمة الكلاسيكية (الحماة و السرير البكتيري ...) هذه الطرق معقدة بسبب تشغيلها و صيانتها و تكلفتها المرتفعة، [4] حيث نجد معظم دول العالم في اهتمام متزايد من طرف الشعوب للمحافظة على البيئة من التلوث باستخدام طرق و تقنيات حديثة من بينها محطات المعالجة بالنباتات، حيث أثبت كفاءاتها وقدرتها على تحقيق المواصفات المرغوبة لمياه الصرف عن طريق إنقاص نسبة الملوثات و العوامل الممرضة والوصول إلى الحدود المسموحة لاستخدام المياه الناتجة عنها في الزراعة دون استخدام المحاليل الكيميائية.

أساس المعالجة بالنباتات المائية المغروسة تعتمد على الجدمور و الجذور، حيث تشكل حامل لنمو البكتيريا وتصفية المواد العالقة [5]. الجذمور تشكل مع الجذور أكبر مساحة التماس بين التربة و المياه حيث تساعدها على الانسياب داخل التربة [6]. النباتات تسمح للأوكسجين أن يتنقل إلى الجذور عن طريق الأوراق والسيقان[7] [8]، هذا الأوكسجين يساعد على تزايد و نمو البكتيريا التي تقوم هدم المواد العضوية الموجودة ضمن المياه. الجدمور و شبه الجذور تنتج مادة سامة (مضادات حيوية) تقتل البكتيريا الضارة. بالمقارنة بين الطرق الكلاسيكية و طريقة المعالجة بالنباتات نجد أنها أقل تكلفة و سهلة الاستعمال تتطلب إمكانيات قليلة و أقل تأثيرعلى البيئة.

في الجزائر هذه المحطات حديثة الإنشاء، أول محطة لمعالجة المياه المستعملة حضريا آنذاك في منطقة قصر القديم بتماسين تقرت أنجزت في جويلية سنة 2007 بعد ثلاث سنوات من العمل و الخبرة من طرف الباحثين من المعهد الوطني للأبحاث الزراعية INRA بسيدي مهدي تقرت المكلف بمراقبة المحطة، وجد ما يقارب 18 نوع من النباتات من 23 نوع ماتت من بين الفرضيات هو عدم ملائمة هذه النباتات للظروف المحلية (المناخ، مياه الصرف، الملوحة المفروضة) حيث استعملنا في دراستنا هذه ثلاثة أنواع من النباتات المائية التي لها القدرة و التأقلم مع مناخ المنطقة وهي Juncus effusus، Cyperus papyrus ، Typha latifolia. و يعود سبب اختيارنا لهذه النباتات لأنها نباتات محلية موجودة في منطقة تماسين وتقرت ووادي ريغ. و تنمو تلقائيا دون جلبها من مناطق أخرىن، و على سبيل المثال:

نبات Juncus effusus معروف في المنطقة بالاسم الشائع السمار Semmare كما يعرف نبات *Cyperus papyrus* بنبات النجمة ،ونبات *Typha latifolia* معروف في منطقة الهقار بلهجة التوارق باسم أكيوض (*Akiyod*).

هدف عملنا هذا هو قياس مدى فعالية هذه النباتات على تنقية المياه المستعملة الحضرية.و المقارنة فيما بينها من حيث التنقية و مقارنتها بحوض غير المزورع.

من الدراسات التي أجرية في هذا الموضوع ندكر بالخصوص العمل الذي قام به حمادي بالقاسم [173].

الفصل الأول
عموميات حول المياه الملوثة و طرق معالجتها

1- تلوث المياه

1-1- عموميات حول المياه الملوثة

1-1-1- تعريف تلوث المياه

- جاء تعريف منظمة الصحة العالمية عام 1961م لتلوث المياه على أنه : " هو أي تغير يطرأ على الخصائص الطبيعية والكيميائية والبيولوجية للمياه مما يؤدي إلى تغير في حالتها بطريقة مباشرة أو غير مباشرة، بحيث تصبح المياه أقل صلاحية للاستعمالات الطبيعية المخصصة لها، سواء للشرب أو الاستهلاك المنزلي أو الزراعي أو غيره " [9].
- وعرّف هوبكنز وشولز Hopkins et Schulz سنة 1954م الماء الملوث بأنه الماء الذي تنخفض درجة جودته نتيجة لاختلاطه بمخلفات الصرف الصحي أو غيرها من المخلفات فتجعله غير صالح للشرب أو للاستعمال في الأغراض الصناعية. وتأثير مكونات الماء على استعماله يعتمد على تركيز هذه المكونات فإذا كانت بتركيز منخفض بدرجة كافية، فلا يكون لها تأثير ضار عند استعمال الماء في أي غرض، وفي الواقع هناك العديد من المكونات التي يمكن الاعتراض على وجودها بتركيز مرتفع، ولكن وجودها يمكن أن يصبح مقبولا في حالة وجودها بتركيزات منخفضة عند استخدام الماء في غرض معين [10] [11].

1-1-2- ملوثات الماء

تنقسم المواد التي يمكن لها تلويث المياه إلى ثماني مجموعات، وكل منها يضم عدد من المكونات لها خصائص أو تأثيرات معينة على نوعية الماء، وتنحصر هذه المجموعات فيما يلي :

- مواد بيولوجية مسببة للأمراض، مثل البكتريا الممرضة المؤثرة على صحة الإنسان وتسبب له أمراض مثل: حمى التيفويد، الكوليرا، حمى الباراتيفويد والدوسنتاريا.
- مواد سامة مثل الزرنيخ، الرصاص، الزئبق، الكادميوم.....الخ، بالإضافة إلى أنواع مختلفة من المركبات الكيميائية العضوية (مبيدات، مذيبات، منظفات، زيوت ودهون....).
- مغذيات غير عضوية مثل : النيتروجين والفسفور التي تنتج عن إضافة الأسمدة للأراضي الزراعية.
- كيمياويات ذائبة في الماء (أملاح، أحماض وأيونات المعادن الثقيلة)
- مواد صلبة معلقة (أتربة، مواد غير ذائبة).
- مواد مشعة مثل اليورانيوم والراديوم.....الخ.
- حرارة (ذوبانية الأوكسجين تعتمد على الحرارة).
- مخلفات تستهلك الأكسجين الحيوي (مواد عضوية) [10] [11].

1-1-3- مصادر تلوث المياه

تتعدد مصادر تلوث المياه ويمكن تقسيمها إلى:

- مصادر طبيعية وتشمل الجو، المعادن الذائبة، تحلل المواد النباتية، والجريان السطحي للأملاح والكيماويات.
- مصادر زراعية وتشمل الإنجراف المائي للتربة، مخلفات حيوانية (مزارع الإنتاج الحيواني والدواجن)، أسمدة كيماوية ومبيدات، مياه الري.
- مياه الصرف وتشمل الصرف الصحي، والصرف الصناعي، مركبات البحرية والحوادث البحرية.
- مصادر أخرى متنوعة مثل أنشطة البناء، المناجم، الماء الجوفي، أماكن تجمع القمامة، وأماكن إنتاج الإسمنت، .....الخ [10] [11] .

1-1-4- أنواع وحالات التلوث المائي

تتم معالجة مياه الصرف وكذا عملية اختيار طريقة المعالجة الأنجع إتباعها، على حسب أنواع ومصادر المواد الملوثة للمياه ، وبالتالي لابد من الإشارة إلى هذه الملوثات ودورها في تلويث المياه من خلال مناقشة حالات تلوث المياه التالية :

أ - التلوث الحراري

هو من أهم حالات التلوث يحدث نتيجة الحمم البركانية ومحطات توليد الطاقة الكهربائية، وكذلك طرح مياه الصرف الصناعية الحارة المستعملة من أجل التبريد في المصانع والمفاعلات الحرارية، ومحطات تحلية المياه، وتمتاز هذه المياه بارتفاع درجة حرارتها عن المعدل العادي، مما يخل بالتوازن البيئي ويحدث أضرار بالحياة النباتية والحيوانية، ومنه يتضاعف معدل التفاعلات الكيميائية مما يتسبب في إبادة الأسماك والنباتات وإعاقة الحركة بالمجاري المائية [12] [13].

ب - التلوث الإشعاعي

وهو يعبر عن تمركز العناصر المشعة في جسم الكائن الحي (تسبب أمراض خطيرة)، والتي قد تحدث طبيعيا في المياه السطحية التي قد تحتوي على عناصر مشعة طبيعيا، مثل : الراديوم، اليورانيوم، أو بشكل غير طبيعي ناتج من المخلفات الصناعية والتفجيرات النووية، وتعد المحطات الذرية والمستشفيات ومراكز الأبحاث العلمية والصناعات الكهربائية والمولدات التي تعمل بالفحم أو البترول، و من أهم مصادر هذا النوع من التلوث [14] [15].

جـ - التلوث الكيميائي

- **التلوث الصناعي**

يسبب تلوث المياه بالملوثات الكيميائية الصناعية مشاكل خطيرة على الكائنات الحية (حيوانية، نباتية والأحياء الدقيقة)،لأنه يعتبر من أخطر أنواع التلوث، وقد برز كنتيجة طبيعية للتقدم الصناعي الهائل، وخاصة في مجال الصناعات الكيميائية [16].

حيث تقوم المنشآت الصناعية بصرف مخلفاتها ونواتجها الثانوية بدون معالجة في المجاري المائية، وبالتالي تشكل خطرا حقيقا على كل عناصر البيئة وذلك لاحتوائها على مركبات كيميائية سامة، ومما يزيدها خطورة أن أغلبها شديد الثبات وذات أثر طويل.

ومن أهم هذه المواد نجد:

الأحماض ،القواعد، المنظفات الصناعية، الأصباغ، بعض مركبات الفسفور والكثير من المعادن الثقيلة السامة مثل الرصاص و الزئبق مما يتسبب عنها تلوث شديد للمياه التي تلقى فيها [16] [17].

- **التلوث بالمبيدات**

تعد المبيدات المستخدمة في مكافحة الآفات الزراعية من أخطر الملوثات وأكثرها انتشارا، ويؤدي الإسراف في استخدامها إلى تلوث التربة الزراعية ، فغالبا ما يبقى جزء كبير من هذه المبيدات في التربة (نحو15% من الكمية المستعملة) ، ولا يزول أثرها إلا بعد سنوات، وقد تحمل مياه الأمطار بعض هذه المبيدات من التربة إلى المجاري المائية ، حيث تسبب أضرار كبيرة للكائنات الحية الموجودة بها، وقد تضر أيضا كلا من الحيوانات والإنسان، كذلك تمتص النباتات المزروعة بالتربة جزء من هذه الملوثات، وتقوم بتخزينها في أنسجتها ، ومن ثم تنتقل إلى الحيوانات التي تتغذى على تلك النباتات [16] [17].

- **التلوث بالأسمدة الزراعية والكيماوية**

يلجأ الكثير من الفلاحين والمزارعين إلى استخدام المخصبات الزراعية كمركبات الفوسفات، النيترات، وذلك بسبب محدودية الأراضي الزراعية الصالحة للزراعة. وعند استخدام هذه المخصبات عشوائيا، وبشكل غير محسوب فإن جزء منها يبقى في التربة كأحد عوامل تلوثها، فعند سقي هذه الأراضي الزراعية المحتوية على هذه المخصبات الزراعية الزائدة عن حاجة النبات، فإن جزء منها يذوب في مياه الري، ويصل إلى المياه الجوفية، وبالتالي يزيد من نسبة كل من مركبات الفوسفات والنيترات في هذه المياه، كما تقوم مياه الأمطار بدور هام كذلك من حمل ونقل لهاته المركبات بمساهمة مياه الصرف الصحي الزراعي والمياه الجوفية وبالتالي نقلها إلى المجاري المائية المجاورة [18].

ـ التلوث بالمخلفات النفطية

تتلوث مياه البحار والمحيطات بزيت البترول لعدة أسباب منها الحوادث البحرية التي تحدث لناقلات البترول، أو بعض الحوادث التي تقع أحيانا أثناء عمليات الحفر لاستخراج البترول من الآبار البحرية، أو تسرب البترول من بعض الآبار المجاورة لمصادر المياه، أو تلف بعض خطوط نقل المحروقات، وينتج أيضا هذا التلوث من خلال إلقاء بعض النفايات والمخلفات البترولية من ناقلات البترول أثناء سيرها في البحار والمحيطات.

يكون زيت البترول طبقة رقيقة تنتشر تدريجيا فوق سطح الماء، وتتسع رقعة هذه الطبقة مع الوقت نتيجة الرياح والأمواج، وبمجرد انتشار الزيت فوق الماء تبدأ المكونات الطيارة من الزيت في التبخر، ملوثة هواء المنطقة المحيطة وغالبا ما تعمل بقع الزيت كمذيب وتبدأ باستخلاص كثير من المواد الكيميائية المنتشرة في مياه البحار كالمبيدات والمنظفات الصناعية، وغيرها من المواد التي يلقيها الإنسان في مياه البحار، مما يرفع في تركيزها في المنطقة المغطاة بالزيت.

وجزء من طبقة الزيت التي تغطي سطح الماء يختلط بالماء ليكون معه مستحلبا تتعلق به دقائق الزيت المتناهية الصغر، وبمرور الوقت يختلط هذا المستحلب بالمياه تحت السطحية ويمتزج بها ملوثا طبقات المياه العميقة، كما يمتص المستحلب بعض العناصر الثقيلة كالزئبق والرصاص ..... فيزداد تركيزها في المنطقة المحيطة بالبقعة وتظهر أثارها السامة في هذه المنطقة، هذا وقد تدفع الرياح والأمواج الزيت إلى الشواطئ فتلوث رمالها، وتحولها إلى منطقة عديمة الفائدة [16] [17].

ـ التلوث بالأمطار الحامضية

هي الأمطار الملوثة بالغازات الحمضية خاصة أكاسيد الكبريت والتي تتحول نتيجة سلسلة من التفاعلات إلى حمض الكبريتيك، وأكاسيد النيتروجين التي بدورها تتحول إلى حامض النتريك (ناتجة من انبعاث الغازات نتيجة عملية احتراق الوقود من الصناعات المختلفة)، وتعود هذه الأحماض إلى التربة ومختلف مصادر المياه في الطبيعة، وتؤدي إلى حدوث أضرار بمياه المسطحات المائية خاصة المقفلة نتيجة رفع حموضتها مما يؤثر على الأسماك وكثير من الكائنات الحية الأخرى، ويحدث مثال هذا في الأنهار كذلك مثلا: نهر" توفدال Tovdal " بالنرويج الشهير بوجود أسماك السلمون، ولكن أصبح بفعل هذه الأمطار الحمضية لا يوجد به أسماك أو أي نوع من أنواع الكائنات الحية الأخرى، وتؤثر كذلك الأمطار الحمضية على مياه الشرب عن طريق تسببها في تآكل بعض القنوات فتزداد نسبة الرصاص في مياه الشرب وحدث ذلك في أحد خزانات مياه الشرب لولاية ماساشرستس الأمريكية، ويؤدي كذلك تآكل القنوات إلى تسرب مياه الصرف الصحي واختلاطها بمياه الشرب. كما تتسبب هذه الأمطار بإذابة بعض المعادن الثقيلة والمواد السامة مثل: الرصاص، الزئبق والألمنيوم، النترات من التربة حاملة إياها إلى الأنهار،

و البحار والبحيرات، وكذلك المياه الجوفية مسببة أضرار للكائنات الحية، وتؤثر على صحة الإنسان من خلال شرب هذه المياه الملوثة والتغذي على الأسماك والكائنات البحرية [14].

هـ - التلوث البيولوجي

- **التلوث بمياه الصرف الصحي**

هي مياه المجاري المستعملة والتي تحمل فضلات دورات المياه بما تحتويه من فضلات عضوية وشوائب ومنظفات صناعية وبكتريا، وكذا فيروسات،الكائنات الدقيقة .....الخ، وهي كذلك المياه التي استخدمت في الأغراض المختلفة من مصانع وخلافه، ويتم التخلص من هذه المياه في الكثير من الدول عن طرق تصريفها إلى المسطحات المائية المختلفة دون معالجتها، على الرغم من خطورة هذا العمل، حيث تكون هذه المياه ملوثة بالمواد العضوية والمواد الكيميائية (كالصابون والمنظفات الصناعية) وبعض أنواع البكتريا الضارة، بالإضافة إلى المعادن الثقيلة السامة والمركبات الهيدروكاربونية، ويؤدي ذلك إلى حدوث أضرار جسيمة مثل تقليل نسبة الأوكسجين في الماء والموت الجماعي للأسماك والأحياء المائية وتعفن المياه، كذلك تساهم في انتقال الكثير من مسببات الأمراض الخطيرة المتنقلة عبر المياه والتي يمكن أن تصل الإنسان وتصيبه من جراء تلوث مصادر المياه بمياه المجاري(الغير معالجة) [16].

- **التلوث بالطحالب**

تحتوي المياه السطحية على الكثير من الكائنات الحية النباتية التي تغير من طبيعة المياه (الطعم، الرائحة، اللون) ونوعيتها حيث يتم حصرها فوق أسطح المياه مما يؤدي إلى انبعاث الروائح الكريهة، ومن المعروف أن صرف مياه المجاري في الأنهار والبحيرات يزيد من هذه المشكلة لأن المخلفات تعمل كسماد جيد للطحالب تزيد نموها بدرجة هائلة، كما أن للطحالب أضرار اقتصادية متمثلة في إتلاف السفن إذ تساهم في تكوين ما يعرف بإسم تلف المراكب إذ تترسب عليه هذه الطحالب بكثرة في جدران السفن (قد تصل إلى عشرات الأطنان) مما يؤدي إلى خفض سرعتها وزيادة استهلاك الوقود، ولذلك تطلى هياكل السفن بنوعية من الطلاء تحتوي على مركبات النحاس والزئبق يعمل الأول على وقايتها من التآكل، ويعمل الثاني على حمايتها من ترسب الطحالب [14].

- **التلوث بالبكتريا**

نظرا لفقر الماء إلى العناصر الغذائية فإن معظم البكتيريا التي تصل إلى الماء الصافي أو النقي لا تستطيع النمو فيه، غير أنها يمكن أن تعيش لفترات متفاوتة قد تصل إلى عدة شهور، أما الأنواع الممرضة فإنها لا تستطيع النمو في هذا الوسط المائي.

تعتبر مياه الصرف هي المصدر الوحيد لتلوث مياه الشرب بالميكروبات الممرضة وهذه المياه إذا كان مصدرها أناسا أصحاء فإنها في الغالب لا تحتوي على ميكروبات ممرضة، أما إذا كانت ناتجة عن أشخاص مرضى فإنها تشكل مصدر خطير للعدوى، ومن أهم الأمراض هي : التيفود (والبكتريا المسؤولة عنه هي جنس السالمونيلا(*Salmonella typhi*) ، والباراتيفود والدوسنتاريا، والكوليرا (Vibrio cholerea)، لذلك فإن الأشخاص الذين يستعملون مياه الأنهار والبحيرات التي تلقى فيها مياه المجاري يكونون عرضة للإصابة بعديد من الأمراض، وإذا حدث تسرب من مياه المجاري إلى بئرأو مصدر مائي للشرب فأنه ينصح بأنه غير أمن للشرب، ولذلك فإنه من الطبيعي والضروري اختبار الماء ميكروبيولوجيا وكيميائيا لضمان سلامته [19].

1- 2 ـ مياه الصرف الصحي

1-2 -1- تعريفها

- هي المياه العادمة التي استخدمت من طرف الإنسان في مختلف المجالات تكون هذه المياه ملوثة بواسطة مواد تغير من خصائصها الكيميائية أو تغير من طبيعتها مما يجعلها غير صالحة للإنسان أو الحيوانات أو النباتات أو الكائنات التي تعيش في البحار والمحيطات [20].
- الماء المستعمل هو الماء الملوث الذي يتركب من المواد الغريبة التي تفسد خواصه الكيميائية، مما تجعله غير صالح للإنسان، أو كما يمكن أن تكون ذات مصدر صناعي ذو مكونات مختلفة سواء كانت كيميائية، عضوية أو معدنية حسب طبيعة النشاط الصناعي [21].
- تحتوى مياه الصرف عن ما يزيد عن 99 % ماء والباقي عبارة عن خليط 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.

1- تتحدد نوعية مياه الصرف الطبيعية باللون، الرائحة ، العكارة، درجة الحرارة، التي تكون عادة أعلى من حرارة الجو.

2- تتحدد نوعية مياه الصرف الكيميائية بمحتواها من المواد العضوية والغير العضوية.

- يعتبر المحتوى العضوي العامل الأساسي في تلوث مياه الصرف، حيث تمثل المواد البروتينية المجموعة الرئيسية للمحتوى العضوي وتقدر بحوالي 50% ويليها في ذلك المواد الكربوهيدراتية

التي تكون حوالي 45% ثم الدّهون والزيوت التي تكون حوالي 5%، تتحلل المواد البروتينية والكربوهيدراتية تحلل سريع في حين أن الدّهون و الزيوت تكون أكثر ثبات و يكون تحللها بطئ.

- وقدر عدد سكان العالم الذين يلقون مخلفاتهم في البيئة دون أي معاملة 1700 مليون شخص على مستوى العالم في إحصاء تم سنة 1990 [21].

الخواص الأساسية للماء الملـوث

الماء مذيب للكثير من المواد : الغازية، السائلة، الصلبة ، مياه الأمطار تتشبع أثناء سقوطها بالغازات المتواجدة في الجو، أما الجارية في داخل الأرض أو على سطحها فإنها تذيب كثيرا من الأملاح المعدنية والمركبات العضوية لذلك نجد المواد في الماء مختلفة و متنوعة ومن أهمها مايلي :

أ- الشوائب الصلبة المعلقة

وهي الأجسام الصلبة ذات الكثافة الأعلى من كثافة الماء، غير أن بقاءها على شكل معلق مرتبط بحركة المياه فكلما كانت تلك الحركة أقوى كلما ازدادت إمكانيات بقاء الأجسام المعلقة ضمن الوسط المائي وتتعرض لفعل الترسيب (أو التركيد) عندما تهدأ حركة المياه، أما طبيعة الأجسام المعلقة فهي إما معدنية مثل الرمال والتراب ، أو عضوية كبقايا النباتات و الحيوانات أو حيوية مثل البكتيريا .

ب- المواد الصلبة المنحلة

ومنها أملاح معدنية منحلة (كلوريدات، كبريتات، كربونات..)، ومركبات عضوية طبيعية ناتجة عن انحلال البقايا النباتية و الحيوانية [20] .

ت- الغازات المنحلة

أهمها غاز الأكسجين ، غاز الأزوت ، غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز كبريت الهيدروجين .

ث- الأحياء الدقيقة

وهي الأجسام الحية الدقيقة كالفيروسات والبكتيريا والطحالب..... وهي المسؤولة عن تفكيك المادة العضوية الموجودة في الماء [22].

1-2-2- مصادر وأنواع مياه الصرف

هناك عدة تصنيفات لمياه الصرف : فقد صنفها CHOCAT (1997) و OUALI (2001) إلى مياه مستعملة صناعية وأخرى منزلية، ولكن(RICHARD , 1996 et BOUZIANI,2000) [15] [23] أضافوا المياه المستعملة الفلاحية ومياه الأمطار [12]

و من أهم أنواع مياه الصرف هي :

أ – مياه الأمطار الملوثة

مياه الأمطار تسقط عموما ملوثة بسبب الملوثات الموجودة في هواء، المناطق الصناعية تكون ملوثة بدرجة قوية في الأماكن التي بها مصانع كيميائية كثيرة أو حينما تسقط على الأرض، فمنها ما يسقط على الأراضي الزراعية ومنها ما يسقط على الطرقات وسطوح المنازل، وبالتالي فهي عامل من عوامل إيصال الرمال إلى شبكات الصرف. تجد مياه الأمطار طريقها إلى شبكة مواسير الصرف عن طريق بالوعات الشوارع حاملة معها بعض المواد العالقة مما قد تجده أمامها على الأسطح و الشوارع و الطرقات [12].

ب - مياه غسيل الشوارع

تصرف في البالوعات و منها إلى شبكة الصرف حاملة معها بعض الرمال و الورق مما تجره أمامها في الطرقات.

جـ - المياه الصناعية

تشمل مياه صرف المصانع المختلفة في المدينة و هي تختلف في كمياتها من مصنع إلى أخر فبينما نجد المياه المستعملة في التبريد تكاد تكون خالية من الشوائب كما نجد أن المخلفات الناتجة عن صناعة الورق مثلا تحتوي على تركيز عالي جدا من المواد العالقة الذائبة عضوية كانت أم غير عضوية . وهذه المياه تختلف في طبيعتها عن المياه المنزلية لاحتوائها على مواد كيميائية ومواد سامة الآتية من المصانع وكذا المخابر والمستشفيات، هذه المياه تطلق روائح كريهة وسامة خاصة عند ارتفاع درجة الحرارة [22].

د- مياه الرشـــــح

تمثل مياه السيلان التي قد تدخل إلى مواسير الصرف خلال الوصلات غير متقنة أو من خلال غطاء الماسورة نفسها إذا كان مساميا.

هـ - مياه الصرف المنزلي

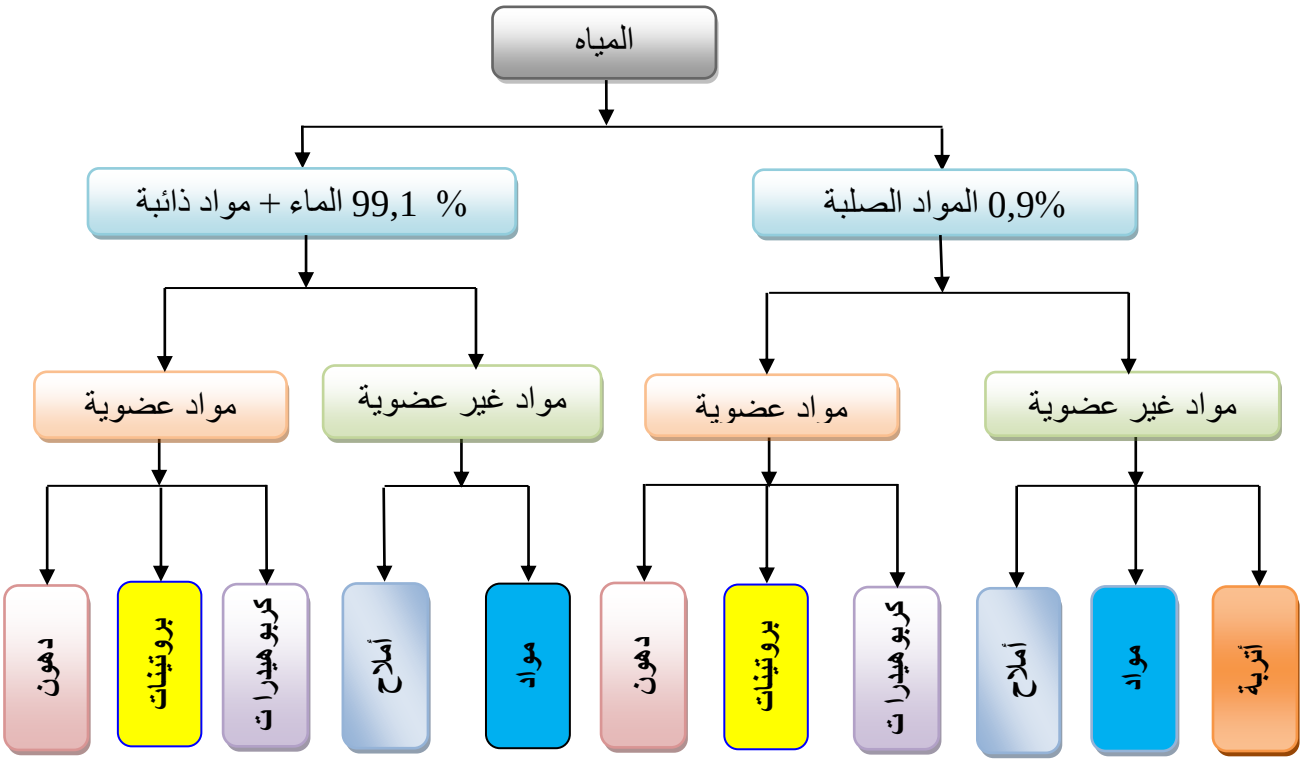
تأتي من مختلف الاستعمالات المنزلية للماء وتحمل خاصية التلوث العضوي وتنقسم إلى قسمين :

- المياه المنزلية يكون مصدرها الحمامات، المطابخ وهي في العموم تكون غنية بالمنظفات، الدهون الصابون وشوائب أخرى
- مياه النفايات التي تعبر المراحيض التي تكون غنية بمختلف المواد العضوية الآزوتية (بوراز وبول) والفيروسات الخطيرة

1-2-3- تركيب مياه الصرف المنزلي وأهم صفاتها

تتكون أساسا من المخلفات البشرية (بوراز، بول، مياه الغسيل) [9]. تتغير مكونات مياه الصرف من وقت لأخر على مدار السنة و الشهر و اليوم بتغير كمياتها وتتكون في المتوسط من 99.1 % ماء ومواد ذائبة 0.9% مواد صلبة و سواء كانت عالقة أو ذائبة عضوية أو غير عضوية المنشأ [24] .

المخطط والجدول التاليان يوضحان بصفة عامة أهم المكونات الصلبة للمياه المستعملة المنزلية [24] [25].



المخطط **(01) :** المكونات الأساسية للمياه المستعملة المنزلية.

عندما نعاين ونحلل الماء المستعمل نجد فيه من بين الملوثات المكونة للمياه المستعملة تلك الممثلة في الجدول التالي:

جدول (01) : المكونات الأساسية للمياه المستعملة ومصادرها وبعض المخاطر وطرق معالجتها.

نوع الملوث	مصدره	المخاطر الناجمة	نوع المعالجة
مواد صلبة(حجارة، مواد بلاستيكية،أتربة عالقة..)	- نفايات منزلية - ما تجره السيول .	إعاقات في استعمال هذه المياه (انسداد أنابيب نقل المياه)	معالجة فيزيائية كلاسيكية (غربلة،ترشيح، تركيد..).
زيوت صناعية	نفايات منزلية، نفايات صناعية (محطات غسل وتشحيم السيارات ....).	تلوث البيئة ،تسمم المياه....	معالجة فيزيائية كلاسيكية (فصل الزيوت).
مواد عضوية منحلة مواد كيميائية : (معادن ثقيلة مثل الرصاص ، الزئبق)	- استعمالات منزلية - مبيدات فلاحيه - مخلفات المستشفيات - مخلفات صناعية	حالات تسمم وأمراض أخرى خطيرة	- معالجة بيولوجية - معالجة كيميائية

4-2-1- مقاييس تصنيف الملوثات في المياه المستعملة

أ- درجة الحرارة : T(°C)

تعتبر درجة حرارة البيئة المائية عاملا مهما في التوازن البيئي، والتغير المفاجئ في درجة الحرارة يعود إلى طرح مخلفات صناعية منها الكيماوية والبترولية وبعض المعادن الثقيلة [26] .

ب- الدليل الهيدروجيني (pH)

هو تركيز شوارد الهيدروجين H^+ في الماء، حيث يكون في الحالة الطبيعية بين(6-8.5) ويشكل وسط واقي أي غير قابل للتحولات السريعة في pH، لكن مياه الصرف الصناعية تغير في قيمة المجرى المائي فمثلا مياه الصرف الناتجة عن مصانع الغازات يكون pH مابين (3-3.5) [26].

ج- الناقلية الكهربائية (CE)

تحتوي المياه الطبيعية على تراكيز خفيفة من الأملاح المعدنية المتشردة وبالتالي فجميعها تشارك في الناقلية الكهربائية وتنتج الناقلية العالية عن ارتفاع نسبة الملوحة بسبب الملوثات المعدنية.

د- المواد العالقة (MES)

تمثل المواد غير الذائبة و الموجودة في مياه الصرف و تضم المواد العضوية و المعدنية و يرمز لها بـ: MES أي Matière en suspension يعبر عنها ب: ملغ/ل. القيمة القصوى للمواد العالقة لا تتجاوز 35ملغ / ل لكي نستطيع رميها في المحيط بدون خطورة أما إذا تجاوزتها تصبح خطر على المحيط فيجب معالجة هذه المياه حسب (المرسوم التنفيذي رقم 06-141 المؤرخ في 19افريل 2006)

هـ - المـــواد العضويـــــة

تتواجد على أشكال مختلفة فيزيائية فقد تكون :

- جزيئات كبيرة أو صغيرة مثل : سكريات(نشاء، سيليلوز)، أحماض عضوية طيارة، ، البولة.
- غرويات منحلة: تتكون أساسا من مركبات الأزوت Azote، كربون Carbone، أوكسجين Oxygène، الكبريت Soufre، الفسفور Phosphore ، ويتم تقييم المواد العضوية من خلال تحديد نسبة DCO ،DBO_5 [27].

- اختبار الطلب البيوكيميائي للأوكسجين DBO_5

وهو عبارة عن كمية الأوكسجين المستهلكة من طرف الكائنات الحية الدقيقة الهوائية لتحليل أو تفكيك المادة العضوية مع استهلاك الأكسيجين المنحل، يتم تقدير كمية الأوكسجين المفقود بحساب DBO_5 ، فكلما زاد الطلب البيوكيميائي للأكسيجين DBO_5، كلما كانت نسبة المواد العضوية كبيرة أي زيادة نسبة تلوث المياه القذرة.

كما يمكن تلخيص أهدافه بما يلي:

- تحديد كمية المواد العضوية الممثلة والقابلة للتحلل.
- معرفة قدرة الوسط على القيام بعملية التنقية الذاتية.
- تحديد درجة التلوث العضوي.

معدل DBO_5 في المياه المستعملة المنزلية (150– 500)ملغ/ل [19].

- اختبار الطلب الكيميائي للأوكسجين DCO

يعرف بأنه مقدار الأكسجين المستهلك من أجل أكسدة كيميائية للمواد العضوية المسببة لتلوث المياه لكل واحد لتر من المياه، هذه لا تتأثر بفعل الكائنات الحية الدقيقة وغير قابلة للتحلل البيولوجي ومثال ذلك المواد السيليلوزية.

ومن أجل أكسدة هذه المواد تستعمل مؤكسدات قوية مثل ثاني كرومات البوتاسيوم، وبقياس DCO يمكن الحصول على نتائج سريعة، كما أن هذه العملية لا تحتاج إلى حضن العينات [28].

ك- النيترات (NO_3^-)

أثبتت الأبحاث الطبية مضار النيترات على الصحة وخاصة على الأطفال بالإضافة إلى تزايد النيترات بشكل كبير في المياه الجوفية والسطحية نتيجة التوسع الكبير في استعمال الأسمدة الآزوتية والكيماوية.

إن تحديد تلوث المياه بالنيترات عملية صعبة نتيجة التحولات المستمرة للأزوت ضمن حلقة متكاملة تعرف بحلقة الأزوت، توضح هذه الحلقة أن النيترات تمثل المرحلة النهائية لأكسدة المركبات العضوية الآزوتية ولذلك فإن وجودها في المياه الملوثة يشير إلى سير عملية التنقية الذاتية، تأتي بالنيترات المتواجدة في المياه الطبيعية بفعل جريان المياه على سطح التربة في مرحلة تشكل الأنهار، يضاف إليها النيترات القادمة مع مياه الصرف، والنيترات الناتجة عن أكسدة البكتريا للفضلات العضوية الآزوتية [28].

ل- النتريت (NO_2^-)

تمثل شوارد النتريت مرحلة انتقالية من شوارد النيترات وشوارد الأمونيوم ضمن عملية الأكسدة والإرجاع لهما، وذلك فإن شوارد النتريت المتواجدة في الوسط المائي ناتجة عن إرجاع النيترات أو عن أكسدة شوارد الأمونيوم ولا يوجد مصدر طبيعي للنتريت [28].

و- أرتوفوسفات (PO_4^{-3})

ينشأ الفوسفات في المياه السطحية من مصدر طبيعي ومصدر صناعي كالأسمدة، المنظفات الصناعية تتواجد شوارد الفوسفات في الماء بأشكال مختلفة تبعا لقيمة pH الوسط، حيث تكون المياه الطبيعية ذات pH بين (5 - 8) تحتوي شوارد الفوسفات أحادية وثنائية الهيدروجين ($H_2PO_4^-$,HPO_4^{-2}) ، يعتبر الفوسفات المنحل في مياه الري مادة مغذية للنباتات غير أن ارتفاع نسبته أكثر من 60ملغ/ل يؤدي إلى تغير في بنية بعض النباتات كما أن الأسماك تتغذى بالفوسفات المنحل في المياه،[28].

ي - الكائنات الحية الدقيقة

تحتوي مياه الصرف على la flore : مجموع الكائنات الحية الدقيقة خاصة البكتيريا القولون البرازيـــة Bactérie Coliformes Fécaux ، تضـــم Les *Entérobactéries* مثـل : *Escherichia choli* Nitrobacter klebsiellam ، *Entérobactérie*، و التي تتمثــل : Les coliformes Totaux أمـــا Les coliformes Fécaux فتتمثل في : Escherichia coli بالإضافة إلى البكتريا السباحيــة البرازية (*les Streptocoques Fécaux*) مثل: S. faecalis، S.faecium، S.bovis تتواجد البكتيريا اللاهوائية إجباريا بإعداد أكبر من الهوائية في مياه الصرف غير المعالجة بمعدل 10^4 إلى 10^5 في 1 مللتر. من المستحيل ذكر جميع الأجناس أو الأنواع أو المجموعات المتواجدة والمعروفة لأن براز الإنسان يحتوي على 300 إلى 400 جنس مختلف، كما نجد بكتيريا Aeromonas بتركيز مساوي أو أكبر من تركيز Entérobactérie، رغم مصدرها غير البرازي (من 10^5 إلى 10^6 في1ملل) [29] .

1-2-5- المعايير والتراكيز المسموح بها

في إطار المحافظة على البيئة والصحة العامة قامت منظمة الصحة العالمية (OMS) بفرض معايير من خلالها تحديد قيم الحد الأقصى لمعايير الصرف نفايات الوحدات الصناعية السائلة (مرسوم تنفيذي رقم 93-160مؤرخ في 20 محرم عام 1414 الموافق 10جويلية 1993ينظم النفايات الصناعية السائلة) الموضحة في الجدول أدناه:

جدول رقم (02) : قيم الحد الأقصى لمعالم صرف نفايات الوحدات الصناعية

المقاييس	القيمة
درجة الحرارة	30م^0
pH	6.5-8.5
المواد العالقة MES	30ملغ/ل
الطلب الحيوي للأوكسجين DBO_5	30ملغ/ل
الطلب الكميائي للأوكسجين DCO	90 ملغ/ل
الأزوت N	50 ملغ/ل
الفوسفات PO_4^{-3}	02 ملغ/ل
الزنك	02 ملغ/ل
الكروم	0.1 ملغ/ل
المنضفات	01 ملغ/ل
الزيوت والدهون	20 ملغ/ل
الأكسجين المنحل Oxy.diss	2-5ملغ/ل
النتريت NO_2^-	0.1ملغ/ل

1-2-6- إعادة استعمال مياه الصرف في حالة معالجتها [30]

يمكن استعمال مياه الصرف بعد معالجتها في عدة مجالات وهذا طبعا بعد أن تجرى لها العديد من الفحوصات والتحاليل المخبرية لتأكد من صلاحية استعمالها ومنها :

- السقي والري الفلاحي خاصة نباتات الزينة والأشجار غير المثمرة.
- الاستعمال الصناعي، وكذا استعمالها في غسيل الشوارع والطرقات.
- الاستعمال المنزلي.

1-2-7- الأخطار المرتبطة من جراء استعمال المياه المستعملة

أ- أخطار الأرض والفلاحة

- زيادة الملوحة.
- نقل وانتقال المواد السامة.
- خطر تلويث المياه الباطنية عن طريق الترشيح والنفاذ المباشر للمياه المستعملة.

ب- الأخطار الصحية على الإنسان

- الأمراض المتنقلة عن طريق المياه
- الإصابات البكترية (الأمراض التي تسببها البكتريا)
- الكوليرا Le choléra: (Vibrio cholera).
- التيفويد Les fievresthypho- paratyphiques والبكتريا المسؤولة عنه هي السالمونيلا.
- الإسهال العصوي والتسمم البوتيلي Botulique والبكتريا المسؤولة عنه هي: Clostridium بالإضافة إلى الإصابات الفيروسية، الإصابات الطفيلية.

2 - معالجة مياه الصرف

2-1- أهداف معالجة مياه الصرف

تتم معالجة مياه الصرف من أجل [31]:

- القضاء على الكائنات الدقيقة " خاصة الممرضة " التي تسبب الأمراض المتنقلة عبر المياه MTH (Maladies à Transmissions Hydrique)
- بالإضافة إلى إزالة المواد العالقة. .وكنتيجة لذلك نتحصل على نقص في تركيز المواد الملوثة :
  - 50% مواد عالقة MES .
  - 30% DCO الطلب الكميائي الأوكسجين.
  - 10% من الأزوت والفسفور.

رغم إزالة تلك المواد إلا أن البعض منها تبقى في صورة منحلة مثل : الألمنيوم ، الفسفور ، وتتم إزالتها بطرق بيولوجية بهدف :

- تقليل من مقدار المادة العضوية .
- التخفيض من كمية النتريت وتحويله إلى نترات .
- تقليل كمية الأزوت بتحويله إلى أزوت جزيئي .
- التقليل من الفسفور.
- الحفاظ على الصحة العمومية والبيئة.
- استرجاع مياه الصرف من أجل إعادة استعمالها في عدة أغراض مختلفة.
- استعمال الحمأة المحصل عليها من المعالجة في عدة أغراض (كالفلاحة).

2-2- إشكالية مياه الصرف

الماء عنصر كيميائي ثابت، وهو ضروري لحياة الإنسان لكنه هش بيئيا فهو يتلوث بسرعة لأنه وسط مساعد على تجمع ونمو الكثير من الملوثات العضوية والمعدنية ناجمة عن الاستعمالات المنزلية والصناعية.

إن أهمية الماء وقلة مصادره خاصة في بلادنا تستدعي ضرورة استرجاعه، هذه الضرورة تطرح عدة إشكاليات وتحديات نظرا لما سبق ذكره.

2-3- المبادئ والإجراءات العامة لمعاملة مخلفات الصرف الصحي

من الطبيعي أنه لا يمكننا التخلص من مياه مخلفات الصرف الصحي دون معالجتها، نظرا لما يمكن أن تسببه من أضرار فادحة على البيئة والإنسان مثلا : احتمال انتشار الأمراض ، وتلوث بعض المياه المستعملة للسباحة وتسربها إلى مصادر مياه الشرب، وانتقال المواد السامة والأمراض إلى بعض الأحياء البحرية ، و من ثم انتقالها للإنسان ، وتلوث البيئة.....الخ.

وفي ضوء ما سبق فقد كان من الضروري معالجة هذه المياه والمخلفات العالقة بها لإزالة أو التقليل من خطرها على البيئة قبل التخلص منها وهناك طريقتين هما :

2-3-1- الوحدات البسيطة Unités Simples

وهذه تستعمل للمجمعات الصغيرة كالفنادق وخلافه وتعتمد على تجميع مياه الصرف الصحي في خزّانات مقفلة يتم في البداية ترسيب المواد الصلبة فيها بواسطة مواد مساعدة ، يلي ذلك استعمال أنواع من البكتيريا اللاهوائية في تحليل المخلفات الصلبة .

وبعد ذلك يتم ضخ هذه المخلفات بعد تحليلها تحت سطح التربة لكي تتم عمليات تحلل إضافية بواسطة البكتيريا اللاهوائية، وهذه الطريقة تكون في الغالب غير مكتملة ، لأن الناتج يظل حاملا للروائح الكريهة كما أن احتمال تسربها إلى مياه الشرب بعد ضخها تحت سطح التربة احتمال قائم [25] .

2-3-2- وحدات معالجة الصرف الصحي المتكاملة

وهي وحدات ضخمة تستعملها السلطات المسؤولة عن هذا القطاع لضمان معالجة كميات هائلة من المخلفات وضمان خلوها من المكروبات والنواتج الضارة وفي هذه الوحدات تعتمد المعالجة على ثلاث مراحل مختلفة :

المرحلة 01 : المعالجة الأولية traitement primaire

وتشمل إزالة المخلفات الصلبة بأحجامها المختلفة ، ثم ترسيب المواد الصلبة العالقة .

المرحلة 02 : المعالجة الثانوية (الحيوية) traitement biologique

و يتم فيها تحليل المواد العضوية الصلبة المترسبة من المرحلة الأولى على عدة مراحل بواسطة أنواع من البكتيريا في خزانات ذات تهوية للسماح للبكتيريا الهوائية إجراء عملية التحليل، ثم بعد ذلك تحويل

المخلفات الناتجة إلى خزانات غير مهواة للسماح للبكتيريا اللاهوائية بالقيام بعملية تحليل للتخلص من كل النواتج الصلبة .

ومن أهم أنواع البكتيريا المستعملة في هذه الوحدات :

1) بكتيريا سالبة الغرام مثل. Alcoligenes. Zooglaea, Achromobacter

2) الفطريات : Fusarium. Trisporom [25]

المرحلة 03: المعالجة المتقدمة: ويتم في هذه المرحلة التخلص من أي عناصر ملوثة قد تكون باقية بعد المرحلة السابقة ، مثل الحبيبات الصغيرة وعناصر مركبات الفوسفات والنتريت ثم معالجتها بالكلور وهذا من أجل ضمان القضاء على أي ميكروبات قد تكون باقية . وفي هذه المرحلة يكون لدينا ناتج نضيف غير ملوث ذو محتوى DBO_5 منخفض يمكن ضخه في المسطحات المائية المختلفة أو استعماله في ري المزروعات ، دون أي احتمال يخشى منه [19] .

2-4- مراحل المعالجة في الميدان: هناك طرق عديدة معتمدة لمعالجة المياه المستعملة سنحاول أن نتطرق إلى أنجع الطرق في تصفية مياه الصرف:

2-4-1- محطات تصفية المياه المستعملة بطريقة الحمأة المنشطة

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

أ- المعالجة الأولية (المعالجة الفيزيائية) Traitment Primaire

فصل الصلب عن السائل وكذلك فصل الأطوار غير المائية مثل الزيت عن الماء

ظهرت المعالجة الفيزيائية-الكيميائية المستقلة كمنافس للمعالجة البيولوجية منذ حوالي 1970. إن المعالجة الكيميائية الأكثر انتشارا هي ضبط pH المياه الملوثة وذلك لأن المياه الملوثة الصناعية لا يسمح بصرفها مباشرة إلى شبكات الصرف الصحي أو المياه الطبيعية ما لم يتم تعديلها لقيم وسطية حوالي 7 لتجنب الضرر البيئي. المياه الملوثة القلوية تعدل باستخدام حمض الكبريت مثلا، والمياه الحامضية تعدل باستخدام ماءات أو كربونات الصوديوم [21].

المرحلة الأولى(الغربلة)

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

1 - نزع المواد الكبيرة الحجم Le dégrillage

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

2 - نزع الرمل Le déssablage

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

3 - الترسيب La decantation (precipitation)

خلال هذه المرحلة تمر مياه الصرف إلى أحواض الترسيب التي تتلقى ترسيب أولي للجزيئات الثقيلة بالجاذبية وهذا الترسيب يسمح بنزع 50% من مجموع المحتوى الصلب لمياه الصرف و من 40%-60% من الجزيئات الثقيلة الصلبة [21] .

4 - أحواض التعديل

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

المرحلة الثانية :

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

1- حوض إزالة الرمال

وهو حوض ذو زمن مكوث قصير لإزالة الرمال الدقيقة والثقيلة الوزن سريعة الترسيب ذات القطر ما بين (0.1 - 0.2) مم وتصمم الأحواض هذه بحيث تكون سرعة الجريان 0.3 م/ثانية.

2- الحوض الثاني

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

3- نزع الزيوت Le Deshuillage

ويتم نزع الدهون والزيوت الطافية بواسطة كاشطات، وهي الطريقة المستعملة بكل محطات التنقية على مستوى الوطن [25].

ب- المعالجة البيولوجية Traitement biologique

يتم فيها القضاء على المادة العضوية القابلة للتحلل من طرف الكائنات الحية الدقيقة Les micro organismes وهذا في وجود الهواء حيث تقوم هذه الأخيرة بامتصاص المواد العضوية الملوثة (تحلل بيولوجي هوائي يعتمد فيه على النشاط الهوائي للبكتيريا) [31] .

والمعادلة الإجمالية من أجل تفكيك وتحلل هذه المادة العضوية تكون كالتالي :

ماء+ ملوثات عضوية + كائنات حية دقيقة (بكتريا)+ أوكسجين ←زيادة عدد الكائنات الحية (البكتريا الهوائية)+$H_2O + CO_2$

1- الأسرة البكترية أو أسرة الترشيح Les lits Bactériens/lits filtrants

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

وبعد عدة أسابيع، يغطى سطح السرير البكتيري بطبقة غشائية رقيقة لزجة تدعى Zooglée ذات طبيعة بيولوجية تحتوي على كائنات حية دقيقة مختلفة التي تؤكسد المادة العضوية الملوثة، نجد فيها : بكتيريا هوائية إجباريا أو لاهوائية اختياريا.

كما نجد أحيانا في الطبقات السفلى للسرير(العمق) البكتريا اللاهوئية إجباريا.

بصفة عامة مياه الصرف تمر أولا إلى أحواض الترسيب الأولي ويمرر الماء الصافي إلى السرير البكتيري أين يتم هدم المادة العضوية بتدخل البكتريا لتعطي طبقة Zooglée والماء الناتج أي المصفى يمرر في حوض الترسيب الثانوي أين تختزل المادة العضوية بدرجة كبيرة [31].

2- الأوحال المنشطة " الحمأة المنشطة" Les Boues Activeés

طريقة الأوحال المنشطة هي الطريقة المثلى والفعالة والأكثر استعمال في محطات المعالجة لكي تتم هذه العملية يجب توفر الشروط التالية :

- التهوية الجيدة والمستمرة.
- الكائنات الحية الدقيقة.
- المادة العضوية.

بعد مرور مياه الصرف بالمرحلة الأولية الفيزيوكميائية. Dessablage Dégrillage و Deshuilage تخضع للمرحلة الثانية " المعالجة البيولوجية " وهي تمثل المرحلة الفعالة في المعالجة ككل، أثناء هذه المرحلة تمر المياه بعدة مراحل هي :

• **حوض ترسيب ابتدائي:** يتم فيه التخلص من المادة العالقة MES بنسبة 70% خلال عدة ساعات بترسبها مشكلة أوحال ابتدائية Boues primaires [31].

• **أحواض التهوية Les Bassins d'aération :** نتيجة تعرض مياه الصرف الناتجة من الحوض الأول لتهوية شديدة 1-2 ملغ/ل، يتم أكسدة المادة العضوية بواسطة الكائنات الدقيقة "بكتيريا هوائية" (البكتيريا ذات مصدر معوي **"Bactéries intestinales"** قليلة مقارنة بالبكتيريا "Aeromonas" وخاصة " Cytophaga.Flavobacterium. Achomobacter (وهي ذات الدور الأكثر نشاط). مشكلة Les flocs وهذه الأخيرة تترسب وتتجمع وتعطي .Les Boues Activées [31].

ملاحظة:

- تتواجد الحيوانات الأولية (Les protozoaires) في الحمأة النشطة (Les Boues Activs) نتيجة لتغذيتها على البكتيريا ظاهرة الـ Bulking تعد مشكلة لأنها تعيق تشكل الحمأة (Les Boues) وترسبها وبالتالي تعطي ماء غير جيد التصفية ذو نوعية سيئةً.
- تسبب هذه الظاهرة (Bulking) نمو وتكاثر الفطريات التي تؤدي إلى تكوين شروط غير عادية وغير ملائمة لنمو البكتريا (وسط حامضي pH ضعيف،O_2 قليل)، وكذلك تسببها البكتيريا الخيطية « Bacteris filamenteuses » مثل "*Sphaerotilus*" و "*Thiothrix*".
- كما يحدث في هذه المرحلة عمليتي النترجة « Nitrification» وإزالة النترجة «Dénitrification » الأولى تحدث أثناء التهوية ويتدخل نوعين من البكتريا : Nitrosomonas التي تؤكسد Ammonium (NH_4^+) إلى Nitrite (NO^-_2) ، و Nitrobacter التي تؤكسد Nitrite إلى Nitrate (NO_3^-).

$$NH_4^+ + 5/2\ O_2 + 2\ e^- \longrightarrow NO_3^- + 2H_2O$$

أما الثانية فتحدث في الشروط اللاهوئية، حيث تستعمل بكتريا النيترات NO_3^- بدلا عن الأكسيجين الهوائي، محررة الأزوت الغازي N_2.

$$NO_3^- + 6H^+ + 5\ e^- \longrightarrow ½\ N_2 + 3\ H_2O$$

حوض الترسيب الثانوي: LES BASSINS DE DECANTATION SECONDAIRE [21]

تخضع المياه الناتجة عن حوض التهوية إلى الترسيب الثانوي، عند تراكم Les Boues Activeé، يعاد جزء إلى حوض التهوية للتنشيط من جديد مع المياه الآتية من حوض الترسيب الأول فبدل أن تستغرق عدة أسابيع تستغرق عدة ساعات، أما الأوحال المتبقية تعرض للتخمر اللاهوائي "الهواضم اللاهوئية"

من أجل قتل البكتريا. المعالجة بالأوحال النشطة تضمن نقص في DBO_5 بنسبة 90% ومعالجة 1000ل من مياه الصرف تعطي 500غ من الوحل.

- **التخمر اللاهوائي: Digestion anaérobie**

يستعمل التخمر اللاهوائي لمعالجة الأوحال النشطة المتبقية من المرحلة السابقة حيث يتم التخمر في مخمرات كبيرة Digesteur بحيث تحول البكتريا المادة العضوية منتجة غازات : N_2، H_2 وخاصة CH_4،CO_2 وهذه الأخيرة تستعمل كمصدر للطاقة.

تغذى المخمرات بأوحال فتية "حديثة" وجزء من الأوحال الناضجة أي ناتجة من تخمر سابق في شروط مثالية من درجة الحرارة وpH. تتدخل في هذا التخمر بكتيريا لاهوائية خاصة لاهوائية إجباريا، مكونة الميثان وتتمثل في:Méthanobacterium, Methanosarcina, Methanococcus [21] .

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

- لإتمام عملية التخمر يجب توفر شروط مثلى كدرجة الحرارة التي تتراوح بين 50-60م^0 وهي مفضلة عند البكتيريا المحبة للحرارة "Thermopiles" لتسرع عملية الهدم.

- تستغرق أسبوعين إلى ثلاثة وأحيانا أكثر.

- الأوحال الناتجة من عملية "التخمر اللاهوائي" تكون خالية من الأحياء الدقيقة الممرضة، وناقصة من حيث الحجم والمادة العضوية "مختزلة" [9] .

- نظرا لانعدام الهواضم اللاهوئية ببلادنا وذلك لتكاليفها الباهظة فإن معظم محطات تنقية المياه القذرة بالجزائر تعتمد مباشرة على تجفيف الأوحال الناتجة عوضا عن تخميرها وذلك بأسرة التجفيف Lits de Sechage.

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

2-4-2- المعالجة بالبحيرات Lagunage

هي إحدى الطرق المستعملة في معالجة المياه المستعملة والتي تعتمد كمبدأ أساسي في العمل على التدفق والسيلان البطيء للماء.

لإقامة هذا النوع من المحطات نحتاج لتضاريس ومساحات شاسعة تسمح بإقامتها (لهذا يستخدم هذا النوع من محطات التصفية كثيرا في الصحراء) ، لأن المحطة تتكون من أحواض كبيرة جدا وقد يصل عددها من 7إلى 8 أحواض أو أكثر حسب طاقة إستعاب كل محطة للمياه المستعملة.

تبدأ العملية بمرحلة أولى من المعالجة (معالجة فيزيائية) نفسها المتبعة في محطات التصفية بطريقة الحمأة المنشطة حيث تنزع الفضلات كبيرة الحجم، الرمال والزيت من الماء، ثم يمر الماء إلى الأحواض

(برك)، التي تكون مجهزة بآلات للتهوية، وهذا بغرض توفير الظروف المناسبة للكائنات الحية الدقيقة والطحالب اللذان يعملان على تفكيك وتحطيم الملوثات والمواد العضوية التي تحملها المياه المستعملة .

وتسمى هذه المرحلة بالمعالجة البيولوجية، كما يسمح كبر حجم البرك بترسيب المواد التي تبقى عالقة في المياه (الوحل)، كذلك لتكون مدة بقاء الماء في البرك لتكون نتيجة المعالجة أكثر فعالية، يمر الماء من بركة إلى أخرى ببطء ونفس العملية التي تحدث في الأحواض الأولى تتم في الأحواض الموالية، ليصل الماء إلى أخر حوض صافي، معالج.

تنتج هذه المحطات كميات قليلة من الحمأة مقارنة بمحطات التصفية الحمأة المنشطة، وعموما كمية حمولة الماء ومساحة كل حوض هي التي تتحكم في كمية الوحل، ويتم جمعه من الأحواض بالشفط من أماكن مخصصة لذلك ويتم ذلك من 3إلى4 سنوات أو حتى خمس سنوات.

والهدف من آلات التهوية الموضوعة في البرك هو تنشيط الأكسدة الهوائية ، والملفت للانتباه هو صغر حجم هذه الآلات وعدده مقارنة مع الموجودة في أحواض التهوية لمحطات التصفية الحمأة المنشطة.

2-4-3- معالجة المياه القذرة بواسطة النباتات:

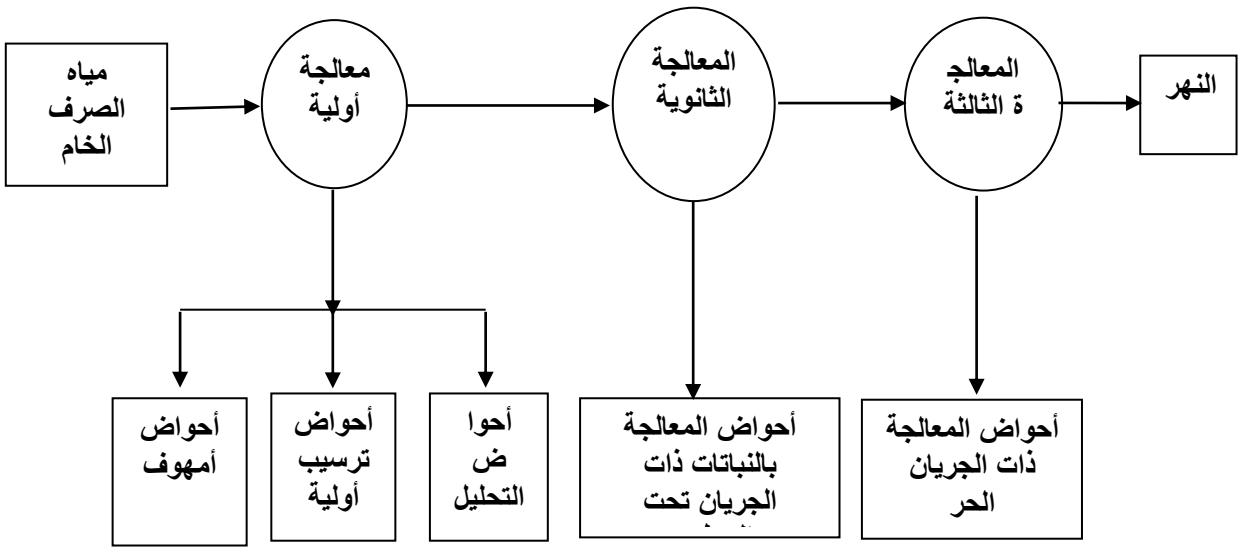
Traitement des eaux usées par les plantes

نظرا لارتباط هذا النوع من التنقية بموضوع الرسالة سوف نتعرض له بالتفصيل في الفصل الثاني .

الفصل الثاني
معالجة مياه الصرف الصحي بالنباتات

2-1- مقدمـــــــــــة

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



المخطط رقم (02): مراحل معالجة مياه الصرف

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

تكمن فعالية حوض WWG بالاعتماد في ذلك على وقت إقامة المياه داخل هذه الوحدة، أي يتحكم في حجم وحدة WWG وكفأتها وقت الاحتفاظ بالماء داخل الحديقة لمدة كبيرة أو أطول وقت ممكن والوقت المفضل لبقاء الماء داخل الحوض هو من 4-5 أيام، وبالتالي يستحسن أن يكون حوض الحديقة كبير بحيث يسمح للمياه بالإقامة المدة المطلوبة من أجل الحصول على معالجة عالية الجودة، وللحصول على نتائج إيجابية نحتاج إلى زيادة وقت إقامة الماء في حوض الحديقة، أو تأمين طريقة يهوى بها الماء (مما يزيد نشاط الكائنات الحية الدقيقة في تفكيك الملوثات والمواد العضوية).

إن وجود النباتات ضمن أحواض الأراضي الرطبة تشكل عبر جذورها وسيقانها وأوراقها مكانا ملائما لنمو الكائنات الدقيقة التي تقوم بتحطيم المواد العضوية الموجودة ضمن مياه المجاري. تجمع هذه الكائنات الدقيقة المتنوعة يطلق عليها اسم بيريفايتون (Periphyton) إن دور البيريفايتون والعمليات الفيزيائية والبيولوجية والكيميائية الطبيعية يقود إلى التخلص من % 90 تقريبا" من الملوثات كما أن محطات المعالجة بالأراضي الرطبة لا تتطلب تقديم تهوية ميكانيكية وما يرافق ذلك من استهلاك كبير للطاقة [32] [33].

2-2-النباتات المائية المستخدمة ضمن محطات المعالجة بالنباتات

توجد أنواع مختلفة من النباتات المستخدمة في المعالجة تم تصنيفها ضمن مجموعات: النباتات العائمة ذات الجذور المثبتة في التربة، النباتات ذات الجذور المغمورة والسيقان والأوراق الظاهرة، النباتات المغمورة كليا بالمياه، النباتات القصبية ذات النبتة الخشبية، النباتات القصبية ذات النبتة العشبية والنباتات الطافية ذات الجذور المعلقة ..الخ.

وعادة يتم استخدام النباتات المتوفرة في منطقة إنشاء المحطة نظرا لتكيفها مع ظروف المنطقة [31]. وفي عام 1920 قام العالم البيئي أربر Arber بتقسيم مجموعات النباتات المائية (وعائيات البذور) إلى نباتات ذات جذور وعديمة الجذور، وذلك تبعا لنوع الأوراق ونوع الأزهار، وتبعا لكون الأزهار والأوراق مغمورة بالماء أو طافية على سطح الماء أو الظاهرة بحيث تعلو سطح الماء. وبناء على هذا فقد ظهرت لاحقا تصنيفات سهلة وشائعة لأنواع النباتات المائية عبر أبحاث العلماء مثل العالم Cléments (1929) والعالم Daubenmire (1947) والعالم Scultharpe (1967) وهذه الأنواع تتلخص في مايلي:

2-2-1-النباتات المائية بارزة Emergent Macrophijtes

وهي التي تكون جميع أو بعض أعضائها الخضرية بارزة أو منبثقة خارج سطح الماء [34] [35] ومن الأمثلة على هذه النباتات القصب (*Phragmites*) ونبات (*Typha*).

2-2-2-النباتات المائية الغاطسة Submerged Macrophytes

وهي التي تنمو كليًا تحت سطح الماء أو تظهر أزهارها أحيانا خارج سطح الماء وتنتمي إلى مجموعة النباتات متغايرة الأطوار (Heterogeneous Group) وجودها ضمن المياه بشكل دائم وضعف الضوء ضمن المياه أدى إلى حدوث تغيرات في بنيتها بحيث أصبحت تتكيف مع النمو والتكاثر

ضمن المياه وهي مغمورة [34] [35] وعموما هذا الصنف من النباتات المائية يضم الأنواع التالية:

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

2-2-3-النباتات المائية الطافية Floating Leaved Macrophytes

وهي التي تكون جميع أو بعض أعضائها الخضرية طافية [27].

- **النباتات الطافية الحرة:**

هذا النوع من النباتات يعيش على السطح وله أنواع كثيرة حسب الظروف البيئية المناسبة وغالبا ما تكون النبتة على سطح الماء وجذورها تمتد ضمن الماء وهذه الجذور إما أن تكون قصيرة أو طويلة نوعا ما [35] [34].

وأمثلة على هذا النوع (*Eichhornia crassipes (Water hyacinth) , Lemnaceac (Duck weeds*

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

هذه النباتات الطافية قادرة على بلوغ القاع عبر سيقانها الطويلة حيث تنمو جذورها ضمن قاع الحوض [34] [35] ومن الأمثلة عليها: *Nuphar or Nymphaea, Brassenis, Potamogéton natans*

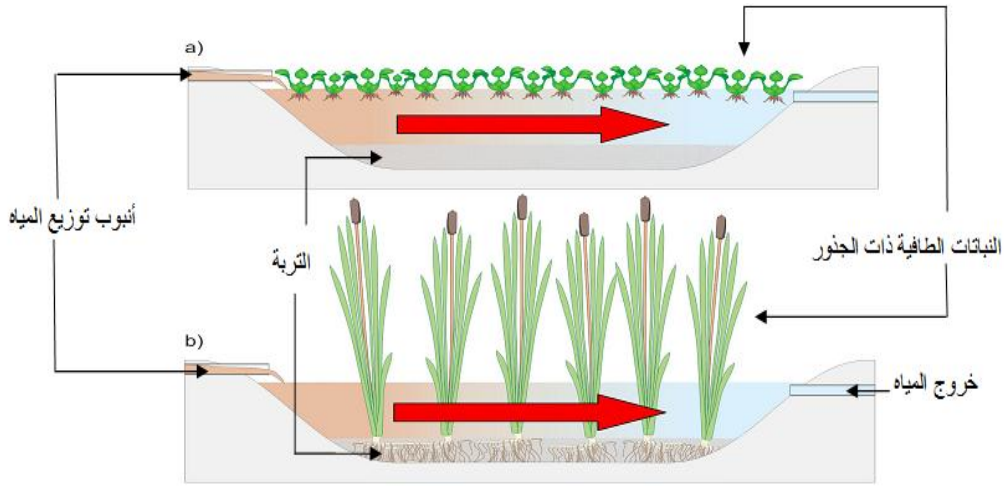
2-3-أحواض النباتات المستعملة في تنقية مياه الصرف الصحي (المياه المستعملة)

هناك أربعة أنظمة تستعمل في معالجة المياه المستعملة [32]:

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

2-3-1-أحواض النباتات ذات الجريان السطحي الحر

هي الأحواض التي تكون فيها النباتات ذات السيقان المغروسة في الطبقة العلوية لمواد التعبئة و يكون سمك المياه داخل الحوض حوالي 40 سم، تحتوي هذه الأحواض على نباتات مائية منها النباتات المغمورة كليا بالماء أو النباتات الصغيرة على سطح الماء وذات الجذور المائية.



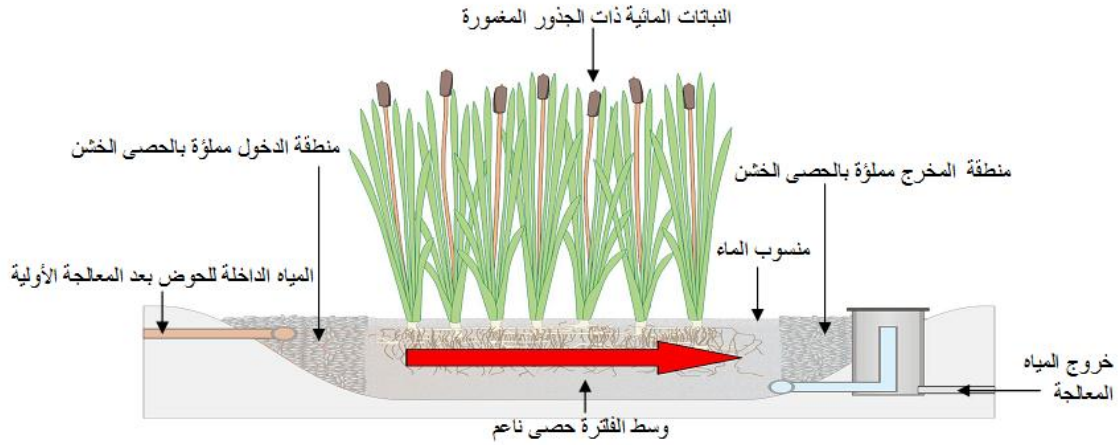
الشكل (01): يبين حوض معالجة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر

حيث تستعمل هذه الأحواض كمرحلة معالجة ثالثة لإزالة العوامل الممرضة بسب تعرض المياه إلى أشعة الشمس. في هذا النظام تتم عمليات أكسدة الملوثات و إزالة نسبة كبيرة من المعادن الثقيلة مما يحسن نوعية المياه الخارجة منها، لهذا فان الأحواض ذات الجريان السطحي الحر تستخدم كمرحلة أخيرة من مراحل المعالجة [32]نظرا لمتطلبات الاستغلال الثقيلة، هذه الطريقة أصبحت قليلة الاستعمال.

2-3-2- أحواض النباتات ذات الجريان تحت السطحي الأفقي:

هي أحواض مملؤة بطريقة متجانسة بالرمل الخشن أو بالحصى والتربة التي تغرس فيها النباتات. و المياه المستعملة تدخل إلى الحوض و تشغل مساحة الحوض كاملة بواسطة نظام موزع موجود أمام مدخل حوض المياه تجري بطريقة أفقية تعبر مواد التعبئة وتغذية الأحواض تكون بطريقة مستمرة مع بقاء مواد التعبئة دائما مشبعة بالمياه. عند اختيار مواد التعبئة يجب مراعاة خاصية الناقلية الهيدروليكية.[36]

إن أول استخدام لهذه التكنولوجيا ظهر في ألمانيا سنة 1964 و أول من استعمل هذه الطريقة العالم الألماني *Kickuth*، حيث سم هذا النظام على اسمه و طبقت هذه الطريقة في امريكا سنة 1974 ، ولها عدة استعمالات.



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

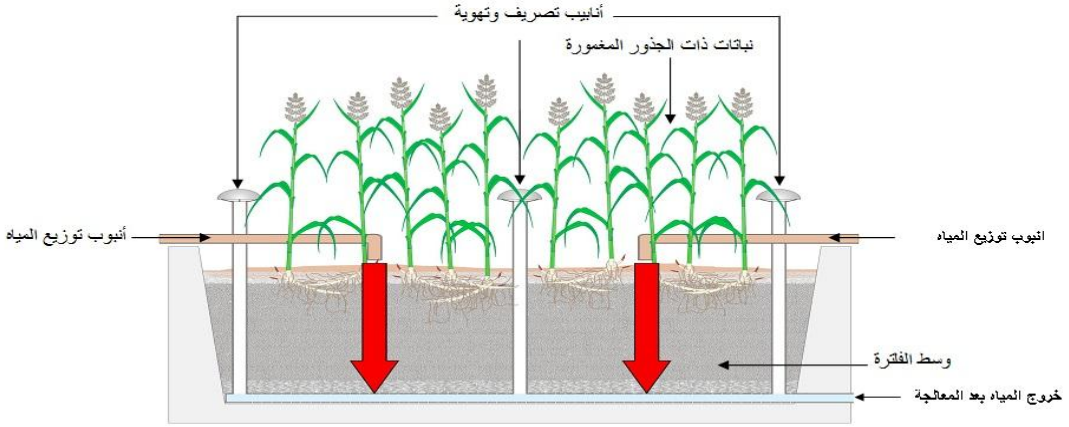
تستعمل للتصفية الثانوية للمياه المستعملة لبعض القرى ذات كثافة سكانية قليلة بعد عملية الترسيب كذلك تستعمل في المرحلة الثالثة بعد التصفية البيولوجية أو بعد أحواض الجريان الشاقولي كذلك لمعالجة مياه الأمطار ثم انتقلت إلى أوربا حيث تلقيت هذه الطريقة انتقادات من طرف الباحثين لأن تطبيقها يتطلب أماكن شاسعة و المواد المستعملة في وسط الفلترة غير حاجزة للمياه [37] [38].

ظهرت هذه الطريقة باستعمال الرمل و لكنها غير واسعة الانتشار [39]. استخدام الحصى الخشن و الناعم أو الرمل الخشن مما يعطى مساحات واسعة تنمو عليها الطبقة البيولوجية للملوثات Biofilm. و يستحسن أن لا يتعدى عمق الحوض 1 متر حتى يضمن وصول الأكسجين إلى المناطق السفلية للحوض عن طريق وصول جذور النباتات إليها، لان المياه داخل الحوض قليلة الأكسجين حيث يعمل على أكسدة الأملاح المعدنية و تحطيم المواد العضوية بداخله [38] [40].

جريان المياه تحت السطحي الأفقي يمنع انتشار الروائح والحشرات، و هذا النوع من الأنظمة له فعالية كبيرة في إزالة المواد الصلبة العالقة و المواد العضوية DBO_5 و العوامل الممرضة.

2-3-3-أحواض النباتات ذات الجريان تحت السطحي الشاقولي

هي الأحواض المملوءة بالحصى بشكل متجانس وتحتوي على طبقة علوية من الرمل تغرس فيها النباتات المائية



الشكل (03): حوض معالجة بالنباتات بجريان تحت السطحي الشاقولي

حسب الدراسات التي أجريت في فرنسا من طرف الباحثين في منظمة "سي مقراف" (Cemagraef) استعملوا هذه الأحواض بالتوازي بطريقة الرمل والنباتات وكانت طريقة الغرس بشكل تجمعات نباتية [41] [42] [43] [44]. تزويد الحوض بالمياه يكون عن طريق استعمال مضخة أو أنابيب من حوض تجمع مياه الصرف الصحي الخام بعد نزع المواد العالقة الثقيلة، وهذه الطريقة تستغرق وقت أطول، حيث استعمل الدكتور الألماني سيدال (Seidel) حوض تصفية شاقولي وأربعة أحواض تصفية أفقية والأخير استعمل فيه نباتات (*Scirpes et iris*) بينما الباحثين في منظمة ا Cemagraef استعملوا نفس الطريقة مع زيادة حوض تصفية شاقولي.

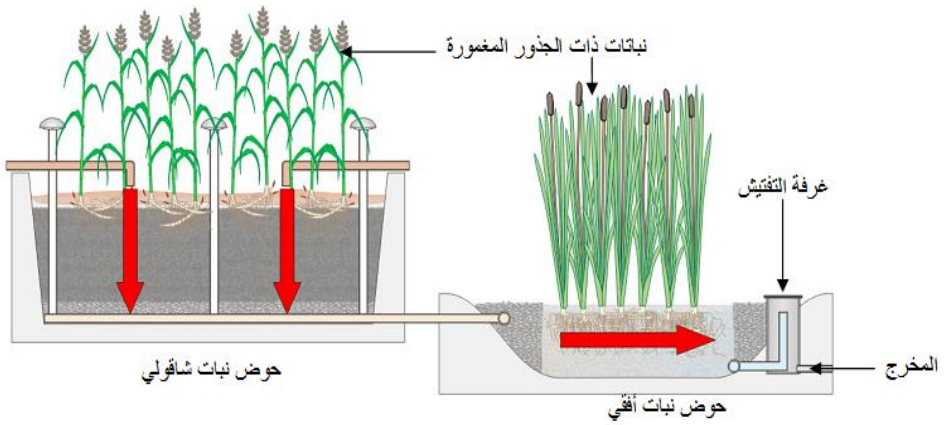
يتم جمع المياه المعالجة عبر شبكة أنابيب سفلية للتصريف أو عبر طرق أخرى منها تهوية القنوات من السطح مباشرة أو باستعمال مضخات أو عن طريق النباتات، حيث تمتص الأكسجين من الهواء إلى أسفل الحوض ويوزع عن طريق الجذور وتتم تغذية الحوض بشكل متقطع بحيث أن الفراغات بين الوسط الرملي أو الحصوي في فترة الراحة تعود وتمتلئ بالهواء، ولذلك فإن الأكسجين اللازم لعملية النترجة يكون متوفر أو تحصل عملية النترجة بشكل كامل ضمن هذه الأحواض ومع ذلك فإن جزءا بسيطا من النترات يتم تحويله إلى غاز النيتروجين

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

وتستعمل الفلترة باستعمال الأحواض ذات الجريان تحت السطحي الشاقولي في حالة المياه كثيرة التلوث زمن مكوث المياه في الأحواض الشاقولية هو عدة ساعات وأن أول من استعمل الفلترة الشاقولية هو العالم الألماني فلدس سنة1970 حيث سميت هذه الفلترة بترشيح فلدس(Fields).

2-3-4-أحواض النباتات ذات الجريان المتنوع المهجن (أفقي + شاقولي)

النظام المهجن هو عبارة عن سلسلة أحواض أفقية وشاقولية في بعض الأحيان يضاف أحواض الجريان السطحي الحر



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

آخر عمل بهذه الطريقة قام به الدكتور K.Seidiel هذه الطريقة استعملت بعدد محدود من الأحواض في الولايات المتحدة الأمريكية و ألمانيا و فرنسا [45]. يتكون هذا النوع من الأحواض من طابقين متوازيين من الأحواض الشاقولية متبوعة بطابقين أو ثلاثة من الأحواض الأفقية على التسلسل، الفائدة من هذه السلسلة هو تحسين عملية النترجة في الأحواض الشاقولية لانها مهوئة و عملية إزالة النترجة في الأحواض الأفقية أين يكون غياب الأكسجين اللازم لهذه العملية [46]. مردود إزالة النترجة يكون ضعيف حيث البكتريا المزيلة للنتروجين تحتاج إلى المواد العضوية بنموها و إزالة النتريت لان في مخرج الحوض الشاقولي اغلب المواد العضوية تحللت. هناك دراسات أخرى قد أجريت نذكر منها الدنمارك [47] أين نجد تسلسل أحواض أفقية متبوعة بأحواض شاقولية.

الأحواض الأفقية تعمل على إزالة المواد الأفقية العالقة و المواد العضوية أما الأحواض الشاقولية لها تهوية أحسن تعمل على عملية النترجة nitrification ثم إعادة تدوير المياه من جديد لإزالة النترجة dénitrification و من عيوب هذه الطريقة إنها تحتاج إلى مضخات و برمجة.

2-4-دور مختلف مكونات النظام

2-4-1-دور مواد التعبئة

المهمة الأساسية لمواد التعبئة هي إزالة المواد العالقة في المياه المستعملة ولهذا سميت بالمصفاة، هذه الخاصية تعتمد في أغلب الأحيان على الخصائص الهيدروديناميكية منها الناقلية الهيدروليكية في الوسط المشبع أو الغير مشبع.

اختيار مواد التعبئة يعتمد أساسا على الهدف المراد تحقيقه وكذا نوعية الوسط مشبع أو غير مشبع المرتبط بنوعية ومبدأ نظام التصفية شاقولي أم أفقي، وكذا نوع وحجم مكونات مواد التعبئة يعتبر امرأ بالغ الأهمية لنجاح عمل حوض المعالجة بالنباتات. التوازن البيولوجي ناتج عن مواد التعبئة و مرتبط بسرعة تدفق المياه و مدة مكوث المياه في الحوض. في الأحواض السطحية عملية وضع مواد التعبئة فيزيائية بحتة و سهلة و لكن من الناحية البيولوجية معقدة.[48] حيث استنتج (RONNER .1994 et MITCHELL,1964) [49] [50] انه يمكن أن يحدث تدخلات الإفرازات البكترية حسب الميتابوليزم البكتيري و نوعية البكتريا الهوائية و لا هوائية حسب شروط الوسط مكونات مواد التعبئة لها القدرة على امتصاص الفسفور و المعادن الثقيلة و هذا مرتبط بكمية الحديد و الألمونيوم و الكالسيوم الوجود فيها و زمن مكوث المياه داخل الحوض، هذه القدرة تتغير حسب مسامات مواد التعبئة.

2-4-2-دور النبات

وللنباتات عدة أدوار مباشرة وغير مباشرة:

الدور المباشر

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

نفترض أن النباتات تنتج عن طريق الجذور وشبه الجذور بعض المضادات الحيوية لمواد مشبطة (مواد سامة) " *exudats* " التي تقضي على بعض الأجسام المجهرية الضارة [51].

حيث قام (Vincent G 1994) بدراسة حول الموضوع، والسؤال المطروح هو كيف تقضي المضادات الحيوية على الأجسام المجهرية الضارة، وتترك الأجسام المجهرية التي تساعد على هدم المواد العضوية؟

نزع الأزوت مرتبط بكمية الكتلة الحيوية المتشكلة، بنفس الكمية من الكتلة الحيوية المتشكلة لا نجد فرق في كمية الأزوت الممتص من طرف النبات، الفرق الوحيد يكمن في إنتاج الكتلة الحيوية حيث أنه كلما كانت نسبة تشكل الكتلة الحيوية أكثر كلما كانت عملية امتصاص الأزوت أكثر.

نوعية النباتات المستخدمة لا تدخل في عملية التنقية لان العملية بذاتها هي فيزيوكيميائية وبكترية. أهمية النباتات تكمن في أن لها قدرة العيش في أحواض التنقية في الهواء الطلق التي تستعمل في المناطق ذات الكثافة السكانية الصغيرة (القرى المعزولة)، ذات التربة الرطبة أو شبه رطبة، التي تساعد على نموها ولها دور في امتصاص الروائح الكريهة في الأحواض الشاقولية، الهدم الهوائي يبدأ مباشرة عند تزويدها بمياه الصرف الخام. كلما كانت مدة مكوث مياه الصرف في الأحواض صغيرة تكون الروائح شبه منعدمة، تقبل هذه الطريقة للتقنية من طرف السكان مهم جدا وتعتبر ورقة رابحة للمستقبل.

- **الدور الغير مباشر:**

تمنع الانسدادات في الأحواض ذات الجريان الشاقولي حيث تتم تغذية الحوض من السطح العلوي، كما أن حركة الرياح تؤدي بالنباتات إلى مساعدة المياه بالدخول ضمن الحوض عبر الفراغات التي يصنعها ساق النبات نتيجة الاهتزازات المتكررة بسبب الرياح في بلدية (Gensac–la- Pallue) بفرنسا حيت قام الباحثون بزرع مجموعة من الأحواض، وتركوا عمدا حوض غير مزروع، ولاحظوا تشكل الطبقة السطحية على الحوض الغير مزروع وعدم مرور المياه، بينما في الأحواض المزروعة المياه تمر انسيابيا.

زيادة على الملاحظات المستخلصة من التجربة السابقة النباتات تساعد على نمو الكائنات المجهرية وبالتالي الطبقة السطحية تتشبع بسرعة بالمواد المعدنية. العالم كيكوت (Kickuth) أعطى هذه الفرضية ولكنه وجد معارضة من طرف(COOPER ,1996 et HABERL .1990) [39] [52]. حيث قالوا من المفروض أن المياه تدخل عن طريق الفتحات الناتجة عن خروج السيقان الجديدة ثم تتسرب إلى الحوض عن طريق الجذور وأشباه الجذور. تقوم أوراق وسيقان النباتات المغمورة بالماء بتأمين سطوح لنمو الكتلة البيولوجية عليها كما أن أنسجة النباتات المغمورة بالماء تستعمر من قبل الطحلبيات والبكتيريا حيث تقوم الطحالب باستهلاك المغذيات وبتزويد المياه بالأكسجين المنحل نتيجة التركيب الضوئي وتقوم البكتيريا بهضم المواد العضوية. الأجسام المجهرية العالقة بالجذور وشبه الجذور تصبح أكثر نشاط لتحطيم المواد العضوية. ولاحظ أن كمية البكتيريا الموجودة في الأماكن المغروسة تكون أكثر من الأماكن الغير مغروسة. العالم (1990) HOFMANN [53] في بعض بحوثه عند تجفيف (الحمات la boues) هو الوحيد الذي اهتم بهذه العملية. وأكد فعاليتها بعده العالمان (DECAMP, 1998 و WARREN) [54] أثبتا أن هذه العملية تستطيع أن تقضي على الأجسام المجهرية (E. Coli) أوراق وسيقان النبات تساعد على تزويد البكتيريا بالأكسجين إلى الداخل عن طريق الجذور وشبه الجذور [37] [40] [55].

في فصل الشتاء تكون كمية الأكسجين قليلة عندما تكون النباتات في حالة خمول فإن الأكسجين يتحرر عبر الجذور الرقيقة [56] . ولكن هذه العملية تكون أحسن في أحواض التنقية الأفقية.

إن وجود النباتات ضمن حوض المعالجة يؤدي إلى توزيع وتخفيض سرعة التيار المائي. وهذا ما يساعد على تأمين ظروف أفضل لعملية ترسيب المواد الصلبة المعلقة كما أن الجزء العلوي من النبات فوق

السطح يؤدي إلى تخفيف سرعة الرياح قرب سطح التربة أو الماء وهذا بدوره يؤمن شروط مناسبة لترسيب المواد الصلبة المعلقة ويحسن إزالة المواد الصلبة في أحواض النباتات ذات الجريان الحر. كما أن النباتات تحد من نفاذ الضوء إلى الماء مما يقلل من نمو الطحالب، كما أن النباتات تلعب دورا هاما في العزل الحراري للحوض وخصوصا في فصل الشتاء عندما يكون الطقس باردا عندها تتغطى النباتات بالثلج فإنها تشكل عزلا حراريا تاما وهذا ما يحمي التربة من الصقيع وهذه ميزة مهمة جدا في الأحواض ذات الجريان تحت السطحي.

والجدول التالي يلخص دور النباتات ضمن محطات المعالجة بالنباتات

الجدول(03): دور النباتات ضمن محطات الأراضي الرطبة (محطات المعالجة بالنباتات)

أجزاء النبات	الأهمية في المعالجة
أنسجة النبات المحاطة بالهواء الجوي	ـ تحد من نفاذ الضوء إلى الماء مما يقلل من نمو الطحالب. ـالعزل الحراري للحوض وخصوصا في فصل الشتاء عندم يكون الطقص باردا ـتخفيض سرعة التيار المائي وهدا مايساعد على تأمين طروف أفضل لعملية ترسيب المواد الصلبة العالقة. ـالجزء العلوي من النبات يساعد على تخفيف سرعة الرياح قربسطح التربة أوالماء حيث تحسن من إزالة المواد الصلبة العالقةخاصة في الأحواض الجريان الحر.
أنسجة النبات المغمور بالماء	- تمنع الإنسدادات.في الأحواض ذات الجريان الشاقولي حيث تتم تغدية الحوض من السطح العلوي. - سرعة الرياح تؤدي بالنباتات إلى مساعدة المياه بالدخول إلى ضمن الحوض عبر الفراغات التي يصنعها ساق النبات نتيجة الإهتيزازات المتكررة - تؤمن مساحة سطحية لنمو الطبقة البيولوجية *Biofilm* - تطرح الأكسجين المنحل للوسط المائي مما يزيد التحلل الهوائي للملوثات. - تستهلك المغذيات.
الجذور وأشباه الجذور (الجدمور) ضمن وسط الفلترة أو التربة	- تؤمن نباتية سطح الفلترة (التربة). - تمنع الوسط من الانسداد في الأحواض ذات الجريان الشاقولي. - تحرير الأكسجين مما يساعد على النترجة. - تستهلك المغذيات. - تحرر مضادات حيوية.

2-4-3- دور الكائنات الدقيقة (الأجسام المجهرية)

الكائنات الدقيقة تلعب دور حاسما في تحليل و هدم الملوثات العضوية، وحدوث عملية تحول للمركبات النيتروجينية. تعمل البكتيريا على عمليات الأكسدة الارجاعية، هذه العملية تنتج الطاقة اللازمة للتخليق العضوي، حيث تحوّل المركبات الآزوتية والفسفورية إلى المواد المعدنية الممتصة من طرف النبات.

والدور الثاني للبكتيريا تعمل على عملية نزع و إنتاج النتريت، أو هدمه، حتى تستطيع البكتيريا من أداء دورها على أكمل وجه يلزمها حوامل تثبت عليها (جذور النباتات ومواد التعبئة)، حتى لا تجرها المياه.

تحطيم المواد العضوية من طرف الأجسام المجهرية تنتج من كمية الكتلة الحيوية التي بدورها يجب أن تتحطم حتى تتفادى حدوث الانسدادات.

2-5-آليات إزالة الملوثات وفعالية أحوض المعالجة بالنباتات

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

الجدول (04): أهم آليات الإزالة الرئيسة للملوثات ضمن أحوض النباتات

الملوثات	آلية الإزالة الرئيسة
المواد العضوية	التحليل البيولوجي (هدم ميكروبي هوائي ولا هوائي) (Catabolisme)
المواد الصلبة العالقة	الترسيب الفيزيائي، الفلترة الفيزيائية والتحلل البيولوجي.
النتروجين	النترجة وإزالة النترجة البيولوجية عمليات الامتصاص الفيزيائية والكيمائية ضمن وسط الفلترة ومن طرف النبات
الفسفور	عمليات الامتصاص الفيزيائية والكيمائية ضمن وسط الفلترة ومن طرف النبات
المعادن	امتصاص وتبادل الكاتيونات تشكيل مركبات ترسيب – امتصاص من طرف النبات أكسدة وإرجاع من طرف المكروبات
العوامل الممرضة	الافتراس البيولوجي والموت الطبيعي وعمليات الترسيب الفلترة الفيزيائية -إفراز مضادات حيوية من طرف جدمور النبات.

2-5-1- إزالة المواد العالقة

المواد العالقة تحجز بالتصفية في الأحواض الأفقية، أكبر كمية احتجاز تكون في الأمطار الأولى للمصفاة، قد يؤدي لانسداد هذا الأخير و لتفاذي ذالك يستعمل ترسيب أولي لإزالة اغلب المواد العالقة، قبل دخول المياه إلى الحوض. أما بالنسبة للأحواض الشاقولية المواد العالقة تبقى على سطح المصفاة حيث تتشكل طبقة تؤثر على التصفية حيث تمنع دخول المياه إلى الحوض.

المعالجة الأولية للمياه قبل دخولها إلى الحوض تحسن من نتائج DCO,DBO_5، نظريا وجود النبات داخل الحوض يعتبر كحاجز يمنع عبور المواد العالقة داخل الحوض [57] [58] [59] [60]. بعض الأبحاث قارنت مستوى إزالة الملوثات ضمن الأحواض المزروعة بالنباتات و الأحواض غير المزروعة، و قد أظهرت النتائج عدم وجود اختلافات مهمة في (66٪ في الأحواض المزروعة و 42٪ في الأحواض غير المزروعة) [57] و لكن هذا لا يلغي الدور المهم الذي تلعبه النباتات في تحسين أداء الأحواض في معالجة المياه الملوثة .

2-5-2- إزالة المواد العضوية

المادة العضوية تتحطم عن طريق البكتريا الهوائية و اللاهوائية [55] [61]

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

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

الخلايا الجديدة هي بذاتها تتعرض إلى عملية الهدم

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

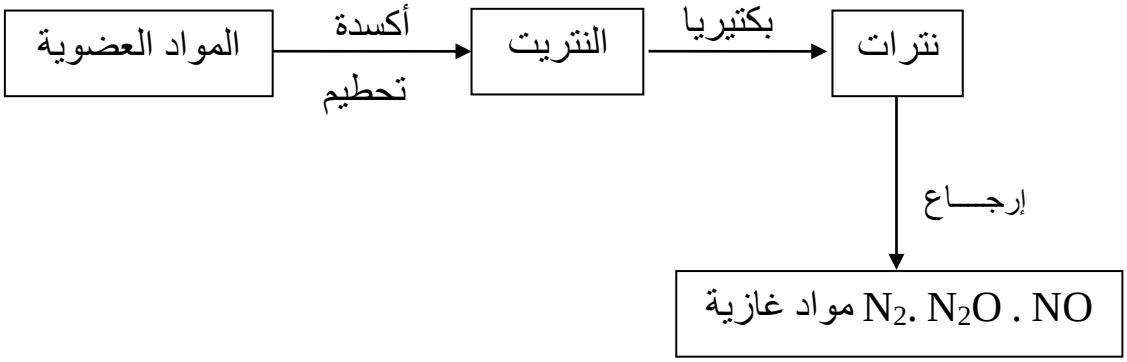
2-5-3- آليات إزالة الأزوت (النتروجين).

عملية تحويل الأزوت العضوي إلى أمونياك تتم في الأماكن الهوائية و اللاهوائية

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

أهم طرق إزالة الأزوت (dénitrification) العضوي هي النترجة (nitrification) واستعمال الازوت من طرف النبات [62] [63] [64] في الأماكن الهوائية، الأزوت يتعرض إلى عملية الأكسدة ويتحول إلى نتريت ثم نترات بواسطة البكتيريا Nitrifiantes (Nitrobacter) ، تسمى هذه العملية nitrification (النترجة) كمية قليلة من الأكسجين تعمل على تبطيئ عملية الأكسدة , الأحواض الأفقية لا تعمل بشكل جيد في هذه العملية بينما الأحواض الشاقولية من أكبر منتجي النترات.عملية تحطيم النترات إلى مواد غازية عن طريق عملية إرجاع النترات في الأماكن اللاهوائية تتم في غياب الأكسجين مع تواجد النترات، هذه العملية صالحة في الأحواض الأفقية وغير مجدية في الأحواض الشاقولية

بوجود المواد العضوية تعيش وتنمو البكتريا المحطمة للنترات



المخطط (03): تحطيم المواد العضوية

هذه العملية تكون ناجحة عندما يكون جريان المياه المشبعة بالنترات [61]

تبخر الأمونياك متعلق بالـ PH الصفة السائدة بين NH_3, NH_4^+ متعلقة بقيمة ثابث الحموضة PKa للثنائية (NH_4^+/NH_3) حيث $PKa(NH_4^+/NH_3) = 9.3$ كلما كان pH> Pka فإن الصفة السائدة NH_3 وكلما كان pH<Pka الصفة السائدة NH_4^+ المتواجد في الماء. في الأحواض المزروعة بالنباتات يكون الـ pH قريب من 7 فإن عملية تبخر NH_3 مهملة ولهذا NH_4^+ هو السائد في محطات المعالجة بالنباتات كمية شوارد NH_4^+ تمتص من طرف مواد التعبئة (الوسط الحصوي أو الرملي) الحاوية على الطبقات البيولوجية الرقيقة (biofilms) حيث يتحول إلى الأمونياك (NH_3) والذي يتحول إلى أمونيوم عند انحلاله في الماء ويتم استهلاكه عبر جذور النبات.

خلال مرحلة توقف نمو النبة أو موتها فإن معدل إزالة النتروجين لن يكون فعالا ويكون تركيز الأكسجين المنحل شبه معدوم ضمن هذه الأحواض. ولكن سيتواجد قرب سطح الفلتر الحصوي أو الرملي وقرب منطقة الجذور وبالتالي يكون تدفق مياه المجاري متقطعا على شكل جرعات حتى تتم عملية النترجة وهذا ما نجده بأحواض النباتات ذات الجريان تحت السطحي الشاقولي، بينما نجد إزالة النترجة في أحواض النباتات ذات الجريان تحت السطحي الأفقي.

2-5-4- إزالة الفوسفور

في المياه المستعملة الفوسفور يوجد على ثلاثة أشكال متعدد الفوسفات والفوسفور العضوي وارتو فوسفات، الشكلين الأوليين تميه إلى ارتو فوسفات ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{-2}, PO_4^{-3}) عن طريق الكائنات المجهرية. في المناطق الرطبة الطبيعية الفوسفور يحجز في التربة، يتم ترسيب الفوسفور في القاع أو احتجازه عبر النباتات يلتصق بها، حيث يتم امتزاجه إلى داخل الطبقة البيولوجية الرقيقة المتشكلة على سطح النباتات.

يستهلك الفوسفور من قبل النباتات للنمو كما يستهلك أيضا من قبل الكائنات الدقيقة وعندما تموت الكائنات الدقيقة والنباتات، يعود الفوسفور ليتحرر ضمن الوسط المائي. ازالة الفوسفور من مياه المجاري ضمن أحواض النباتات ذات الجريان السطحي تربط باستهلاك النباتات للفوسفور ومن ثم حصاد وقطع النباتات لتنمو من جديد، كما أن بعض الفلزات المعدنية الموجودة ضمن وسط الحوض تزيل الفوسفور عبر الامتزاز أو الترسيب أو التبادل الشاردي، وهذا يعتمد على طبيعة مادة الفلتر ضمن الحوض. إزالة الفوسفور من المياه الملوثة نحصل منها مابين (30-150)كلغ في الهكتار وفي السنة الواحدة [61] .

النسبة بين كمية الفوسفور و الازوت في مياه الصرف عالية جدا بالمقارنة مع النسبة الموجودة في الكتلة الحيوية النباتية، والكمية التي نستطيع إرجاعها مهملة اقل من 10% [65] [66] [67].

المردود يكون عالي في الفترات الأولى في بداية التصفية، ويتناقص مع مرور الوقت وذلك لتشبع الحوامل.

2-5-5- آلية إزالة وفصل المعادن

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

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

الطريقة الثانية : الفواصل بين الجذور والرواسب هناك نسبة عالية من تفاعل الأكسدة الإرجاعية، التي تعطي ترسيب هيدروكسيد حديد معقد يتجمع في جذور النبات، تشكل حزام حول الجذور يمنع استعمال النباتات للمعادن، وعدم ترسبها مع المعادن الثقيلة على شكل هيدروكسيد الحديد.

2-5-6- إزالة الكائنات المجهرية من أصل الإنسان

الكائنات المجهرية تنزع بالتصفية أو تموت طبيعيا أو بواسطة الأحماض البيولوجية التي تنتج من طرف جذور أو تحطم مع المواد العضوية [68]. لوحظ في الأحواض الصغيرة $1\ m^2$ أحسن تنقية في الأحواض المزروعة مقارنة بالأحواض غير المزروعة، زمن مكوث الماء في النظام شرط أساسي لتحسين التنقية في الأحواض الصغيرة [69].

مردود تنقية بكتريا *coliformes* الناتجة من فضلات الإنسان يتراوح بين (58-99) % عندما يكون زمن مكوث الماء في الأحواض بين 1.5 -6 أيام.

البكتريا الناتجة عن فضلات الإنسان توضع في أماكن تختلف عن أماكن نموها، ولهذا المكوث عدة أيام في شروط غير ملائمة للعيش يقلل من نموها، وهذا مايؤدي إلى موتها، لوحظ أن هناك فرق في إزالة الكائنات الدقيقة من أصل إنساني بين فصلي الشتاء والصيف، وذلك لعدة عوامل منها:

- ميتابوليزم الكائنات الدقيقة مرتفع جدا في درجة حرارة عالية. شروط الوسط غير ملائمة لتكاثر هذه الكائنات هذا الميتابولزم يؤدي إلى انحلال سريع لهذه الكائنات الدقيقة.
- فعالية الميتابوليزم العام الذي يتناقص في فصل الشتاء في محيط الجذور مع انخفاض شديد لدرجة الحرارة وبالتالي نحصل على نقص في المواد المنتجة حيت يؤدي ذلك إلى نقص البكتريا

بعد معالجة المياه المشبعة بالبكتريا. [70] لوحظ نقص البكتريا بنسبة 99 %، تركيز المياه الخارجة بين*E.cali* /100 ml (10^3-10^5). الانخفاضات في فصل الشتاء تكون أعلى من الانخفاضات في فصل الصيف مردود التنقية متعلق بنوعية الفلتر المستعمل في الفلتر الأفقي انخفاض بكتريا من أصل أنساني (coliforme) في فصل الصيف اعلي من 99%، أما الفلترالشاقولي المردود يكون ضعيف في إزالة هذه البكتريا، وذلك راجع لمدة مكوث المياه في الفلتر. إذا كان الهدف من إزالة البكتريا يستعمل فلتر أفقي أو إضافة فلتر أفقي لحوض الشاقولي (نظام مهجن).

الفصل الثالث
النباتات المائية المستعملة في التنقية

3-1- مقـــــدمة

تلعب النباتات المائية دورا مهما في إدارة الأراضي الرطبة و الاهوار و الأنهار و في حماية المياه من التلوث، وقد تم إلقاء الضوء على هذا الدور من قبل الكثير من الباحثين مؤكدين على الدور الحاسم لها في إنعاش الأنهار و الاهوار و إدامتها. استخدام النباتات لحل مشكل التلوث أو الحد منه، و التي تكون ضارة للنظم البيئية الأخرى، مثل استخدام الأراضي الرطبة لمعالجة مياه الصرف، حيث استعملنا في دراستنا ثلاثة أنـواع من النباتات المائيـة التي لهـا القـدرة و التـأقلم مع منـاخ المنطقـة وهـي Juncus effusus ، Cyperus papyrus، Typha latifolia.و يعود سبب اختيارنا لهـذه النباتات لأنها نباتات محلية موجودة في منطقة تماسين وتقرت و وادي ريغ و تنمو تلقائيا دون جلبها من مناطق أخرى و على سبيل المثال نبات Juncus effusus معروف في المنطقة بالاسم الشائع السمار *Semmare* [71] [72] [73].

كما يعرف أيضا نبات Cyperus papyrus بنبات النجمة.

3-2- نبات *Juncus effusus*

3-2-1- التصنيف العلمي [73] [74]

النطاق : حقيقيات النوى	*Eucaryote*
المملكة : النباتات	*Plantea*
الشعبية : البدريات	*phanerogams*
الشعيبة : مستورات البذور	*Angiospermes*
الصف : أحادية الفلقة	*Monocotylédone*
الرتبة : القبائيات	*Juncales*
الفصيلة : الأسيلة	*Juncaceae*
الجنس: الأسل	*Juncus*
النوع: المفترس	*effusus* [72]
الاسم العلمي:	*Juncus effusus*

الشكل رقم (05): يمثل نبات *Juncus effusus*

3-2-2- وصف نبات *Juncus effusus*

Juncus effusus نبات عشبي معمر يشبه النجيليات، و ينتشر بالجداميرء وله سيقان كثيرة من القاعدة اسطوانية رقيقة و قائمة، فنبات *Juncus effusus* "الاسل المفترش" يوصف بان له لون وردي، وهذا راجع إلى طبيعته المعشوشبة وانشائه البراعم الارضية. فالاسل في البداية يكون عبارة عن مجموعة من البراعم التى تنمو بشكل دائري تحت الارض. فالجذور الأرضية للاسل تنتج فسيلات زهرية و عقيمة يمكن أن يصل ارتفاع كل نبات إلى 1.5 متر في المدن الوسطى، كإنجلترا و غرب ايرلندا في كل من بيلاكوريد و مايو[75]. بالنسبة لأوراق الاسل فيميل لونها إلى الأحمر البني، تنمو سيقان الاسل الأرضية أفقيا بعمق يتراوح بين (1.5-3) سم تحت سطح الأرض، مشكلة بذلك بساط كثيف تحت الأرض [76]. نسبة نمو الجذمور يكون 2 سم في السنة [77]. بعض الجذور الأصلية تنمو بشكل عمودي مابين (15-22.5) سم تحت الأرض. البراعم الأصلية (تحت الأرض) عادة تنمو بشكل ملحوظ في شهر مارس [76] وتزهر في شهر جويلية و أوت [78]، لكن مكارثي [79] لاحظ إزهار نبات الاسل المفترس *Juncus effusus* في منتصف جوان، وذلك في مدينة أكسفورد (*oxford*). فالبراعم المنتصبة تستطيع العيش في فصل الشتاء، لكن يطرأ عليها بعض التغير اللوني، فقد تأخذ اللون الأخضر في الأجزاء السفلية، و تصبح تميل إلى الحمرة في الأجزاء العلوية لهذه البراعم [80] [76]. هناك بحث مهم قد اجري على بيولوجية نبات *Juncus effusus* "الاسل" في الولايات المتحدة الأمريكية خصوصا مدينة ألباما (*Alabama*) لكن هذا البحث تم في مناخ معتدل نسبيا و توصلوا لنتيجة أن البراعم تنمو بشكل مستمر خلال السنة فنبات الاسل *Juncus effusus* يتميز بالنمو المعتبر في الحجم (الطول و القصر) و كثافة البراعم. هده الأخيرة تكون أقصر خلال فصل الشتاء، ولكن أكثر عددا نوعا ما فهي تبدأ في النمو في فصل الربيع، وكذلك بالنسبة لقطر وعلو البراعم يزداد في هذا الفصل. هناك اختلاف معتبر في لون البراعم الجوفاء بين الفصول، وهذا راجع إلى الكثافة المتزايدة للكلوروبلاست (*chloroplaste*) في الفصول الدافئة [81].

3-2-3- البيئة و الانتشار نبات *Juncus effusus*

موطنه معظم مناطق الوطن العربي من مشرقه إلى مغربه مرورا بالجزيرة العربية ووادي النيل، ويوجد أيضا في تركيا و قبرص و ايطاليا و استراليا و أمريكا الجنوبية و الشمالية و شرق أسيا [72] [73]، بإمكان نبات الاسل *Juncus effusus* العيش في ظروف طبيعية مختلفة، فهو ينمو بشكل كبير في المستنقعات و الأماكن المشبعة بالماء و الغابات، و عدد مختلف من أنواع التربة [76].

Juncus effusus يتميز بعيشه في الظروف الرطبة، لكن بإمكانه العيش في الأماكن الأقل رطوبة التي تتميز بأراضي نصف مشبعة، أو التي تعرف التشبع بالماء غير مستمر ودائم خلال السنة [83].

كما أن الاسل نادرا ما ينمو في الأماكن المغمورة بالمياه بشكل دائم وطول السنة [80]، نبات الاسل Juncus effusus ينمو في الأماكن التي تتعرض إلى التهوية المباشرة، كما انه ينمو في الأماكن

السطحية المفتوحة و الأقل انحدار [80]. نبات الاسل *Juncus effusus* يستطيع أيضا أن ينمو في الأماكن التي يوجد بها الظل، لكن اقل نمو وإزهارا في الأماكن ذات الظل الثقيل (ظل يميل إلى الظلمة) [76] كما تجدر الإشارة إلى أن نبات الاسل *Juncus effusus* مقاوم لبرودة الشتاء [80]. و ينتشر في التربة الأكثر حموضة، و التي تتراوح قيمة pH فيها مابين (7-3.5) أي تكون $7 \geq pH \geq 3.5$، نادرا ما تكون أكبر من7.[80]لاحظ كل من (RICHARDS et CLAPHAM) [83] أن نبات *Juncus effusus* يتواجد في الأماكن الهامشية للمستنقع الغير جاف، لكن لا يتواجد في المستنقعات الجافة فنبات *Juncus effusus* يعتبر من النباتات الأولى التي يمكنها النمو في الأماكن الوحلة و المستنقعات و المناطق الجافة [84].

3-2-4- استعمالات نبات *Juncus effusus*

يستعمل نبات Juncus effusus في تقليل نسبة المعادن في المياه الملوثة [85]. كما يستعمل في صناعة القوارب، و جزء منها يؤكل من طرف الحيواناتـ كما يستعمل في تنقية المياه الملوثة في المناطق الرطبة للمحافظة على البيئة من التلوث[72] [73].

الشكل رقم (06): يمثل نمو النباتات حول المستنقعات المائية

2-3- نبات *Cyperus papyrus*

1-2-3- التصنيف العلمي [86]

النطاق: حقيقيات النوى *Eucaryote*

المملكة: النباتات *Plantea*

الشعبة: البذريات *phanerogams*

الشعيبة: مستورات البذور *Angiospermes*

الصف: أحاديات الفلقة *Monocotylédone*

الرتبة: القبائيات *Cyperales*

الفصيلة: *Cyperaceae*

الجنس: *Papyrus*

النوع: *Cyperus*

الشكل رقم (07): يمثل نبات *Cyperus papyrus*

الاسم العلمي: ***Cyperus papyrus*** [87] [88] [89]

2-2-3- وصف نبات ***Cyperus Papyrus*** (البردي)

المظهر الذي يمثل *Cyperus papyrus* هو اللون الأخضر الفاتح و الناعم، لها سيقان جوفاء بشكل حزم مستديرة يصل سمكها إلى 40 ملم و طولها 5 م في الظروف المثالية، تنتهي نبتة *Cyperus papyrus* في الأعلى بمجموعة من السيقان الفرعية ذات اللون الأخضر الفاتح و البراق مشكلة ما يشبه مظلة مقلوبة [90]، السيقان الفرعية تمتد و تنحني إلى الأسفل تحت ضغط وزنها و هذا ما يجعل البوتقة النباتية تأخذ الشكل البيضوي في فصل الصيف، السيقان تحمل مجموعة من الزهور و في الأخير عدد من الثمار الصغيرة ذات اللون الأسود المسمر[91]، تخرج إلى الوجود من خلال العصفة (*glume*) السيقان الجوفاء تكون مرتبطة بالجذمور الأفقي تحت الماء، و التي بدورها تكون مرتبطة بالجذور الأصلية. عادة الجزء الفتي من الجذمور يكون مغطى بقشرة ثلاثية الشكل تحمل اللون الأحمر، الذي يميل إلى الاسمرار هذه القشرة تغطي أيضا أواخر السيقان الجوفاء مشكلة بذلك أوراق ناقصة، و لذلك لا يمكن اعتبار نبات *Cyperus papyrus* بعديم الأوراق [92] . يتميز الجزء العلوي للسيقان الجوفاء البينية شبه ورقية ذات اللون الأسمر، و التي تأخذ مكان لها تحت البوتقة النباتية (Cluster [93] [91] نبات *Cyperus papyrus* له جدع مثالي يتراوح طوله مابين (1.2-2.5) سم لقدرته على العيش و النمو يتطلب توفر الضوء و درجة حرارة لا تقل عن 15 درجة مئوية .

3-2-3- البيئة و الانتشار لنبات *Cyperus papyrus*

تعيش نبتة *Cyperus papyrus* في المناطق شبه الاستوائية و الصحراوية الاستوائية وفي الغابات الرطبة، و في درجة حرارة تتراوح مابين (20-30) م° و pH يتراوح مابين (6.0-8.5) [94] [95] تزهـر Cyperus papyrus في أواخر الصيف، و تنمو بشكل ملحوظ ككل النباتات الاستوائية . هذه النبة حساسة للصقيع، في فصل الشتاء تظهر نموا قليلا نوعا ما، بالقدر ما يكون الجذمور ينمو في وسط أقل برودة بقدر ما تنمو السيقان الجوفاء بشكل طبيعي و ملحوظ [96].

و تنمو *Cyperus papyrus* بشكل ملحوظ في المكان المشمس الظليل ككل النباتات الاستوائية في الولايات المتحدة الأمريكية. تنتشر في كل من فلوريدا *Florida* و لويزيانا *Louisiane* ، كاليفورنيا *Californie* و هواي *Hawaï* [97]، تنمو Cyperus papyrus في المستنفعات و البحيرات المنخفضة (الضحلة) المجاري، و جداول الأنهار، و هوامش البحيرات عبر إفريقيا خاصة في مدغشقر ودول البحر الأبيض المتوسط. في جنوب إفريقيا ودول البحر المتوسط [91] [92] في السنوات الأخيرة عدة دراسات قد أجريت على ايكولوجية نبات *Cyperus papyrus* مركزة معظمها في دراسة نمو النبات في عدة أماكن مختلفة و قدرة النبات على إعادة تصنيع المواد المعدنية، معظم هذه الأبحاث بدأت في جامعة ماكيري يوغندا (University Makerere Uganda) في السبعينيات (1970) و هذه الدراسة تمت في المستنقعات و جوانب البحيرات، في بحيرة فيكتوريا، و في جامعة نيروبي University Nairobi بكينيا في بحيرة نيفاشا Loke Naivasha [98] [99] [100] [101] والمناطق الجافة.

4-2-3- الاستعمالات

في القديم استخدم المصريون *Cyperus papyrus* بشكل واسع، حيث استعملوه في صناعة الورق و في التزين، و استعملوا الجزء العلوي لهذا النبات كتاج يوضع على رؤوس الآلهة [102].أما الجذور الغليظة الحطبية فقد كان يصنع منها الأواني، و صنعوا من السيقان العمودية للنبات قوارب قصبية [102]، كما استعملت سيقان *Cyperus papyrus* في صناعة الأحذية و المساكن من طرف المصريين و بعض الحضارات القديمة كما استعملوا هذا النبات كعلف للحيوانات و في صناعة الأدوية للحيوانات [103].

3-3- نبات *Typha latifolia* (البوط عريض الأوراق)

3-3-1- التصنيف العلمي [103]

الشكل رقم (08): يمثل نبات *Typha latifolia*

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

3-3-2- وصف نبات *Typha latifolia*

البوط عريض الأوراق *Typha latifolia* نبات عشبي معمر من جنس البوط *Typha* من الفصيلة البوطية، [104] *Typhaceae* [103] يصل طولها من 1,5 إلى 3 أمتار، وهي نبتة خشنة ذات أوراق تشبه الحزم يتراوح عرضها من 2 إلى 4 سم، و تنمو من 0,75 إلى 1 متر تحت الماء [105]، وهي وحيدة الفلقة، و تصل من 12 إلى 16 ورقة يصل جدعها من 1 إلى 3 أمتار و تختلف البراعـم بين الذكر و الأنثى [105]. الأزهار الذكرية تكون في أعلى الجدع بلون بني فاتح، و سرعان ما تسقط مخلفة سيقان عارية، أما الأزهار الأنثوية تكون تحت الأزهار الذكرية بلون بني داكن، تدوم هذه الزهور عدة شهور، لا توجد مسافة بين الزهور الذكرية و الأنثوية حيث تسقط الزهور الذكرية بينما تبقى الزهور الأنثوية صلبـة و رمادية. تتفتح الأزهار في فصل الصيف، الزهور الأنثوية بعد التلقيح تتحول إلى اللون البني مثل البذور الناضجة و تشكل اسطوانة مألوفة، في فصل الخريف تتحول أوراق نبات *Typha Latifolia* إلى اللون الأصفر البني [106]، إن هذه النبتة تصمد أمام الحرائق و حتى إن تم حرقها تبقى البذور كي تنمو بعد فترة من إطفاء الحريق و إزالة أثاره [107]. تتكاثر هذه النبتة بغزارة كبيرة و بطريقة سريعة الانتشار، فهي تتكاثر بطريقتين جنسية و ساكنة، في الطريقة الجنسية تنمو البذور في الوحل و بجانب الوديان و تحت الماء، و هنا البذور تتكاثر أكثر من النبتة في حد ذاتها لأن نبتة *Typha Latifolia* تنبت و تتأقلم مع المناخ الرطب [107]. في المراحل الأولى تعتمد على التنفس تحت الماء، و بمجرد أن تنمو فوق الماء تعتمد على التنفس

الجوي الهوائي، يصل محصول هذه النبتة إلى 3 طن في الهكتار. هذه النبتة دائمة الحياة على مدار السنة [108].

3-3-3- البيئة و الانتشار لنبات *Typha Latifolia*

تتواجد نبتة *Typha Latifolia* في عدة مناطق من العالم و تنتشر في المناطق التي ترتفع عن سطح البحر بـ 3,2م، وكذلك بين سواحل المحيط الهادي و الدوائر القطبية [109] [110]. تعيش هذه النبته في البيئات المائية كمجاري المياه و المستنقعات، كما تعيش في مناطق الشام وكل أقطار المغرب العربي باستثناء ليبيا و موريتانيا [111]. تتواجد في شمال و جنوب امريكا و أوروبا و أفريقيا و كل المناطق في كندا حيث أنها نبتة أصلية في كل هذه النواحي [110] [112] [113] [114] . أما في هواي و استراليا و اندونيسيا و نيوزيلندا و الفلبين قد جلبت إلى هذه المناطق وهي ليست أصلية [115]، كما تتواجد هذه النبتة في كل أنواع المناخ الحار، و المناخ الجاف، والمناطق الجافة [116] [117] .

3-3-4- إستعمالات نبات *Typha latifolia*

إن لهذه النبتة استعمالات كثيرة فقد استعملت قديما كغداء، حيث تؤكل على حالها أو مطبوخة أو مغلاة خاصة أنها مصدر قوي و غني بالألياف، كما استعملت لتضميد الجروح [118]، لقيت هذه النبتة عناية كبيرة حديثا خاصة لتخفيض نسبة التلوث، و هي مهمة في الوقاية من الفيضانات، و في معالجة المياه الراكدة، و كذلك الانسدادات في المناطق المائية، و تستعمل في معالجة النفايات البشرية و الزراعية و الصناعية و امتصاص الفضلات الصلبة و هي مهمة في تخفيض الكميات الزائدة من نسبة الزنك و النحاس و النيكل [119] [120] وهي مهمة لأنها سهلة النمو و الانتشار خاصة في الناطق الساحلية و التي تكثر فيها الفيضانات و تخفف من التلوث في وقت قصير [121] .تعتبر هذه النبتة مأوى لكثير من الحشرات و الزواحف فهي غداء لها و مكان لوضع بيوضها [119].

استعملت هذه النبتة قديما للأكل و للاستعمال اليومي في الأثاث مثل حشو الدمى و الوسائد و المطارح و صناعة الكراسي و السلال حيث تجمع خضراء و تجفف في مكان واسع و مضلل [107] [122] .

الفصل الرابع
طرق و أدوات

4 -1- تقديم منطقة الدراسة (تقرت) [123]

– الموقع الفلكي: تقع مدينة تقرت بمنخفض وادي ريغ في نقطة تقاطع بين:

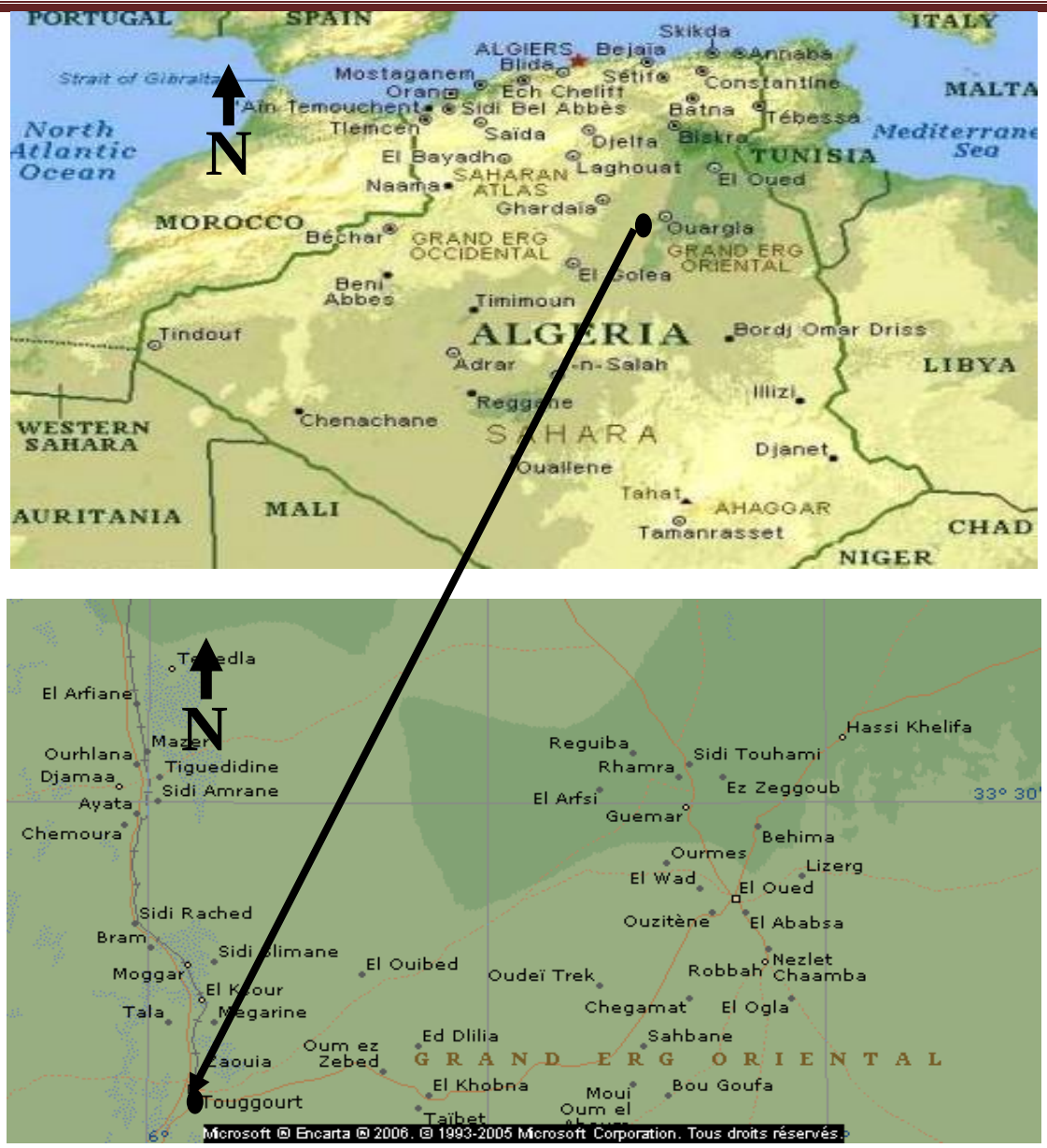
- دائرة عرض 33.116 درجة شمالا.
- خط طول 6.0783 درجة شرقا.

– الموقع الجغرافي: [123] [124]

تقع مدينة تقرت في المنطقة الشرقية للجزائر يحدها :

- من الجنوب مدينة ورقلة (مقر الولاية) على الطريق الوطني رقم 32 ب 160كلم.
- من الشرق مدينة الوادي على الطريق الوطني رقم 16 بـ 95 كلم.
- من الشمال مدينة بسكرة على الطريق الوطني رقم 03 بـ 220 كلم.
- من الجنوب الغربي مدينة غرداية على طريق القرارة و بريان ب 350 كلم و مدينة الجلفة على طريق مسعد ب 380 كلم، و تبعد عن الجزائر العاصمة ب 650 كلم.

الشكل (09): خريطة توضح الموقع الجغرافي لمدينة تقرت [125]



السلم : 15000/1

الشكل (10): خريطة تبين موقع منطقة الدراسة لدائرة تقرت ولاية ورقلة – الجزائر- [125]

مدينة تقرت عاصمة إقليم وادي ريغ الذي يمتد على مسافة أكثر من 160 كلم من الجنوب إلى الشمال، من قرية قوف إلى شط ملغيغ (اللورير) و شط مروان . حيث يقع وادي ريغ على الجهة الغربية للعرق الشرقي الكبير بالصحراء الشمالية الشرقية للجزائر، ترتفع على مستوى سطح البحر بـ 70 متر، تتربع مدينة تقرت على مساحة إجمالية تقدر بـ 481 كلم^2 [127] [128]، تتميز هذه المنطقة بمناخ جد حار. ويتميز بـ:

- شتاء بارد قارص، حيث وصلت درجة الحرارة إلى 1,6- °م في شهر فيفريـ كما يتكون الصقيع في بعض أيام الشتاء، حيث وصلت كمية تساقط الأمطار خلال 2012 إلى 18,2ملم.

- صيف جاف و حار، يتميز بالرطوبة التي تصل إلى 19 %، لأن المنطقة سبخية وتهب على المنطقة رياح تدعى السروكو Sirocco (ومحليا تسمى بالشهيلي)، يصل معدل درجة الحرارة صيفا إلى 34 °م، حيث أعلى درجة حرارة سجلت في شهر جويلية تقدر بـ 48,4 °م. (محطة الأرصاد الجوية سيدي مهدي تقرت)

4 -2- تقديم محطة التصفية بتقرت

تقع على: - خط عرض '16 °33 شمالا

- خط طول '04 °6 شرقا

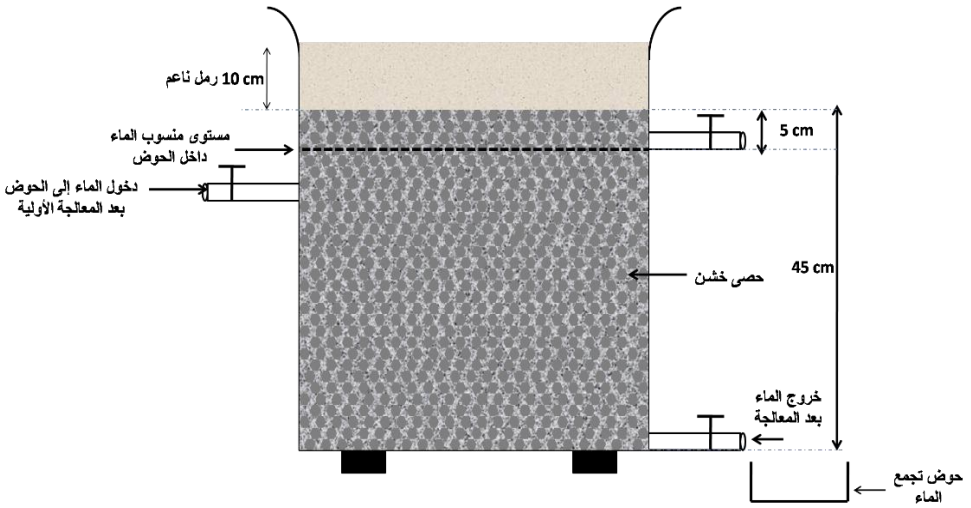
في الشمال الشرقي لولاية ورقلة، تقع محطة تصفية المياه المستعملة بتقرت بني أسود التابعة لبلدية تبسبست دائرة تقرت على الطريق الوطني رقم 16 بين مدينة تقرت و مدينة الوادي، تتربع هذه المحطة على مساحة 5 هكتارات، بدأت تعمل في 1993/11/20 م، توقفت عن العمل سنة 1995 و أعيد تأهيلها في سنة 2003، وبدأت العمل من جديد في 2004/02/24 تحت إشراف الديوان الوطني للتطهيرONA، وحاليا مخصصة لتنقية جزء من المياه المستعملة لمدينة تقرت الكبرى. الدراسة أجريت من طرف المكتب الوطني للدراسات الهيدروليكية (PNEH) مع الشركة البلجيكية لتنقية المياه في سنة 1982 رقم العملية 5.392.1666.00.02 تحت اسم وحدة التطهير بتقرت هذه الوحدة أنجزت في إطار برنامج تطوير بلدي

الشكل (11): صورة بالقمر الصناعي تحدد موضع منطقة الدراسة [126]

4-3- البرتوكول التجريبي Protocole expérimentale

4-3-1- العتاد التجريبي المستعمل

يتكون العتاد التجريبي من أحواض دائرية ذات سعة 130L، مملوءة من الأسفل إلى الأعلى على سمك 45cm بالحصى (25/15mm) و 10 cm من الرمل. ستة أحواض مزروعة بسيقان حديثة العمر لثلاثة أنواع من النباتات Typha latifolia ; Cyperus papyrus; Juncus effusus بكثافة (36 tiges/m^2) أخذ هذا المعيار من دراسات سابقة [129] [130]. حوضان لكل نوع من النباتات وحوضين غير مزروعين (كشاهدين)



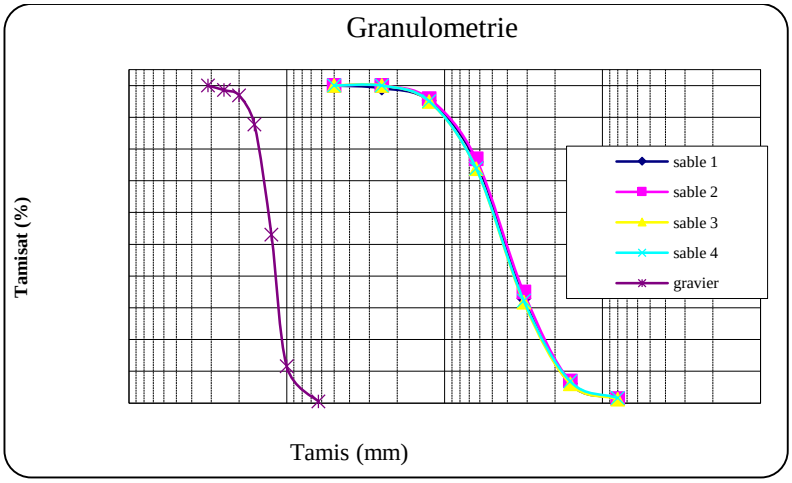
الشكل (12): مخطط يوضح مكونات حوض المعالجة بالتدفق الأفقي تحت السطح.

عملية تزويد الأحواض بالمياه المستعملة الحضرية بعد المعالجة الأولية (المعالجة الفيزيائية) بـ 30 L في اليوم، بطريقة التدفق التحت السطحي الأفقي، بوتيرة منتظمة مرة واحدة كل أسبوع، والماء المتحصل عليه بعد مكوثه 5 أيام في الأحواض يتم تجميعه (التقاطه) عبر إناء موضوع أسفل الحوض.

الشكل (13): العتاد التجريبي المستعمل.

4-3-2- الخصائص الفيزيوكيميائية لمواد التعبئة المستعملة

يتميز بالأس الهيدروجيني pH=7.06 وسط متعادل و الناقلة الكهربائية CE=586.34ms/cm



الشكل(14): منحنى التحليل الحبيبي لمواد التعبئة.

من خلال منحنى التحليل الحبيبي لمواد التعبئة يتبين مايلي :

- **الخصائص الفيزيائية للحصى**

التدرج الحبيبي ضيق (محصور) Cu=1.4 والحبيبات موزعة جيدا Cc=1.02، النفاذية 0.18Cm/S والمسامية 37.36%، الكثافة 1.66

- **الخصائص الفيزيائية للرمل**

التدرج الحبيبي موسع Cu=2.77 والحبيبات موزعة جيدا Cc=1 ومواد التعبئة متوسطة الرص حيث تتراوح الكثافة المشبعة 1.8 والكثافة الجافة 1.5، تتراوح مسامية مواد التعبئة بـ 42% ويبلغ دليل الفراغات 0.72 درجة.

4-3-3- النباتات المستعملة

استخدمت ثلاثة أنواع من النباتات

- نبات *Juncus effusus* نوع نباتي ينتمي إلى جنس الأسل *Juncus* من الفصيلة الأسلية *Juncaceae*
- نبات *Cyperus papyrus* نوع نباتي ينتمي إلى جنس *Cyperus* من الفصيلة السعدية *Cyperaceae*
- نبات *Typha latifolia* نوع نباتي ينتمي إلى جنس البوط *Typha* من الفصيلة البوطية *Typhaceae*

أخذت هذه النباتات من الحوض النموذجي لمعالجة المياه المستعملة بالنباتات (WWG) بتماسين التي تقع قرب القصر العتيق بتماسين – تقرت .

أنجزت هذه المحطة سنة 2007، مع العلم أنها كانت أنداك المحطة الوحيدة على المستوى الوطني والهدف منها معالجة المياه المستعملة الحضرية، استغلال مياه الصرف و إعادة استعمالها في السقي، الدراسة تمت على طول سنة كاملة في الفترة الممتدة من شهر جانفي 2012 إلى غاية شهر ديسمبر 2012 .

خلال مدة الدراسة أجريت التحاليل

- الفيزيوكيميائية بمخبر الديوان الوطني للتطهير بتقرت ONA

- البكترولوجية بمخبر تحليل الأغذية و المياه بمستشفى سليمان عميرات بتقرت.

- أما بالنسبة لتحديد الخصائص الفيزيوكيميائية لمواد التعبئة المستعملة في مخبر إعادة استغلال و تثمين المواد الطبيعية في المناطق الجافة و مخبر جيو بيو كيمياء بجامعة قاصدي مرباح بورقلة. تضمنت الأعمال المخبرية خلال هذا العمل فحوصات متنوعة للمدخل و المخرج.

أسبوعية :

- الطلب الكيميائي للأكسجين DCO

- الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5

- المادة العالقة MES

- النتريت NO_2^-

- النترات NO_3^-

- أورتوفوسفور PO_4^{3-}

- الناقلية الكهربائية CE

- الأس الهيدروجيني pH

- الأكسجين المنحل O_{diss}

- درجة الحرارة T(°C)

كل 15 يوم:

مرتين في الشهر للبكتريا *E.Coli*، *Coliformes totaux*، *Coliformes fécaux*،

Streptocoques totaux، *Streptocoque fécaux*.

تحليل النتائج

النتائج المقدمة لكل وسيط تمثل القيم المتوسطة المقاسة و التي تم الحصول عليها من الحوضين المستقلين (المزروع والشاهد).

- الفرق بين أداء الحوض المزروع والشاهد اختبر على مستوى الدلالة (0.05) ببرنامج STATISTICA 7.1.
- بعد التحقق من الحالة الطبيعية بواسطة اختبار Kolmogoroff-Smirnoff، تحليل التباين هو اختبار المقارنة للقيم المتوسطة و الذي يسمح بتحديد الفرق بين الحوضين المزروع و الشاهد.

مردود التنقية

قمنا بتحديد كفاءة التنقية للوسائط المقاسة بالمعادلة التالية:

$$R\% = \frac{x_i - x_f}{x_i} \times 100$$

R :مردود التنقية

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

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

4-4- الوسائط الفيزيوكيميائية و البكترولوجية المقاسة

4-4-1- الوسائط الفيزيوكيميائية

4-4-1-1- تحديد الماد العالقة MES

الطريقة المتبعة لقياس كمية المواد العالقة MES (NF;T90-105) تمت 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 و الأجهزة المستعملة

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

طريقة الترشيح

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

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

$$C(MES) = \frac{M1 - MO}{V}$$

C(MES) : تركيز المواد العالقة (mg/l)

M_0 : وزن ورق الترشيح وهو فارغ (mg)

M_1 : وزن ورق الترشيح بعد الاستعمال (mg)

V : حجم الماء المستعمل من العينة (l)

طريقة الطرد المركزي (Centrifugation)

- نأخذ 100ml من العينة و نضعها داخل إناء pots ذو سعة 100ml.
- نخضعهما لطرد مركزي لمدة 20 دقيقة حتى نحصل على الراسب.

- ننزع الماء العالق ثم نغسل الراسب بالماء المقطر ثم نخضعه مرة أخرى للطرد المركزي لمدة 20 دقيقة.

- نزن بوتقة نظيفة (Capsule) ونسجل وزنها M_0
- نسكب الراسب داخل Capsule ثم نضعها داخل الحاضنة (Etuve) على درجة حرارة 105C° حتى ن+حصل على وزن مستقر
- نخرج البوتقة (Capsule) من الحاضنة ونتركها تبرد بعيدا عن الرطوبة داخل dessiccateur
- نزن البوتقة (Capsule) مع الراسب الجاف ونسجل وزنها M_1

حساب النتيجة : تركيز MES يحسب من العلاقة التالية:

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

ويعطى بوحدة (*mg/l*)

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

M_1 : وزن البوتقة مع الراسب بعد الاستعمال *(mg)*

V: حجم الماء المستعمل مع العينة (*ml*)

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

تم تحديد *DCO* بطريقة الأكسدة بواسطة بيكرومات البوتاسيوم في وسط حمضي بوجود سلفات الفضة و سلفات الزئبق بواسطة جهاز (Colorimétre HACH , DR/*890*)

بطريقة *Digestion par réacteur* في قياسنا لـ DCO استعملنا كبسولات تحتوي على الكاشف التجاري محضر سابقا

الأدوات والأجهزة المستعملة

- جهاز Colorimètre HACH ; DR/890
- *مولد للحرارة* Thermoréacteur
- حامل - كأس بيشر- ماصة - ماء مقطر

طريقة العمل

- نرج كبسولة تحتوي على المتفاعلات جيدا من أجل مزج المواد المترسبة
- بواسطة ماصة نظيفة نأخذ *2ml* من العينة ونسكبها على الجدار الداخلي للأنبوبة (كبسولة) التي تحتوي على المتفاعل بحيث تكون الكبسولة بشكل مائل
- نغلق الكبسولة بإحكام ونرجها جيدا
- نسخن الكبسولة لمدة *120* دقيقة على درجة حرارة *148C°* داخل مولد للحرارة *Thermo-réacteur*
- نخرج الكبسولة من *Thermo-réacteur* ونتركها تبرد على حامل لمدة *10* دقائق
- بعد *10* دقائق نرج الأنبوبة (الكبسولة) جيدا ثم نتركها تبرد على درجة حرارة عادية (زمن التبريد حوالي *30* دقيقة أو أكثر)
- بعد انتهاء وقت التبريد نضع الكبسولة داخل جهاز *Colorimètre ;DR/890*
- نقرأ قيمة *DCO* من الجهاز مباشرة تبقى النتيجة مستقرة لمدة زمنية والنتيجة يعبرعنها بـ *(mgO_2/l)*.

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

تم تحديد كمية DBO_5 باستعمال جهاز (*MF120*) *DBO* (*ISO5813*) بطريقة *manométrique*

الأدوات و المواد المستعملة :

- جهاز الرج المغناطيسي
- جهاز قياس الضغط *manométrique de mercure DBO (MF120)*
- حاضنة (*20C°*)
- قارورات الحضن عازلة لضوء ذات سعة *500ml* مزودة بغطاء داخلي و غطاء خارجي
- ملقط
- حوجلة عيارية
- هيدروكسيد البوتاسيوم

طريقة العمل

- نقيس بواسطة دوارق مدرجة كمية العينة اللازمة للتحليل ثم نسكبها داخل قارورات الحضن نظيفة
- نضع القضيب المغناطيسي داخل كل قارورة
- بواسطة ملقط نظيف قرصين من هيدروكسيد البوتاسيوم KOH في كل غطاء داخلي للقارورة
- نغلق القارورة بطريقة غير محكمة

- نضع القارورات على جهاز الرج على درجة حرارة *20* درجة مئوية و نتركها لمدة *30* دقيقة من أجل استقرار توازني ثم تغلق القارورات بإحكام
- نأخذ القراءة كل يوم لمدة *5* أيام وفي الأخير نطرح بين كل نتيجة محصل عليها في يومين متتالين ونجمع النتيجة و الحاصل يضرب في المعامل

حساب النتيجة

قيمة DBO_5 الحقيقية تحسب من العلاقة التالية

$$\boldsymbol{DBO_5(mgO_2/l)} = \text{قيمة القراءة} \times \text{المعامل}$$

- قيمة القراءة : هي القيمة المتحصل عليها من الجهاز

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

الجدول (05): معامل تغير قيمة DBO_5 بدلالة حجم العينة المستعملة

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

4-1-4-4- تحديد كمية النتريت NO_2^-

تم تحديد كمية النتريت بواسطة جهاز(*Colorimètre HACH , DR/890*) بطريقة Diazotation

الأدوات و الأجهزة المستعملة :

- جهاز Colorimètre DR/890
- أنبوب كالورم تريك Cuvette colorimétrique بسعة 25ml , 20ml , 10ml
- كأس بيشر بسعة 50ml
- المتفاعلات
- كاشف (Nitri Ver 3) بشكل كيس تجاري محضر مسبقا
- ماء مقطر

طريقة العمل

- نأخذ 10ml من العينة نضعها داخل أنبوب كالورمتري
- نسكب محتوى الكاشف داخل الأنبوب
- نغلق الأنبوب بإحكام و نرج جيدا و نتركه لمدة 15 دقيقة لتتفاعل
- نأخذ 10ml من الماء المقطر (الشاهد) و نضعها داخل أنبوب كالورمتري ثاني ثم نسكب محتوى الكاشف و نرج جيدا ثم نضعه داخل جهاز Colorimètre DR/890 نضبط الجهاز على الصفر
- بعد 15 دقيقة من التفاعل نضع الأنبوب الذي يحتوي على العينة داخل جهاز القياس ثم نقرأ النتيجة مباشرة على الجهاز.

4-1-4-5- تحديد كمية النترات NO_3^-

تم تحديد كمية النترات NO_3^- بواسطة جهاز(Colorimètre HACH;DR/890) و الطريقة المتبعة Réduction au Cadmium

الأدوات و الأجهزة المستعملة

- جهاز Colorimètre DR/890
- كأس بيشر بسعة 50ml
- أنبوب كالورمتري Cuvette Colorimétrique بسعة 25ml, 20ml, 10ml
- المتفاعلات

كاشف (Nitri Ver 5) بشكل كيس تجاري محضر مسبقا

طريقة العمل

- نسكب 10ml من العينة داخل أنبوب كالورمتري
- نسكب محتوى الكيس Nitri Ver 5 داخل الأنبوب
- نغلق الأنبوب بإحكام و نرج جيدا مدة دقيقة واحدة
- نترك الأنبوب مدة 5 دقائق ليتفاعل
- نأخذ 10ml من الماء المقطر (الشاهد) ونضعها داخل أنبوب كالورمتري آخر ثم نضيف له محتوى كيس Nitri Ver 5
- ثم نضعه داخل جهاز Colorimètre DR/890 من أجل ضبط الجهاز على الصفر
- نأخذ الأنبوب الذي يحتوى على العينة و نضعه داخل الجهاز ثم نقرأ النتيجة مباشرة على الجهاز وتعطى بـ (mg/l)

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

تم تحديد كمية ارتو فسفات بواسطة جهاز Colorimètre HACH;DR/890 حسب طريقة Phos Ver3 (حمض الاسكوربيك)

الأدوات و الأجهزة المستعملة :

- جهاز Colorimètre DR/890
- كأس بيشر
- أنبوب كالورم تري Cuvette Colorimétrique بسعة 25ml,20ml,10ml

المتفاعلات :

كاشف Phos Ver3: بشكل كيس تجاري محضر مسبقا

طريقة العمل:

- نأخذ 10 ml من العينة و نضعها داخل أنبوب كالورمتري
- نضيف للأنبوبة محتوى الكيس Phos Ver3
- نغلق الأنبوب جيدا ثم نرجه نتركه لمدة دقيقتين ليتفاعل
- أثناء مدة التفاعل نحضر أنبوب ثاني و نضيف لها 10ml من الماء المقطر (الشاهد) و نضيف لها المتفاعل Phos Ver3
- نضع أنبوب الشاهد على الجهاز ونضبط الجهاز على الصفر
- نأخذ الأنبوب الذي يحتوى على العينة و نضعه داخل الجهاز ثم نقرأ النتيجة على الجهاز مباشرة بـ (mg/l)

ملاحظة:

القياسات الكلورمترية الحجم 10ml،25ml هما الكميات المحددة، ولكن بعض التحليل اللون المتحصل عليه يكون غامق و يستحيل الحصول على نتيجة وفي بعض الأحيان يكون اللون مخالف للون المناسب في كلتا الحالتين، نستعمل طريقة التمديد للبحث عن كمية المواد المراد تحديدها في العينة.

طريقة تمديد العينات لقياس الكلورومتري:

من أجل سهولة تمديد العينة نأخذ بواسطة ماصة مدرجة الكمية اللازمة، نضعها في حوجلة عيارية ثم نكمل بالماء المقطر حتى العيار المناسب

من أجل تمديد العينة، الجدول أدناه يبين كمية الماء المقطر التي نضيفها للعينات للحصول على 25ml و معامل التمديد

الجدول (06): تمديد العينات و معامل التمديد

حجم العينة بـ (ml)	حجم الماء المقطر المضاف للحصول على 25ml	معامل التمديد (F)
25	0,0	1
12,5	12,5	2
10,0	15	2,5
5,0	20	5
2,5	22,5	10
1,0	24,00	25
0,25	24,75	100

النتيجة تحسب من العلاقة التالية:

$$C_0 = C' \times F$$

C_0: تركيز العينة قبل التمديد (mg/l)

C' : تركيز العينة بعد التمديد (mg/l)

F : معامل التمديد

من أجل الحصول على تمديد أكثر دقة نستعمل ماصة و حوجلة عيارية بحجم 100ml، نأخذ حجم معين من العينة بواسطة ماصة ثم نكمل بالماء المقطر حتى العيار 100ml كما يوضحه الجدول أدناه.

الجدول رقم (07): معامل التمديد للحصول على 100ml

حجم العينة (ml)	معامل التمديد F
1	100
2	50
5	20
10	10
25	4
50	2

4-4-1-7- قياس كمية الأكسجين المنحل O_{diss}

تم قياس الأكسجين المنحل داخل العينة بالطريقة الأمبيرومترية Ampérométrique

حسب (AFNOR ;T90-106) [123]

- جهاز القياس Oxymétrie BPL Inolab

طريقة العمل :

- نفتح الجهاز
- نغسل قطب الجهاز بالماء المقطر
- نأخذ 100ml من العينة و نضعها داخل كأس بيشر
- نغمس قطب الجهاز في بيشر و نتركه حتى يستقر
- نسجل من الجهاز النتائج (التركيز - التشبع – الضغط الجزئي للأكسجين) عند ثبوتها على الجهاز

حساب النتيجة، القراءة تأخذ مباشرة من الجهاز

تركيز الأكسجين	نسبة تشبع الأكسجين	الضغطالجزئي للأكسجين
Mg/l	%	M bar

4-4-1-8- قياس الأس الهيدروجيني pH

تم قياس PH بواسطة جهاز pH متر من نوع Orion (AFNOR ,X31-103) [131]

طريقـــــة العمـــــــل:

- ضبط الجهاز
- نشغل جهاز pH متر
- غسل القطب بالماء المقطر
- نضع داخل كأس بيشر صغير محلول موقى pH=7
- ضبط جهاز الرج على أقل سرعة (سرعة ضعيفة)
- ندخل قطب داخل المحلول الموقى
- نتركه مدة صغيرة حتى يستقر و يظهر على الجهاز طلب إدخال المحلول الموقى الثاني
- نسحب القطب ثم نغسله جيدا بالماء المقطر ثم ندخله في كأس بيشر رقم 2 يحتوي على محلول موقى (pH=4 أو pH=10) حسب طبيعة الوسط المراد قياسه
- نسحب قطب الجهاز و نغسله بالماء المقطر

طريقة قياس pH

- نأخذ 100ml من العينة ونضعها داخل كأس بيشر
- نضع داخل كأس بيشر قطب مغناطيسي على حركة ضعيفة
- ندخل قطب الجهاز داخل كأس بيشر
- نتركه حتى يستقر ثم نقرأ النتيجة مباشرة على الجهاز

4-4-1-9- قياس درجة الحرارة

في قياس درجة الحرارة استعملنا جهاز متعدد القياسات analyseur multi paramètres

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

طريقة العمـــــل :

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

4-4-1-10- قياس الناقلية الكهربائية

تم قياس الناقلية الكهربائية بواسطة جهاز قياس الناقلية من نوع TACUSSEL [132]

طريقة العمـــــل :

- 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.

4-4-2- الوسائط البكترولوجية

تعداد البكتريا (*E.Coli ،Streptocoques totaux et Fécaux،Coliformes totaux et Fécaux*) على التوالي في وسط سائل (AFNOR,T90-433) [131]

- بكتريا القولون *Les coliformes totaux*
- بكتريا القولون البرازية *Les coliformes Fécaux*
- بكتريا ايشي رشيا كولي *E.Coli*
- بكتريا السباحية الكلية *Les Streptocoque Totaux*
- بكتريا السباحية البرازية *Les Streptocoque Fécaux*

الأدوات و الأجهزة المستعملة:

- قارورات معقمة – مبردة - ماصة باستور- أنابيب اختبار و حاملها - إبرة زرع - حمام مائي - موقد منزل حاضنة (48C°,37C°)

البيئات و الكواشف المستعملة:

- ماء جافيل
- ماء فيزيولوجي لتحضير التخفيف
- ماء مقطر

- بيئة BCPL (D/C – S/C) وتستعمل في الكشف الاحتمالي عن بكتريا القولون الكلية *Les coliformes totaux*
- بيئة Shubert للكشف عن بكتريا القولون البرازية
- بيئة الماء الببتوني L'eau péptonée للكشف عن بكتريا القولون البرازية
- كاشف KoVaCS يستعمل في الكشف التأكيدي لبكتريا القولون البرازية E.Coli

- بيئة Rothe(D/C – S/C) تستعمل في الكشف الاحتمالي للبكتريا السباحية
- بيئة Aiva lits Ky تستعمل في الكشف التأكيدي للبكتريا السباحية البرازية

طريقة التخفيف العشرية – الاماهة

- بواسطة ماصة معقمة و مدرجة نضع 9 ملل من الماء الفزيولوجي في عدة أنابيب معقمة و هذا حسب العينة و مدى حمولتها للبكتريا، و ذلك انطلاقا من العينة الأم (10°) نجري عملية التمييه.
- نأخذ 1 ملل من العينة الأم بواسطة ماصة و نضعها في الأنبوب الأول لنحصل على التخفيف 10^{-1} ثم نأخذ 1 ملل من الأنبوب الأول ونضعها في الأنبوب الثاني فنحصل على التخفيف 10^{-2}، وهكذا نواصل العملية حتى التخفيف الأخير مع تغير الماصة في كل مرة.

في بحثنا هذا وصلت عملية التخفيف حتى 10^{-6} نظرا للعدد الكبير من الأحياء الدقيقة الموجودة في مياه الصرف.

تعداد البكتريا:

يتم تعداد الخلايا حسب الهدف الذي نرمي إليه و نختار الأوساط الغذائية حسب الخلايا المراد تعدادها، و في عملنا هذا استعملنا الأوساط السائلة حيث هناك عدة تقنيات لتعداد الخلايا في الأوساط السائلة والتي تسمح بالحصول على مايسمى بالعدد الأكثر احتمالا Nombre plus probable (NPP) من ضمن هذه التقنيات طريقة Mac- Grady.

والهدف من استخدام المزارع السائلة تستعمل للإكثار و الحصول على النواتج القانونية للبكتريا ودراسة صفاتها البيوكيميائية

4-4-2-1- اختبار الكشف وعد بكتريا القولون الكلية و البرازية

(Les Recherche et dénombrement de coliformes totaux fécaux)

تنتمي هذه البكتيريا الفصلية إلى عائلة *Entera bactericeae* عصوية صغيرة سالبة لصبغة غرام (-) GRAM(-) غير متجرثمة، أكسيدار سالب (-) Oxydase هوائية أو لاهوائية اختياريا وجودها يدل على تلوث من أصل برازي، تتميز بسرعة تخمرها لسكر اللاكتوز و المانتول مع إنتاج غاز وحمض و تنتج كذلك الالدهيدات، و من اجل هذا نستعمل أوساط غذائية حاوية على سكراللاكتوز لنميز هذه البكتيريا.

طريقة العمل : البحث عن Coliformes يتم على مرحلتين

المرحلة الأولى : الاختبار الوجودي Test présomptif

- نحضر 21 أنبوب من بيئة BCPL ذو تركيز (S/C) و3 أنابيب ذات التركيز (D/C) و نوزعها على حامل الأنابيب بحيث تكون فيه الأنابيب مفصولة ثلاثة ثلاثة لكل تخفيف دون أن ننسى ترقيم هذه الأنابيب لتفادي الخلط فيما بينها (مع العلم أننا استعملنا 7 تخفيفات).
- نكرر العملية حسب عدد العينات المراد تحليلها حيث استعملنا 5 عينات.
- بواسطة ماصة نضيف 1ملل (20 قطرة بماصة باستور) من التخفيفات المحضرة سابقا من العينة المراد تحليلها إلى أنبوبة بيئة BCLP (S/C) و يكون ذلك بالترتيب.
- أما باقي الأنابيب (03) BCPL (S/C) نضيف لكل أنبوب1 ملل من العينة الأم، و03 أنابيب من بيئة BCLP (D/C) نضيف لكل أنبوب 10 ملل من ماء العينة الأم.
- نراقب الأنابيب من أجل إفراغ هواء ناقوس درهام Durham
- نضع الأنابيب داخل الحاضنة في درجة حرارة (37°م) لمدة 24- 48 ساعة

القـــــراءة :

تكون الأنابيب موجبة إذا تحولت بيئتها من اللون البنفسجي إلى اللون الأصفر، أي حدوث تخمر للاكتوز مع ظهور غاز في ناقوس درهام (Cloche) و تعكر ميكروبي، و لترجمة النتائج إلى أرقام نتبع طريقة NPP حيث نبدأ القراءة من آخر 3 أنابيب موجبة وتكون منها عدد ذو ثلاثة أرقام و بمطابقة هذا العدد في الجدول Mac-Grady نجد الرقم الموافق لهذا العدد. و للحصول على عدد البكتريا في المحلول نضرب العدد الناتج في مقلوب التخفيف [27]

المرحلة الثانية : الاختبار التأكيدي Test Confirmatif يعتمد هذا التشخيص على وسط Schubert المحتوية على Cloche

- نأخذ 1ml من الأنابيب الموجبة ب BCPL في الاختبار للكشف وعد بكتريا القولون الكلية و نضيفها إلى أنابيب بيئة Shubert حيث عدد أنابيب بيئة Shubert نفس عدد أنابيب BCPL الموجبة مع ترقيمها على حسب التخفيف
- نرج هذه الأنابيب ثم نضعها في الحاضنة عند درجة حرارة44° م لمدة 24 ساعة.

القـــــــراءة :

إذا ظهر غاز في الناقوس الموجود في أنبوب Shubert مع تعكر ميكروبي، نقوم بالتأكد من إنتاج الاندول بإضافة من 03 إلى 04 قطرات من كاشف Kovacs، وعند ظهور حلقة حمراء تطفو في أعلى الأنبوب نقول في النهاية أن النتيجة موجبة.

بمقارنة هذه النتائج مع جدول MAC- Grady نحصل على عدد بكتريا القولون البرازية [133]

فحص العينات في الحالة الطازجة L'état Frais

نأخذ قطرة من العينة الأم ونقوم بمسحها على شريحة زجاجية ونغطيها بساترة ثم نقوم بفحصها مجهريا باستعمال التكبير 10X أو 40X

الملاحظة : نلاحظ خلايا عصوية على شكل سلاسل وهي في حالة حركة

الكشف عن الخلايا البكترية النامية بوسط Shubert

نأخذ عينة من النتيجة الايجابية نجري لها مسحة على شريحة ثم نلونها بصبغة غرام La Coloration de Gram

طريقـــــــة العمـــــل :

- نأخذ مسحة على شريحة نجففها و نثبتها بالتسخين على موقد بنزين Bunsen
- تخمر هذه الشريحة في Violet de gentiane ونتركها لمدة دقيقة
- نضيف لها محلول lugol لمدة 45 ثانية
- نغسل الشريحة بالكحول و نتركها لمدة 30 دقيقة
- نغطيها بالفيشين Fushine و نتركها لمدة دقيقة ثم نغسلها بالماء و نجففها
- في الأخير نضع عليها قطرة من زيت الغمس L'huile de cèdre
- نفحص العينة بواسطة المجهر بتكبير (100X)

ملاحظة : على حسب اللون نحدد نوع غرام Gram

- لون Violet ←GRAM(+)
- لون Rose ←GRAM(-)

4-4-2-2- اختبار كشف وعد البكتريا السباحية الكلية و البرازية

Les Streptocoque totaux et Fécaux

Streptocoque ليس لها عموما قدرة على إحداث المرض، تعتبر شاهد على تلوث برازي، تتواجد في المعي الغليظ للإنسان و الحيوان و في مياه المجاري و المخلفات الصلبة من أنواعها البكتريا السباحية البرازية Streptocoque Fécaux

طريقة العمل: يتم العمل على مرحلتين

- الاختبار الوجودي Test présomptif
- نقوم بنفس المراحل السابقة في تشخيص بكتريا القولون الكلية فقط مكان بيئة BCPL تستعمل بيئة Rothe
- نضع كل الأنابيب في الحاضنة تحت درجة حرارة 37°م و لمدة تتراوح مابين 24 - 48 ساعة

قراءة النتائج:

تكون الأنابيب موجبة عند ظهور تعكر دليل على احتمال وجود Streptocoque بمقارنة هذه النتائج مع جدول Mac-Grady نحصل على عدد بكتريا السباحية الكلية

الاختبار التأكيدي Test Confirmatif

نأخذ 1ml من الأنابيب الموجبة Rothe في اختبار الكشف و عد البكتريا السباحية الكلية و نضيفها إلى أنابيب Aiva litsky بنفس عدد أنابيب Rothe مع ترقيمها على حسب التخفيف

- نرج هذه الأنابيب رج خفيف
- نضع الأنابيب في الحاضنة تحت درجة حرارة 37° م لمدة تتراوح مابين 24- 48 ساعة

قراءة النتائج:

ظهور التعكر الميكروبي دليل على وجود Streptocoque Fécaux و بمقارنة هذه النتائج الموجبة مع جدول Mac-Grady نحصل على البكتريا السباحية البرازية [133] .

الفصل الخامس
نتائج و مناقشة

5-1- خصائص مياه الصرف المستعملة في تغذية الأحواض

بدأنا عملنا بالنتائج التي تحصلنا عليها و بعد المعالجة الإحصائية المدونة في الجدول (08)

الجدول (08) :القيم المتوسطة للوسائط المقاسة للمياه المستعملة الحضرية المستعملة في تغذية الأحواض أثناء عملية التنقية خلال مدة الدراسة

الوسائط	عدد العينات	القيمة الدنيا	القيمة القصوى	القيم المتوسطة
PH	48	7.31	8.16	7,8
Conductivite	48	3.59	9.05	6,81 ms/cm
MES	48	236	613	402 ,50 mg/l
DCO	48	180	346	280,58 mg/l
DBO_s	48	110	295	211,17 mg/l
NO_2^-	48	0.1	0.58	0,212 mg/l
NO_3^-	48	23.17	55.90	33.07 mg/l
Po_4^{-3}	48	19.80	28.25	34,26 mg/l
Coliformes Totaux	24	450000	5700000	186250,00 UFC/100ml
Coliformes fécaux	24	140000	750000	188416,67 UFC/100ml
StreptocoqueTotaux	24	140000	4600000	111666,67 UFC/100ml
Streptocoque fécaux	24	15000	4600000	73958,33 UFC/100ml
E.Coli	24	12000	760000	23666,67 UFC/100ml

نتائج التحليل الجدول رقم (6) تبين أن هذه المياه هي مياه الصرف حضرية حيث تبين النتائج أن كل القيم تدخل في مجال مياه الصرف الحضري باستثناء النترات NO_3^-هذه الزيادة قد تعود إلى أكسدة الامونيوم NH_4^+ إلى نتريث NO_2^-ثم إلى نترات NO_3^-.[27].

نتائج المعالجة بعد مكوث المياه في الأحواض خلال 5 أيام تحصلنا بالنسبة لأنواع النباتات الثلاث *Typha latifolia, Cyperus papyrus ,Juncus effusus* و الشاهد على النتائج المدونة في الجدول أدناه:

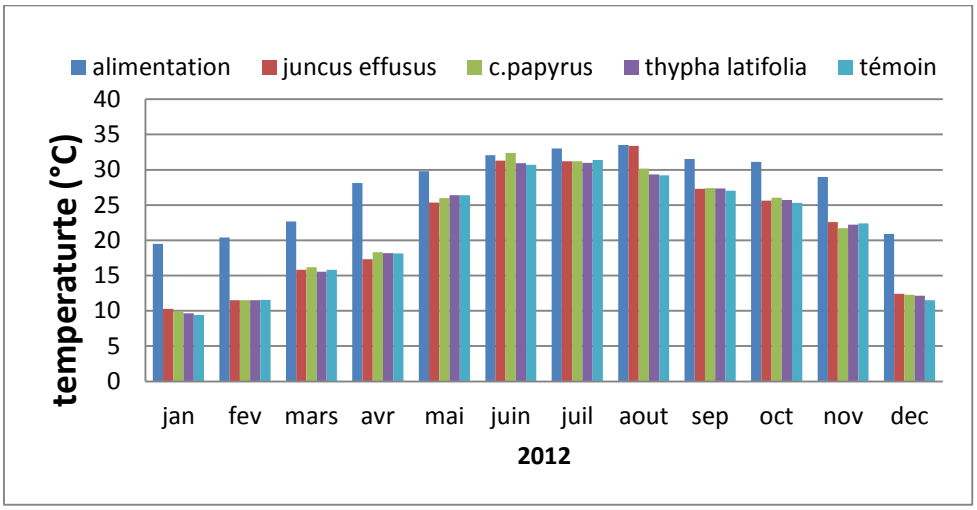
الجدول (09) القيم المتوسطة للوسائط المقاسة للمياه المعالجة بالأحواض المزروعة بالنباتات *Juncus effusus* و *Cyperus papyrus* و *Typha latifolia* و Témoin أثناء عملية التنقية خلال الموسم 2012

الوسائط المقاسة	عدد العينات	الحوض A_1 Juncus effusus	الحوض A_2 Cyperus papyrus	الحوض A_3 Typha latifolia	الحوض A_4 Témoin
pH	48	6,73	6,77	6,86	7,28
CE (ms/cm)	48	18,39	16,73	11,29	8,21
MES (mg/l)	48	23,84	25,00	21,17	27,94
DCO (mg/l)	48	50,33	54,75	43,08	77,66
DBO5 (mg/l)	48	31,58	34,50	25,50	50,41
NO2 (mg/l)	48	0 ,037	0 ,039	0 ,040	0 ,073
NO_3^-(mg/l)	48	3,87	5,99	3,76	11,11
PO4-3 (mg/l)	48	5 ,85	6,29	4 ,89	11 ,63
Coliformes totaus (UFC/100 ml)	24	668,33	345,83	299,83	35500,00
Coliformes fécaux (UFC/100 ml)	24	381,66	162,58	255,83	19033.33
Streptocoques totaus (UFC/100 ml)	24	185,83	198,83	188,58	46916,66
Streptocoques fécaux (UFC/100 ml)	24	177,41	198,33	171,91	32833,33
E.Coli (UFC/100 ml)	24	139,58	61,66	133,58	4258,33

5-2- مناقشة النتائج

5-2- 1- تطور درجة الحرارة T(c°)

من خلال الشكل (15)، نلاحظ أن القيم المتوسطة لدرجة الحرارة تنخفض في المياه المعالجة في مختلف الأحواض مقارنة بالمياه المستعملة، من خلال النتائج المحصل عليها في الشكل(15) أعلى قيمة 33.5 °C مسجلة في شهر أوت و ادني قيمة19.5 °Cفي شهر جانفي، أي درجة الحرارة محصورة بين القيمتين 19.5 ≤ T (°C) ≤ 33.5،



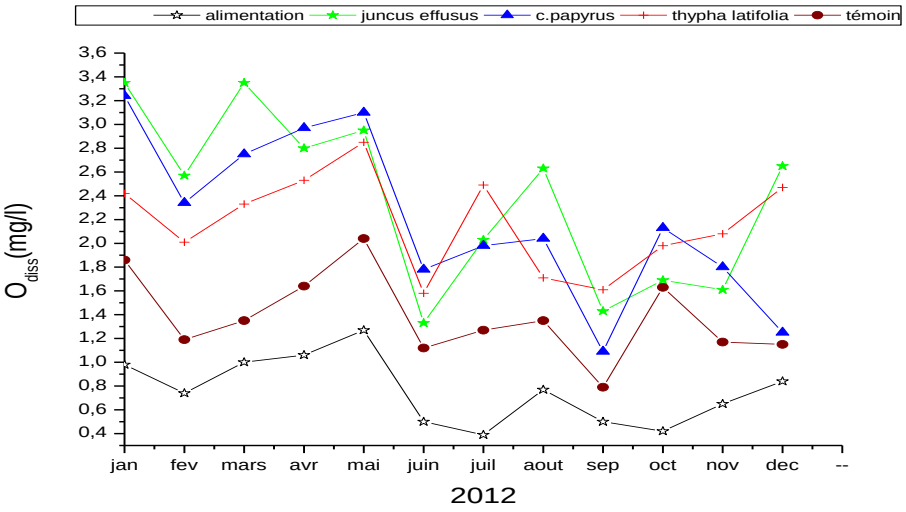
الشكل (15) : التطور الزمني لدرجة الحرارة T(c°) للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد

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

- أما بالنسبة للمياه المعالجة في الأحواض المزروعة و الأحواض غير المزروعة متقاربة على طول السنة في قاع الأحواض على عمق 55cm، هذا الفرق في درجة الحرارة لا يؤثر على اختيار الكائنات الدقيقة المسؤولة على التنقية [134].

5- 2-2- تطور الأكسجين المنحل (O_{diss})

من خلال الشكل (15)، نلاحظ أن القيم المتوسطة للأكسجين المنحل تزداد في الأحواض المعالجة مقارنة بالمياه المستعملة، حيث نلاحظ أن قيم الأكسجين المنحل متغيرة بين أدنى قيمة 0.39mg/l في شهر جويلية في المياه المستعملة، و اكبر قيمة 3.35mg/l في الماء المعالج بحوض نبات *Juncus effusus* في شهري جانفي و مارس .



الشكل(16): التطور الزمني للأكسجين المنحل O_{diss}للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد.

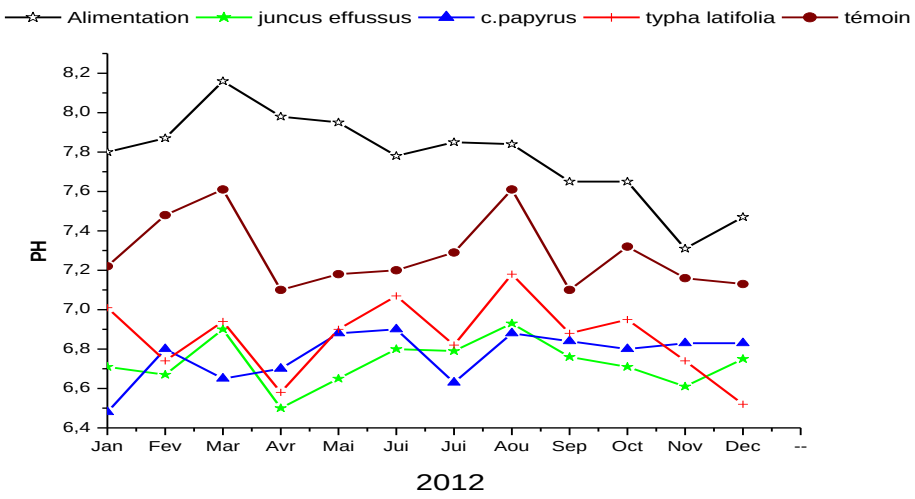
ـ نلاحظ أن قيمة O_{diss}تزداد زيادة تدريجية في المياه المستعملة أين تأخذ أدنى، قيمة و يعبر هذا العدد الهائل للكائنات الحية الدقيقة (البكتريا , الفطريات ...) التي تقوم باستهلاك كمية كبيرة من الأكسجين لاستغلاله في عملها ونشاطها المتمثل في عمليات الأكسدة، بالإضافة إلى ارتفاع درجة العكارة التي أدت إلى إعاقة نفاذية الأكسجين الهوائي داخل مياه الصرف.

ـ من خلال هذه الدراسة نلاحظ أن كمية الأكسجين المنحل في الأحواض المعالجة تكون مرتفعة خلال فصل الشتاء و الربيع مقارنة بباقي الفصول. الأكسجين المقاس داخل الأحواض هو ناتج عن ميتابوليزم النبات و البكتيريا و كذلك انتقال الأكسجين الناتج عن انتشار الهواء. عموما نلاحظ أن الأكسجين المنحل يتغير عكس الكثافة العضوية للمياه المستعملة و في عمق الأحواض المعالجة، كما نلاحظ أن هناك فرق في كمية الأكسجين المنحل بالنسبة للأحواض المزروعة بالنباتات و الحوض غير المزروع (الشاهد)، و يعود ذلك لوجود النباتات التي تعمل على نقل الأكسجين من الهواء إلى داخل الأحواض من الأوراق إلى السيقان ثم الجذور [138].

لقد لاحظ الباحثون أن النباتات حديثة العمر تكون أكثر فاعلية في توصيل الأكسجين عن طريق جذورها إلى قاع الحوض مقارنة بالنباتات كبيرة السن، التي تتكون على جذورها طبقة دهنية تمنع تسرب الأكسجين [138][139].

5-2-3- تطورالأس الهيدروجيني ألـPH

نلاحظ من خلال الشكل (17) بأن الـ PH المتوسط ينخفض في المياه المعالجة في مختلف الأحواض مقارنة بالمياه المستعملة ينخفض بمعدل 7.8 إلى 6.73 ، 6.77 ، 6.86 بالنسبة للأحواض المزروعة بالنباتات *Juncus effusus* و *Cypeurs papyrus* و *Typha latifolia* على التوالي، و 7.28بالنسبة للحوض غير المزروع (الشاهد).



الشكل(17): التطور الزمني للأس الهيدروجيني أل PHللمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد.

نلاحظ في الحوض غير المزروع يبقى معتدل، أما بالنسبة للأحواض المزروعة بالنباتات هناك انخفاض خفيف في قيمةالـ PH(ينخفض بوحدة واحدة)، و يصبح حمضي، هذه النتيجة تشبه كثيرا التجربة التي أجريت في غانا [140][141]، و يمكن أن ينخفض الـPHبمقدار وحدتين عند بلوغ مدة التنقية أربعة أسابيع.انخفاض الأس الهيدروجيني لا يؤثر على نمو النبات لأن في الوسط 4>PH< 6يكون نمو النبات في أعلي ذروته [142] [143] [144].

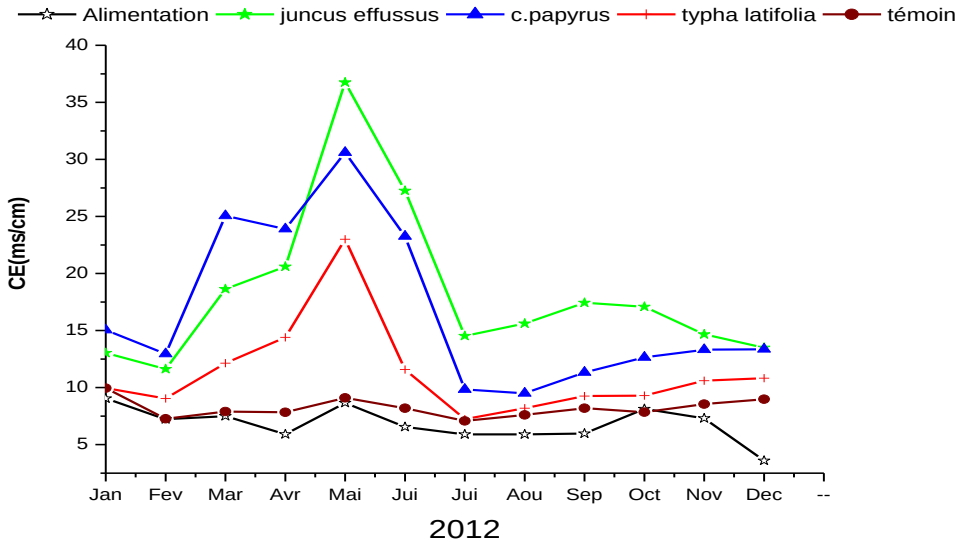
التحليل الإحصائي لا يعطي فرق بين الحوض المزروع بنبات *Juncus effusus*والشاهد (p>0.05)،وبينما يعطي فرق بين الأحواض المزروعة بنبات*Typha latifolia Cyperus papyrus,* و الشاهد (p<0.05)، و يوجد فرق بين الأحواض المزروعة فيما بينها (P<0.05)، ولكن متوسط الأس الهيدروجيني في الأحواض المزروعة أقل من الحوض الشاهد. هذه النتيجة مشابهة للنتيجة التي توصل إليها Vincent et al (1994)[51]. عدة عوامل تفسر هذا الانخفاض في الأس الهيدروجيني (حموضة الوسط) منها أكسدة النتريت و[146][145]DCO، أكسدة DCOينتج عنها CO_2،بدوره يؤدي إلى حموضة الوسط وأكسدة النتريت يؤدي إلى نترات، ويؤدي بدوره إلى حموضة الوسط ويعود سبب ذلك إلى:

- تجمع الهيدروجين نتيجة نشاط البكتيريا المسؤولة على النترجة Nitrifiantes
- تجمع CO_2نتيجة ميتابوليزم النبات أو تحطيم المواد العضوية من طرف البكتيريا [147] [148]

- إنتاج ايونات H^+من طرف النبات لتعويض بعض الكاتيونات الداخلة في التغذية المعدنية للنبات [149]
- إنتاج بعض الإفرازات (أحماض عضوية) من طرف جذور النبات[150]

5-2-4- تطور الناقلية الكهربائية CE

الناقلية الكهربائية للمياه المعالجة بالأحواض المزروعة هي دائما أكبر من الناقلية الكهربائية للمياه المعالجة بالحوض غير المزروع (الشاهد) و المياه المستعملة، الشكل (18).هذا الارتفاع يكون كبير في الصيف و الربيع، أما بالنسبة للناقلية الكهربائية للحوض غير المزروع يكون نفس التغير مع المياه المستعملة. الناقلية الكهربائية للمياه المستعملة 6.81 ms/cm أما بالنسبة للأحواض المزروعة 18.39 ms/cm، 16.73 ms/cm، 11.29 ms/cm، بالنباتات التالية *Juncus effusus*، *Cyperus papyrus*، *Typha latifolia* على التوالي و8.21 ms/cm بالنسبة للحوض غير المزروع (الشاهد).



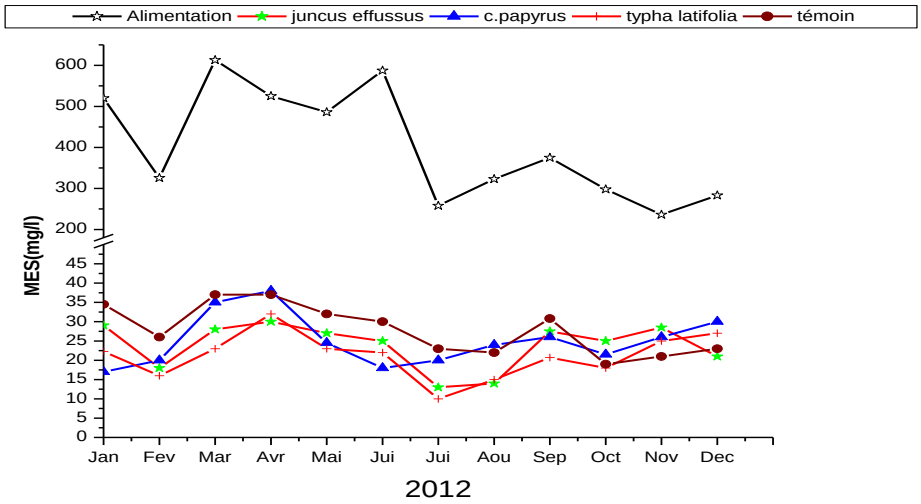
الشكل(18): التطور الزمني للناقلية الكهربائية CE للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد

و التحليل الإحصائي أعطى فرق متباين بين الحوض المزروع بنبات *Juncus effusus* و الحوض الشاهد ($P<0.05$)، و لا يوجد فرق متباين بين الأحواض المزروعة بالنباتات *Cyperus papyrus*، *Typha latifolia* ، و الحوض الشاهد($P>0.05$)، وأعطى التحليل الإحصائي أيضا فرق متباين بين نبات *Cyperus papyrus*، *Typha latifolia* ($P<0.05$)، و لايوجد فرق متابين بين نبات *Cyperus papyrus* و *Juncus effusus* ، و كذلك بين *Typha latifolia* و*Juncus effusus* ($P> 0.05$)، إذن وجود الحزم النباتية هو الذي يتسبب في ارتفاع الناقلية الكهربائية، كذلك يعود سبب الارتفاع نتيجة تعرق و تبخر النباتات، و بالتالي يؤدي إلى تركيز الوسط. في تفسير (ranjani. 1996) [151] يعود سبب ارتفاع الناقلية الكهربائية نتيجة تحول المواد العضوية إلى مواد معدنية، في هذه الحالة نتوقع كل هذه التغيرات

تدخل في ارتفاع الناقلية الكهربائية هذه النتائج مشابهة للنتائج التي تحصل عليها(FINLAYSON et al,1983) [152].

5-2-5- تطور المواد العالقة MES

يبين تطور المواد العالقة MES،الشكل (19)، بين القيمة الصغرى 236mg/l و القيمة القصوى 613 mg/l في المياه المستعملة الحضرية، كما نلاحظ أعلى كمية إزالة كانت في شهرجوان بمردود 95.74٪ بالنسبة للحوض المزروع بالنبات *Juncus effusus* و96.94٪ بالنسبة لنبات *Cyperus papyrus*، أما بالنسبة لنبات Typha Latifolia كانت أعلى كمية في شهر ماي بمردود تنقية 96.26٪ ، و أدنى نسبة للإزالة MES كانت في شهر جوان بمردود 87.92٪، 88.98٪ ، 89.40٪بالنسبة للأحواض المزروعة بالنباتات *Juncus effusus* و *Typha Latifolia Cyperus papyrus* على التوالي. يبين تطور المواد العالقة MES تركيزها ينخفض في المياه المعالجة مقارنة بالمياه المستعملة حيث يتغير في المياه المستعملة بمعدل 402.5 mg/l ،أما بالنسبة للمياه المعالجة قيم MES: 23.84 mg/l، 25.00 mg/l ، 21.17 mg/l في الأحواض المزروعة بالنباتات *Typha latifolia, Cyperus papyrus, Juncus effusus* على التوالي و 27.94 mg/l في الحوض غير المزروع (الشاهد).

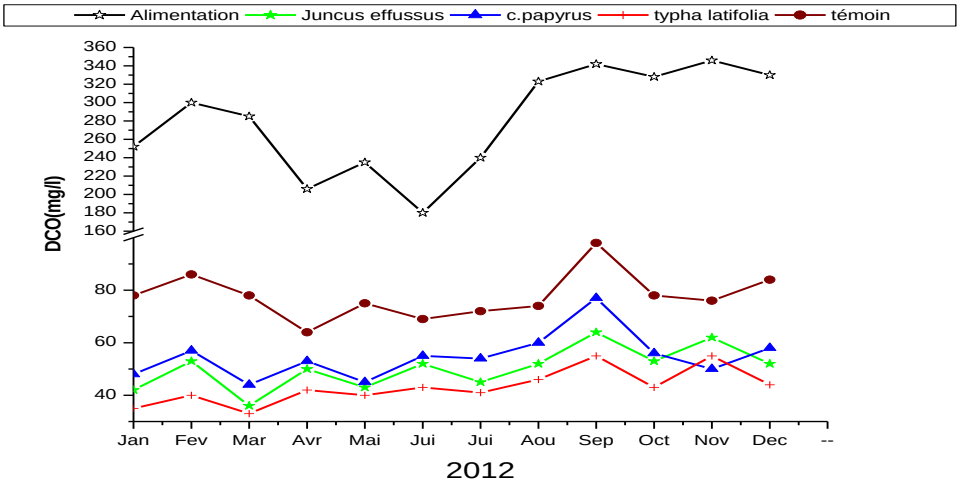


الشكل(19): التطور الزمني للمواد العالقة MES: **للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد.**

التحليل الإحصائي يبين هناك فرق متباين بين الحوضين المزروعين بنبات *Typha latifolia* و *Juncus effusus* و الحوض غير المزروع "الشاهد" ($p<0.05$)، و كذلك يوجد فرق متباين بين *Typha latifolia* و *Cyperus papyrus* ($p<0.05$)، بينما الدراسة الإحصائية لاتبين فرق بين نبات *Cyperus papyrus* و الشاهد($p>0.05$)،و كذلك بينه وبين نبات *Juncus effusus* ($p>0.05$). تناقص تركيز MES في مختلف المياه المعالجة ناتج أساسا على المعالجة الفيزيائية مثل الترشيح [148]، حيث المواد الخشنة تبقى عالقة و المواد الدقيقة تحجز في مسامات المصفاة أو بالتفاعل الكيميائي Van Der waals [154]. المياه المعالجة بالأحواض المزروعة تكون أكثر تعكر من المياه المعالجة بالحوض غير المزروع (الشاهد)، هذه النتيجة استنتجها(MOLLE P.2003) [155]. سبب هذا التعكير ناتج عن النبات المغروس في الحوض. وجود الجذور و الجذمور يشكل (يحدث) قنوات داخل مواد التعبئة، عن طريقها تعبر المواد الدقيقة وتظهر في المياه المعالجة.

6-2-5- تطور الطلب الكيميائي للأكسجين(DCO)

الطلب الكيميائي للأكسجين DCOفي المياه المستعملة يتغيربين 180 mg/l و 346 mg/l، ومن خلال التطور الزمني لـ DCOفي الشكل (20) نلاحظ أعلى كمية إزالة كانت في شهرديسمبر بمردود 84.24٪ بالنسبة للحوض المزروع بالنبات *Juncus effusus*، و85.55٪ في شهرنوفمبربالنسبة لنبات *Cyperus papyrus*، أما بالنسبة لنبات *Typha Latifolia*كانت أعلى كمية في شهر مارس بمردود تنقية 88.42٪ ، و أدنى نسبة للإزالة لـ DCO كانت في شهر جوان بمردود 71.11٪ ،69.44٪ ، 76.11٪ بالنسبة للأحواض المزروعة بالنباتات *Juncus* effusus و *Typha Latifolia Cyperus papyrus* على التوالي. يبين تطور الطلب الكيميائي للأكسجين DCO تركيزه ينخفض في المياه المعالجة مقارنة بالمياه المستعملة، حيث يتغير في المياه المستعملة بمعدل 280.58 mgo_2/l ، أما بالنسبة للمياه المعالجة قيم DCO: 50.33 mgo_2/l ، 54.75 mgo_2/l 43.08 mgo_2/l في الأحواض المزروعة بالنباتات *Juncus effusus*، *Cyperus papyrus*، *Typha latifolia* على التوالي، و 77.67 mgo_2/l في الحوض غير المزروع (الشاهد) 76.6 ٪ .



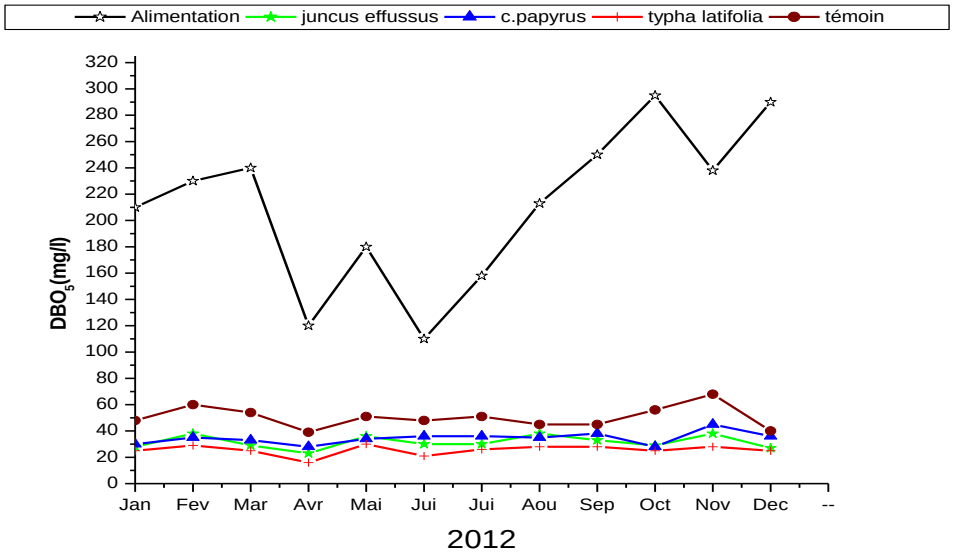
الشكل (20): التطور الزمني الطلب الكيميائي للأكسجين(DCO)للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد.

التحليل الإحصائي أعطى فرق متباين بين الأحواض المزروعة و الشاهد وبين الأحواض فيما بينها ($p<0.05$). الأحواض المزروعة و الحوض الشاهد أعطت مياه بتركيز DCOاقل من المياه المستعملة، هذا ناتج عن الامتصاص الفيزيائي للمواد العضوية في المياه المستعملة في المصفاة و تهوية الوسط عن طريق الكائنات البكتيرية. هذه الأحواض أعطت مردود أحسن مقارنة بالحوض غير المزروع. هذا الانخفاض سببه وجود النبات الذي يوفر شروط فيزيوكيميائية يؤمن الأكسجين للوسط المصفى عن طريق الأوراق إلى السيقان ثم الجذور و الجذمور بواسطة الكائنات البكتيرية التي تسبب أكسدة DCO [157] [62] [156].

النباتات تساعد على نو الكتلة الحيوية البكتيرية في الوسط العضوي. مردود التنقية بالنسبة لنبات *Typha latifolia* أعلى مقارنة بالنباتات *Juncus effusus*و *Cyperus papyrus*.

5-2-7- تطور الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5

الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5 يتغيربين 110mg/l و 295 mg/l في المياه المستعملة. ومن خلال التطور الزمني لـ DBO_5 في الشكل (21)، نلاحظ أن أعلى كمية إزالة كانت في شهر أكتوبر بمردود 84.24٪، 87٪ بالنسبة للحوضين المزروعين بالنباتات *Juncus effusus* و *Cyperus papyrus* و 85.55٪ في شهر ديسمبر بالنسبة لنبات *Typha Latifolia*، و أدنى نسبة للإزالة لـ DBO_5 كانت في شهر جوان بمردود 72٪، 67.30٪ 80.90٪ بالنسبة للأحواض المزروعة بالنباتات *Juncus effusus* و *Typha Latifolia Cyperus papyrus* على التوالي، وعموما تركيز DBO_5 في المياه المستعملة الحضرية أكبر من التركيز DBO_5 في المياه المعالجة،حيث ينخفض تركيز DBO_5 بمعدل 211.17 mg/l في المياه المستعملة إلى 31.58 mg/l، 34.50 mg/l، 25.50 mgK، 50.41 mg بالنسبة للأحواض المزروعة Juncus effusus ، Cyperuspapyrus، *Typha latifolia* و الحوض الشاهد على التوالي. إزالة DBO_5 في الأحواض المزروعة بنسب 85٪، 83.7٪، 88٪ للنباتات *Juncus effusus*، *Cyperus papyrus*، *Typha latifolia* على التوالي، و 76٪ بالنسبة للشاهد.

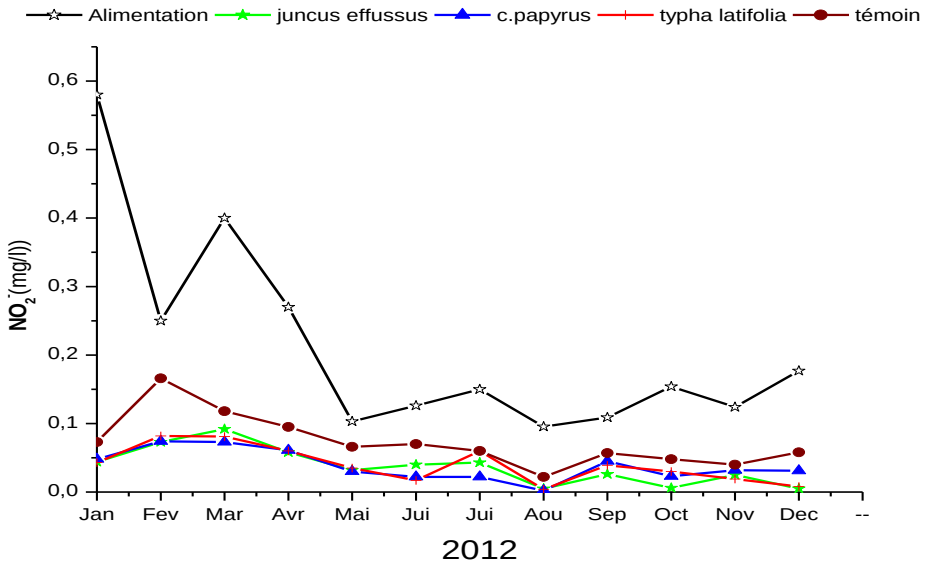


الشكل (21): التطور الزمن الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5 في للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد.

التحليل الإحصائي أعطى فرق متباين بين الأحواض المزروعة بالنباتات و الحوض الشاهد ($p<0.05$)، والدراسة الإحصائية بينت أيضا أن هناك فرق متابين بين الأحواض المزروعة فيما بينها ($p<0.05$). الفرق في إزالة DBO_5بين الأحواض المزروعة بالنباتات و الحوض الشاهد سببه وجود النباتات المائية التي تملك خاصية امتصاص الأكسجين من الجو لتحريره عبر جذورها في المنطقة المحيطة بالجذور، هذا الأكسجين ينشط البكتيريا، حيث تعمل على أكسدة وتحطيم المواد العضوية.

5-2-8- تطور إزالة النتريت NO_2^-

من خلال التطور الزمني لنتريت NO_2^- في الشكل(22)، نلاحظ أن أعلى كمية إزالة النتريت كانت في شهر جانفي بمردود تنقية 89.46٪، 89.29٪، 91٪ بالنسبة للأحواض المزروعة بالنباتات *Juncus effusus* و *Cyperus papyrus* و *Typha Latifolia* على التوالي، و أدنى نسبة لإزالة النتريت كانت في شهر فيفري بالنسبة للحوضين المزروعين بالنباتات *Juncus effusus* و *Typha Latifolia* بمردود 64٪، أما بالنسبة لنباتات Cyperus papyrus كانت أدنى نسبة لإزالة النتريت في شهر سبتمبر بمردود 55.96٪. بصفة عامة تركيز النتريت NO_2^- في المياه المستعملة يتغير مع الزمن، و يكون أكبر من تركيز NO_2^- في المياه المعالجة حيث ينخفض تركيز NO_2^- 0.212 mg/l في المياه المستعملة، وفي الأحواض المزروعة بالنباتات *Juncus effusus*، *Cyperus papyrus*، *Typha latifolia* بقيم 0.037 mg/l ، 0.039 mg/l ، 0.040 mg/l على التوالي، و 0.073 mg/l بالنسبة للحوض الشاهد.

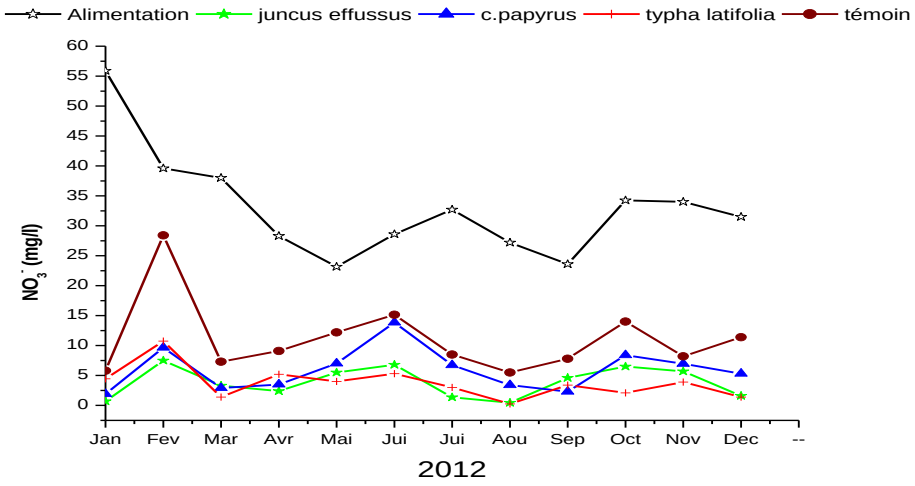


الشكل (22): التطور الزمني النتريت NO_2^-: للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد

التحليل الإحصائي أعطى فرق متباين بين الأحواض المزروعة بالنباتات و الشاهد ($p<0.05$)، بينما الدراسة الإحصائية بينت انه لايوجد فرق متباين بين النباتات فيما بينها ($p>0.05$). مردود إزالة النتريت NO_2^- هو 82.32٪ ، 81.75٪ ، 81.20٪ بالنسبة للأحواض المزروعة بالنباتات *Juncus effusus*، *Cyperus papyrus*، *Typha latifolia* على التوالي، و 65.61٪ للحوض الشاهد. الفرق في إزالة NO_2^- بين الأحواض المزروعة و الشاهد سببها وجود النباتات المائية التي تملك خاصية امتصاص الأكسجين من الجو، و يتم نقله عن طريق الأوراق ثم السيقان إلى الجذور و الجذامير [62]. هذا الأكسجين ينشط البكتيريا التي تعمل على تحويل النتريت NO_2^- إلى نترات NO_3^- في منطقة الجذور. تسمى هذه العملية بالنترجة (nitrification).

5-2-9- تطور النترات NO_3^-

من خلال التطور الزمني لنترات NO_3^- في الشكل (23)، نلاحظ أن أعلى كمية إزالة لنترات كانت في شهر جانفي بمردود ٪97.26 بالنسبة للحوض المزروع بنبات *Juncus effusus*، و٪95.90 بالنسبة لنبات Cyperus *papyrus*، أما بالنسبة لنبات *Typha Latifolia* كانت أعلى كمية في شهر ديسمبر بمردود تنقية ٪91.11، و أدنى نسبة لإزالة النترات كانت في شهر جوان بمردود ٪76.22، ٪51.57 بالنسبة للحوضين المزروعين بالنباتات *Juncus effusus* و *Cyperus papyrus* على التوالي، أما بالنسبة لنبات *Typha Latifolia* كانت أدنى نسبة إزالة في شهر فيفري بمردود٪72.8. عموما تركيز النترات يتناقص في جميع الأحواض المعالجة مقارنة بالمياه المستعملة، حيث ينخفض تركيز النترات عموما تركيز النترات يتناقص في جميع الأحواض المعالجة مقارنة بالمياه المستعملة، حيث ينخفض تركيز النترات من33.07 mg/l في المياه المستعملة إلى 5.99 mg/l، 3.86 mg/l ، 3.76 mg/l في الأحواض المزروعة بالنباتات *Typha Latifolia*، *Cyperus papyrus*، *Juncus effusus* على التوالي.



الشكل (23): التطور النترات NO_3^- للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد.

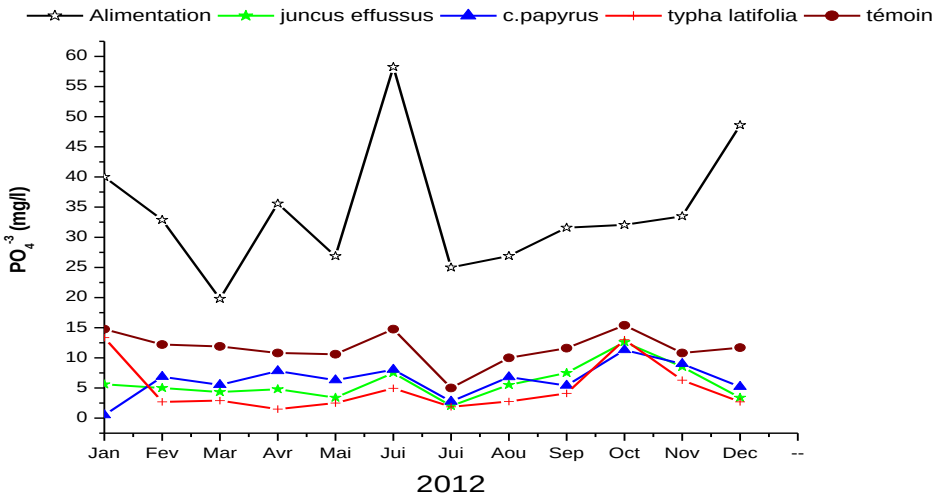
الدراسة الإحصائية بينت انه يوجد فرق متباين بين الأحواض المزروعة بالنباتات و الحوض غير المزروع ($p<0.05$)و كذلك يوجد فرق متباين بين الحوضين المزروعين بنباتات *Juncus effusus* و *Cyperus papyrus*($p<0.05$)،و يوجد فرق متباين بين الحوضين المزروعين بنباتات *Cyperus papyrus* و *Typha Latifolia* ($p<0.05$)،بينما الدراسة الإحصائية بينت أنه لا يوجد فرق متباين بين الأحواض المزروعة بنباتات *Juncuseffusus* و*Typha Latifolia*($P<0.05$).

هذا التغير في الكمية المزالة لنترات NO_3^- و مردود التنقية مرتبط بعدة عوامل منها :

- يبدو امتصاص النترات NO_3^-مراقب بعملية التطور الأنزيمي[158] [159].
- استعمال النترات من طرف النبات يكون في النهار أو في وجود التركيب الضوئي. دراسة أخرى تبين أن التركيز العالي للأمونيوم يتسبب في توقيف تشكيل إنزيم nitrates réductases الذي يتسبب في عدم قدرة النبات على امتصاص النترات [160]. تطور النترات يعطي انخفاض في الكمية بعد التصفية بالنباتات. النباتات تمتص بين (٪10- ٪39) و الجذور تطبت بين (٪ 45 - ٪ 98) من الأزوت العضوي المزال [161] [162]، أما الأزوت المتبقي تكون إزالته عن طريق عملية النترجة،و إزالة النترجة و الأكسدة الهوائية للامونيوم.
- إزالة النترات NO_3^- يعود سببه إلى وجود بكتيريا Anammox المسؤولة عن الأكسدة الهوائية للأمونيوم إلى عنصر الأزوتN_2[163].

5-2-10- تطور أرتو فوسفات PO_4^{3-}

نلاحظ من خلال الشكل (24)، بصفة عامة تركيز PO_4^{3-}للمياه المستعملة تتغير مع الزمن و تكون أكبر من تركيز PO_4^{3-} في المياه المعالجة، حيث نجد تركيز PO_4^{3-} في المياه المستعملة ينخفض بمعدل 34.26 mg/l في المياه المستعملة إلى 5.85 mg/l، 6.29 mg/l ، 4.89 mg/l، 11.63 mg/l بالنسبة للأحواض المزروعة بالنباتات *Juncus effusus*، *Cyperus papyrus*، *Typha latifolia*والحوض غير المزروع (الشاهد) على التوالي. مردود التنقية في الأحواض المزروعة هو78.4٪ ، 81.73٪ ، 86.75٪ بالنباتات *Juncus effusus*، *Cyperus papyrus*، *Typha latifolia*على التوالي و ٪ 66.05 بالنسبة للحوض غير المزروع.



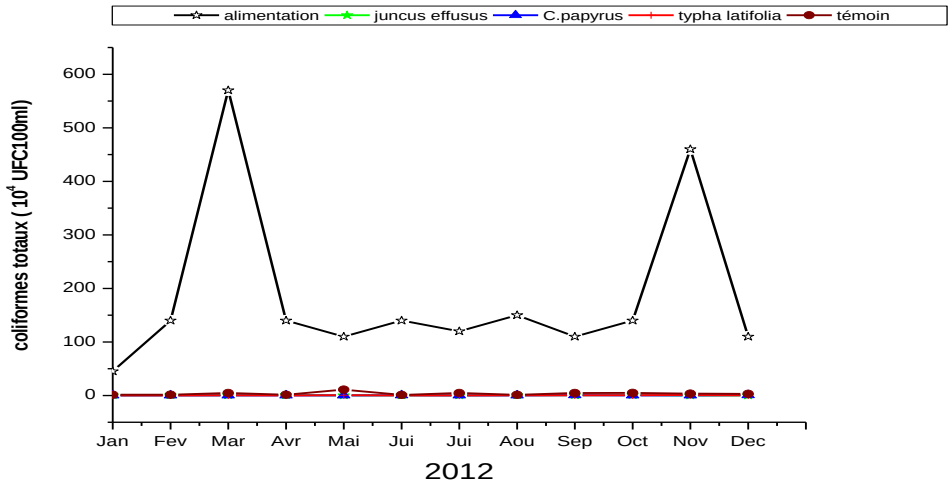
الشكل(24): التطور أرتو فوسفات PO_4^{3-} للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد

التحليل الإحصائي أعطى فرق متباين بين الأحواض المزروعة بالنباتات و الحوض الشاهد ($p<0.05$)، بينما الدراسة الإحصائية بينت أنه لايوجد فرق متباين بين الأحواض المزروعة بنباتي *Juncus effusus* و*Cyperus papyrus* ($p>0.05$)،ويوجد فرق متباين بين Typha latifolia و الحوضين المزروعين بنبات *Juncus effusus*و*Cyperus papyrus*($p<0.05$)، انخفاض تركيز الفسفور في المياه المعالجة في جميع الأحواض سببه امتصاص PO_4^{3-} في المصفاة (الجسم المرشح) [155] [164]، كذلك نوعية التربة و الحصى تساعد على امتصاص [160] [161]PO_4^{3-}. ارتفاع إزالة ارتو فسفور في الأحواض المزروعة سببه تفاعل البكتيريا والنبات و امتصاص PO_4^{3-} من طرف النبات لاحتياجاته الفيزيولوجية [155] [167].

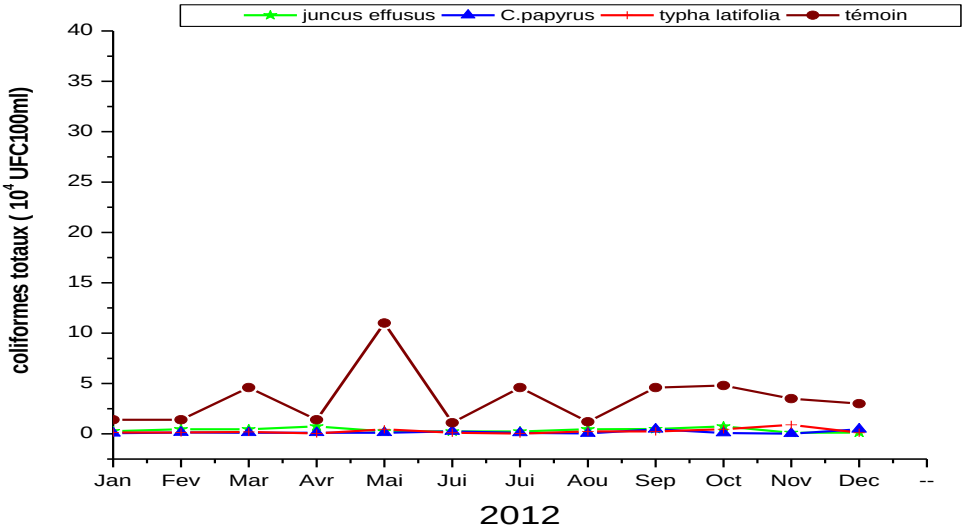
5-2-11- تطور إزالة البكتريا

5-2-11-1- بالنسبة *Coliformes Totaux*

الشكل (25 و 26) يبين عدد المستعمرات في المياه المستعملة و المياه المعالجة عموما. عـدد المستعمرات *Coliformes totaux* في المياه المستعملة يكون أكبر من المياه المعالجة في الأحواض المزروعة و غير المزروعة بمعدل 186250 UFC/100ml في المياه المستعملة وفي الأحواض المزروعة بالنباتات *Juncus effusus*، *Cyperuspapyrus* بقيم 668.33 UFC/100ml، 345,83 UFC/100ml، 299.83 UFC/100ml على التوالي، أما بالنسبة للحوض غير المزروع (الشاهد) فكانت القيمة 3550.00 UFC/100ml. مـردود التنـقيـة فـي الأحـواض المـزروعـة بالنبـاتـات *Juncus effusus*، *Cyperus papyrus*، *Typha latifolia* كانت 99.79٪، 99/91٪، 99.86٪على التوالي، و 96٪ بالنسبة للحوض الشاهد.



الشكل(25) : التطور الزمني لـ Coliformes Totaux للمد خل و المخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد.

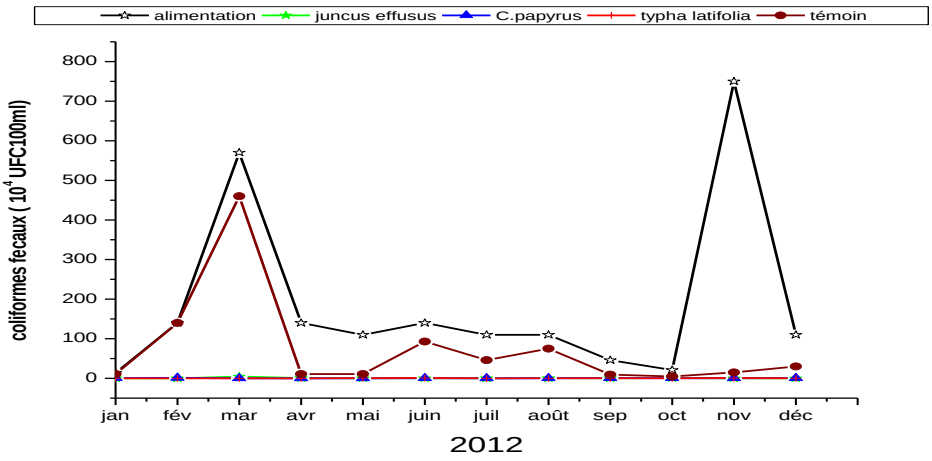


الشكل(26): التطور الزمني لـ *Coliformes Totaux* للمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد.

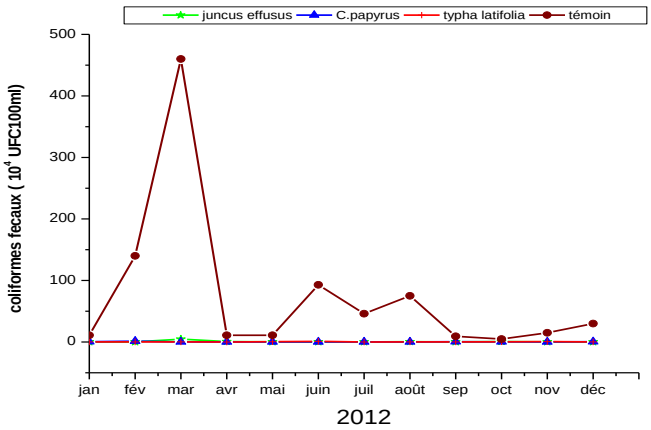
التحليل الإحصائي يبين وجود فرق متباين بين الأحواض المزروعة بالنباتات و الحوض الشاهد ($p<0.05$)، و لايوجد فرق متباين فيما بينها في إزالة البكتيريا *Coliformes totaux* ($p>0.05$).

5-2-11-2- بالنسبة *Coliformes Fécaux*

الشكل (27 و 28) يبين عدد المستعمرات في المياه المستعملة و المياه المعالجة في الأحواض المزروعة و غير المزروعة بمعدل 188416.67 UFC/100ml في المياه المستعملة، وفي الأحواض المزروعة بالنباتات *Typha latifolia*،*Cyperus papyrus*،*Juncus effusus* كانت القيم 381.66 UFC/100ml، 162.58 UFC/100ml، 246.62UFC/100ml على التوالي، و 1903.33 UFC/100ml بالنسبة للحوض غير المزروع. مردود التنقية في الأحواض المزروعة بالنباتات أكبر من 99٪، أما بالنسبة للحوض غير المزروع (الشاهد) 90٪.



الشكل(27): التطور الزمني لـ *Coliformes Fécaux* للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد.

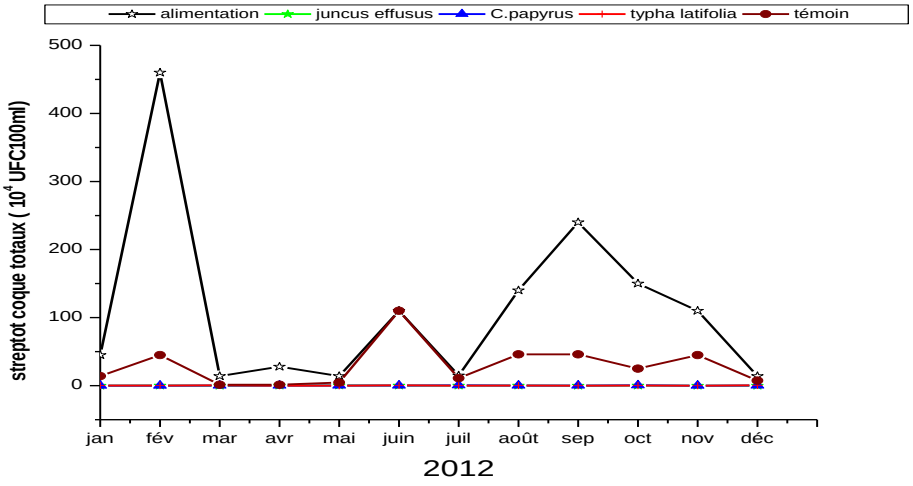


الشكل(28): التطور الزمني لـ *Coliformes Fécaux* للمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد.

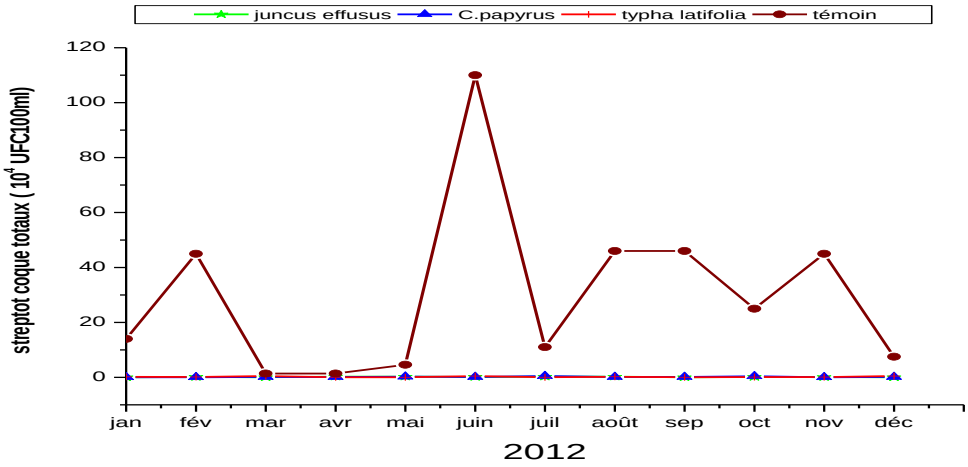
التحليل الإحصائي أعطى فرق متباين بين الأحواض المزروعة و الشاهد($p<0.05$) ، بينما الدراسة الإحصائية بينت أنه لايوجد فرق متباين بين الأحواض المزروعة بالنباتات *Cyperus papyrus* و Typha latifolia و لايوجد فرق متباين بين نبات *Juncus effusus* و *Typha latifolia* ($p>0.05$) ، و التحليل الإحصائي أعطى فرق متباين بين الأحواض المزروعة بنبات *Juncus effusus* و *Cyperus papyrus* ($p<0.05$).

5-2-11-3- بالنسبة لـ*Streptocoque totaux*

الشكل (29 و 30) يوضح عدد المستعمرات في المياه المستعملة و المياه المعالجة بالأحواض المزروعة و غير المزروعة بمعدل 111666.67 UFC/100ml في المياه المستعملة، أما بالنسبة للأحواض المزروعة بالنباتات و الشاهد *Juncuseffusus*، *Cyperus papyrus*، *Typha latifolia* كانت القيم 185.83 UFC/100ml، 198.83 UFC/100ml، 188.58 UFC/100ml ، 4691.66 UFC/100ml على التوالي. مردود التنقية في الأحواض المزروعة يفوق 99٪ في جميع الأحواض المزروعة بالنباتات مقارنة بالحوض الشاهد 96.34٪.



الشكل (29): التطور الزمني لـ *Streptocoque totaux* للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد.

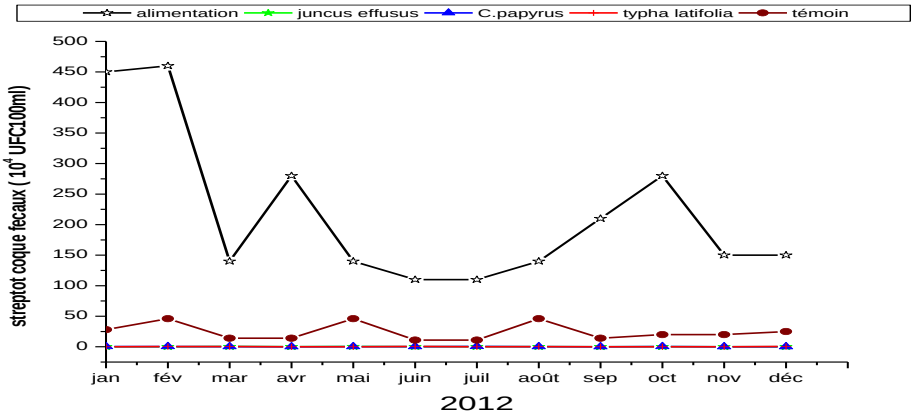


الشكل(30): التطور الزمني لـ *Streptocoque totaux* للمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد.

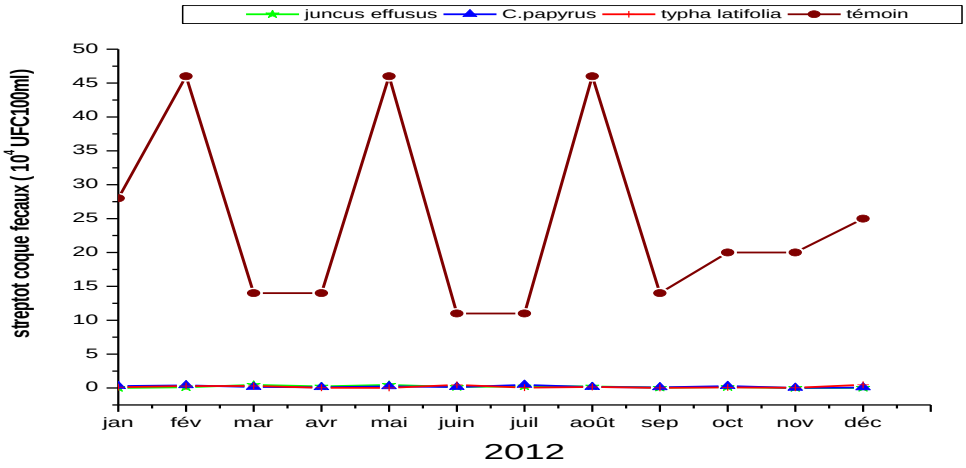
التحليل الإحصائي يبين أنه هناك فرق متباين بين الأحواض المزروعة بالنباتات و حوض الشاهد ($p<0.05$)، ولا يوجد فرق متباين بين الأحواض المزروعة فيما بينها ($p>0.05$).

4-11-2-5- بالنسبة لـ*Streptocoque fécaux*

من خلال الشكل (31 و 32) الذي يبين التطور الزمني لعدد مستعمرات *Streptocoque fécaux* في المياه المستعملة و المياه المعالجة عموما، عدد المستعمرات يتناقص بمعدل 139583.33 UFC/100ml في المياه المستعملة، أما بالنسبة للمياه المعالجة بأحواض النباتات *Juncus effusus*، *Cyperus papyrus*، *Typha latifolia* والحوض الشاهد فكانت القيم 177.41UFC/100ml، 198.33UFC/100ml، 171.91UFC/100ml، 3283.33UFC/100mlعلى التوالي. مردود التنقية في الأحواض المزروعة أكبر من99٪ مقارنة بالحوض الشاهد 95.59٪.



الشكل(31): التطور الزمني لـ *Streptocoque fécaux* للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد.

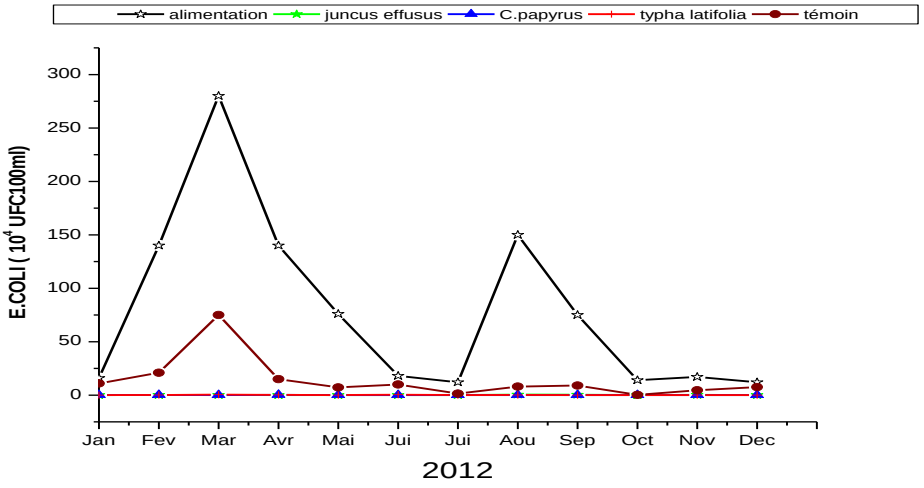


الشكل(32): التطور الزمني لـ *Streptocoque fécaux* للمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد

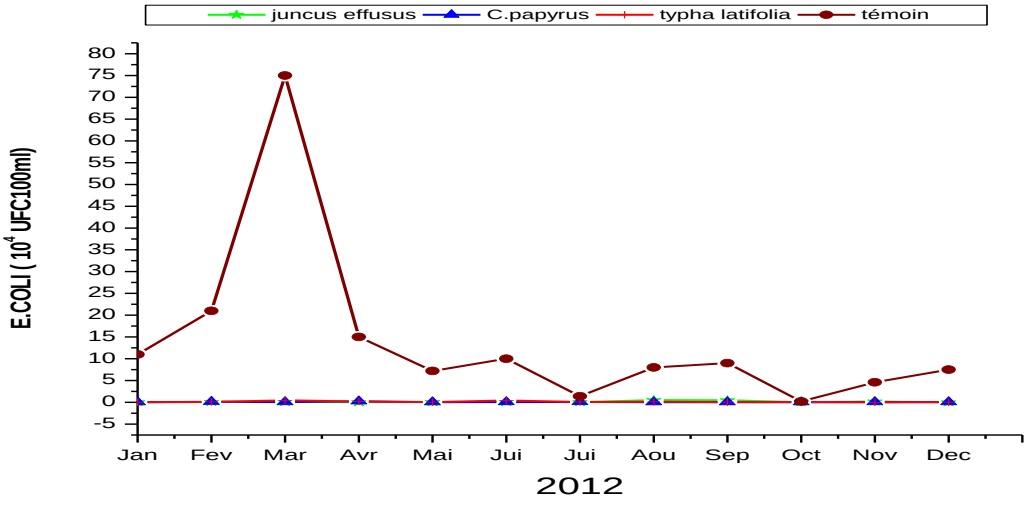
الدراسة الإحصائية أثبتت أنه يوجد فرق متباين بين الأحواض المزروعة بالنباتات و الحوض غير المزروع "الشاهد" ($p<0.05$)، ولا يوجد فرق متباين بين الأحواض المزروعة فيما بينها($p>0.05$).

E.Coli -5-11-2-5

الشكـــل (33و 34) يبين عدد المستعمرات *E.Coli* فـي الميـاه المستعملة و المياه المعالجـة. عموما عدد المستعمرات *E.Coli* في المياه المستعملة يكون أكبر من عدد المستعمرات في المياه المعالجة في الأحواض المزروعـــة و الحوض غير المزروع (الشـاهد) بمعدل 23666.67 UFC/100ml في الميـــاه المستعملة، وفي الأحواض المزروعة بنباتات *Juncus*effusus، *Cyperus papyrus* ،*Typha latifolia* فكانت على التوالي: 139.58 UFC/100ml، 61.67 UFC/100ml ، 133.58 UFC/100ml و 4258.33 UFC/100ml بالنسبة للحوض غير المزروع "الشاهد". مردود إزالة E.Coli في الميـاه المعالجـة فـي الأحـواض المزروعة بالنبـاتـــات *Juncus effusus*، *Cyperus papyrus*، *Typha latifolia* والشاهد 99.41٪، 99.74٪، 99.43٪، 82٪على التوالي.



الشكل(33): التطور الزمني لـ *E.Coli* للمدخل والمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد.



الشكل(34): التطور الزمني لـ E.Coli للمخرج لكل من الأحواض المزروعة والشاهد.

التحليل الإحصائي أعطى فرق متباين بين الأحواض المزروعة بالنباتات والحوض غير المزروع(الشاهد)($p<0.05$)، بينما الدراسة الإحصائية بينت أنه لا يوجد فرق متباين بين الأحواض المزروعة فيما بينها ($p>0.05$). نلاحظ أن إزالة البكتيريا *Coliformes totaux*، *Coliformes fécaux*،

Streptocoques totaux، *Streptocoque* fécaux شبه الكلية، بعد المعالجة في الأحواض المزروعة، قد تصل إلى 100٪.هذه النتائج مشابهة للدراسة التي تحصل عليها (Duggan,J.2001) [168]. إذن انخفاض البكتيريا مطابق لمعايير المنظمة الدولية للصحة لسنة 2012 الخاصة بالسقي غيرالمقيد (1000 C.F/100ml≥).

كما لاحظ(Vymazal , J. 2005)[169] أن أحواض التنقية في مساحة $1m^2$ تكون في الأحواض المزروعة أحسن من الأحواض غير المزروعة،.نفس النتائج أكدت من طرف(Oueslati.M.,2000)[170]التي تحصل عليها في تونس.

التفسير: خلال هذه الدراسة، أثبتت الأحواض المعالجة بالنباتات أن هناك تناقص معتبر في إزالة البكتيريا و العوامل الممرضة، و يفسر هذا إلى الموت الطبيعي للبكتيريا، نتيجة تغير الوسط المعيشي أو تهدم مع المواد العضوية، و الفرق في إزالة البكتريا بين الأحواض المزروعة بالنباتات و الحوض الشاهد أن جذور النباتات تفرز أحماض بيولوجية (مواد سامة) تعمل على قتل البكتيريا. لقد فسر (Vincent 1994 G.) [171] تناقص *E.Coli* في الحوض المزروع مقارنة بالشاهد باحتمال إفراز الجذور لمواد مثبطة (مواد سامة) "exudats" تساهم في القضاء على *E.Coli*.

الخاتمـــة

الخاتمـــة

يظهر عملنا هذا بوضوح قدرة النابتات *Typha latifolia*، *Juncus effusus* ، *Cyperus papyrus* على تنقية مياه الصرف الصحي سوى بالنسبة:

التلوث العضوي حيث وصلت بسبة إزالة DCE % 84.64 ، DBO5 88%

التلوث الجسيمي MES 94.74%

التلوث العضوي الأزوتي حيث وصلت نسبة إزالة NO_2^- 82.32% ، NO_3^- 88.83%

التلوث العضوي الفوسفوري حيث وصلت نسبة إزالة $PO4^{-3}$ 86.75%

كما وصلت نسبة إزالة التلوث البيولوجي الى نسبة تفوق 99%

أظهرت النتائج المتحصل عليها أن نسبة النشاط تختلف من نبات لآخر، كما أن نبات *Typha latifolia* له فعالية كبيرة في المعالجة، ويعتبر نبات ذو نشاط ملحوظ والأكثر نموا واستقرارا حيث أعطت نتائج أحسن من حيث أدائها وقدرتها على إزالة المواد العضوية وأورتو فوسفور PO_4^{3-} مقارنة بالنبتتين الأخريين *Juncus effusus* و *Cyperus papyrus* ثم يليها نبات *Juncus effusus* ولا يوجد فرق في إزالة النتريت والنترات و البيكتريا بالنسبة للنباتات.

فيما يخص الوسائط الفيزيائية والبيكترولوجية، قدرة التنقية بالأحواض المغروسة بالنباتات كانت أعلى من الأحواض غير المغروسة (الشاهد).

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

هذه الدراسة أظهرت أن وجود النبات له تأثير إيجابي على النشاط البيولوجي باستعمال السقي تحت السطحي الأفقي، أظهرت النتائج المحصل عليها بوضوح تخفيض معتبر في أنواع التلوث الأساسية:

التلوث العضوي الأزوتي الفسفوري و البيولوجي بنسب معتبرة، كما أن النباتات أبدت تأقلم وتعايش باستعمال هذه المياه في مناخ المنطقة شبه الجاف.

رغم اختلاف درجات الحرارة من فصل لآخر خلال مدة الدراسة، فإن هذه النباتات أعطت نتائج جيدة من حيث التنقية و كانت درجات الحرارة متقاربة داخل عمق الأحواض.

أظهرت هذه النتائج أن العامل الأساسي المؤثر على النشاط البيولوجي هو وجود النبات و الكائنات المجهرية وتطور النبتة بحد ذاتها.

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

الآفاق المستقبلية لهذا العمل:

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

تطبيق هذا النوع من التقنيات في المناطق النائية

دراسة مكونات الجذور المسؤولة على تخفيض العوامل المسببة للتلوث.

المراجع

المراجع **REFERENCES**

المراجع بالغة العربية :

[10] جورجي نسيم ماهر، 2007 ، تحليل و تقويم جودة المياه ، دار نشأة المعارف جلال حزي و شركاءه ص : 121 .

[11] الشرابي نجم الدين، هابيل منير، أبولبدة زياد، 1987 أساسيات الأحياء الدقيقة ـ الجزء العملي ـ المطبعة الجديدة بدمشق، ص: 71- 72

[12] أبو سعد م.نجيب ابراهيم، 2000، التلوث البيئي و دور الكائنات الدقيقة ايجابيا و سلبيا دار الفكر العربي_القاهرة ،ص: 6-132

[13] السعدي حسين علي ، 2006، أساسيات علم البيئة و التلوث ، دار اليازوري العلمية عمان الأردن

[16] السعداني عبد الرحمان و السيد عودة ثنائي مليجي ، 2007 م ، مشكلات بئية : طبيعتها ـ أسبابها _أثارها_كيفية معالجتها ، دار الكتاب الحديثة ، ص:55-45

[17] عباس مصطفى عبد اللطيف ، الطبعة الأولى 2004 ، حماية البيئة من التلوث ، دار الوفاء لدنيا الطباعة و النشر / م ب 01/10614.

[119] طرابلسي يوسف ابراهيم ، 2000، الميكروبيولوجية الزراعية ، جامعة الملك سعود ، النشر العلمي و المطابع ، ع ح / 6730/ 01 ، ص : 255-388

[24] محمد علي فرج 2000 ، موسوعة الهندسة الصحية ، شبكات الصرف الصحي (تنقية المياه و معالجة الهندسة لتلوث البيئة) . الطبعة الأولى . دار الكتب الحديثة .

[26] نصر الحايك 1989 تلوث المياه و تنقيتها , الطبعة الثالثة ، ديوان المطبوعات الجامعية، ص : 6-31-126

[32] عبد الرزاق التركماني ، 2009 محطات المعالجة بالنباتات، دليل تخطيط و تصميم و تنفيد محطات المعالجة بالنباتات ، شبكة خبراء المياه السوريين ، ص 22-28 .

[123] عبد الرحمان ابن خلدون 1983 كتاب العبر و ديوان المبتدأ أو الخبر المجلد السابع ببيروت و لبنان ج 13 ص 98

[124] عبد الرحمان الجيلاني ، 1980 تاريخ الجزائر العام دار الثقافة بيروت ج 1 ص 138

[127] عبد الحميد ابراهيم قادري ، 1999 التعريف بوادي ريغ منشورات جمعية الوفاء للشهيد تقرت الآمال للطباعة – الوادي ص 9/06/05

[128] ابراهيم بن محمد الساسي العوامر ، 1977 الصروف في تارخ الصحراء و سوف – الدار التونسية للنشر ص 78

المراجع باللغة الأجنبية

[1] HAFLIGER D.HUBNER P.,LUTHY J. 2000,Outbreak of viral gastroenteritisdue to sewage-contaminated drinking water. Int J Food Microbiol ;p54,123–126

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

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

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

[5] GESBERG R. M., ELKINS B. V., LYON S. R., GOLDMAN C. R.; 1986. Role of aquatic plants in wastewater treatment by artificial wetlands. Wat. Res., **20** (3), pp 363-368.

[6] RADOUX M., KEMP D.,1988. Epuration compare des eaux usées domestiques par trois plantations hélophytiques et par un lagunage à Macrophytes sous un même climat tempéré. Acta Œcologia Applic., **9 (1)**, pp 25 -38,

[7] BRIX H.; 1993. Macrophyte-mediated oxygen transfer in wetlands: Transport mechanisms and rates. Reprint from Constructed wetlands for water quality lmprovement (G. A. Moshiri, editor). Lewis Publishers . Boca Raton . Ann Arbor. London, Tokyo, pp 9-22

[8] BIDDLESTONE Q. J., GRAY K. R., JOB G. D.; 1991. Treatment of dairy farm wastewaters in engineerd reed beb systems. Process Biochemistry , **26**, pp 265-268.

[9] LANGEVIN, J; Lefelvre,R ; Toutant,C . 1997. Histoires d'eaux tout ce que il faut savoir sur l'eau et l'hygiène publique . Editions berger , Montréal . ISBN 2-9214116-13-1 , pp157-159

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

[15] BOUZIANI : 2000, l'eau de la pénurie aux maladies, Edition IBN Khaldoun. pp 247-249

[18] NGO CHRISTIAN et REGENT ALAIN ; 2004. Déchets et pollution impact sur l'environnement et la santé DUNOD , PARIS. pp 129-131.

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

[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 systèmes d'assainissement. ISBN 2-281-1152-0, Edition le moniteur , Paris , pp75-86

[22] CARDOT, C . 1999. Génie de l'environnement : les traitements de l'eau . Ellipses Edition Marketins S.A ; Paris . ISBN 2-7298-5981-0 , pp:17,31-34,110-116,121-127,185-188.

[23] RICHARD CLAUDE, 1996 , les bactéries,les hommes et les animaux, Collection Option Bio, Paris , p82.

[25] AYAZ,S : AKCA , L. 2001. Treatement of wasterwater y natural sustems. Environnement international . 26 : pp 189-195.

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

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

[29] HASLAY. C, LECLERC. H, 1993. Microbiologie des eaux d'alimentation (Londres NEW York) 11,rue Lavoisier . pp 201-234

[30] NIANG ,S. 1999 . Utilisation des eaux usées brutes dans l'agriculture urbaine au sénégal. Bilan et perspectives. In agriculture urbain en Afrique de l'Ouest . Une contribution à la sécurité alimentaire et à l'assainissement des villes . Ed . O. Smith, CRDI/CTA, pp104-125.

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

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

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

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

[36] VYMAZAL JAN and LENKA KROPFELOVA., 2008. Wastewater Treatment in Constructed wetlands with Horizontal Sub-Surface Flow, pp 203-322

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

[38] BRIX H. AND SCHIERUP H.H .1990. Soil oxygenation in constructed reed beds: the rôle of macrophyte and soil-atmosphere interface oxygen transport. In : Constructed Wetlands in Water Pollution Control, P.F. Cooper and B.C. Findlater (Eds), Pergamon Press, pp 53-66.

[39] HABERL R., PERFLER R. 1990. Seven years of research work and experience with wastewater treatment by a reed bed system. In : Constructed Wetlands in Water Pollution Control, P.F. Cooper and B.C. Findlater (Eds), Pergamon Press, pp 215-214.

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

[41] 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.

[42] 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.

[43] 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.

[44] 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

[45] BOUTIN C. 1987. Domestic wastewater treatment in tanks planted with rooted macrophytes:case study, description of the system, design criteria and efficiency. Wat.Sci. Tech. **19(10),**pp 29-40

[46] FABIO MASI & NICOLA MARTINUZZI. 2006. Constructed wetlands for the Mediterranean countries: Hybrid systems for water reuse and sustainable sanitation, Italy, pp 14-18

[47] VYZAMAL J., BRIX H, COOPER P.F.,GREEN M.B., HABERL R. 1998. constructed wetlands for wastewater treatment in Europe; Backhuys publ, Leiden. **76**: pp; 16-17-18

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

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

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

[51] 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

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

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

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

[55] ARMSTRONG J., ARMSTRONG W.& BECKETT P.M. 1992. Phragmites australis: venturi – and humidity – induced pressure flows enhance rhizome aeration and rhizosphere oxidation. New Phytol.,**120**,pp197-207.

[56] BRIX H. and SCHIERUP H.H 1990. Soil oxygenation in constructed reed beds: the rôle of macrophyte and soil-atmosphere interface oxygen transport. In: constructed wetlands in water pollution Control, P.F. Cooper and B.C. Findlater (Eds), Pergamon Press, pp 53-66.

[57] KIM, Y. and KIM, W. J. 2000. "Roles of water hyacinths and their roots for reducing algal concentration in the effluent from waste stabilization ponds." Wat. Res.. **34(13)**: pp3285-3294.

[58] KIM, Y., KIM, W. J., Chung, P. G. and Pipes, W. O. 2001. "Control and separation of algae particles from WSP effluent by using floating aquatic plant root mats." Wat.Sci.Tech. **43(11)**: pp315-322.

[59] WOLVERTON, B. C., Barlow, R. M. and McDonald, R. C. 1975. "Application of Vascular Aquatic Plants For Pollution Removal, Energy and Food Production in a Biological System." *National Aeronautics and Space Administration, Washington. TM X* **72726**. p 15

[60] WOLVERTON, B. C. and McDonald, R. C. 1979. "Upgrading facultative lagoons with vascular aquatic plants." *J. Wat. Pollut. Contr. Fed.* **51**(2): pp 305-313.

[61] BRIX H and Schierup H.H 1989. The use of aquatic macrophytes in water pollution control. Ambio, **18**, pp 100-107.

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

[63] BRIX, H. 1997. "Do Macrophytes Play a role in constructed treatment Wetlands. " Wat.Sci.Tech. **35(5)**:pp 11-17 .

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

[65] REDDY, K. R. and TUCKER, J. C. 1983. "Productivity and Nutrient-Uptake of Water Hyacinth, Eichhornia- Crassipes .1. Effect of Nitrogen-Source." *Econ. Bot.* **37(2)**: pp 237-247.

[66] TUCKER, C. S. and DEBUSK, T. A. 1983. "Seasonal-Variation in the Nitrate Content of Water Hyacinth (Eichhornia-Crassipes [Mart] Solms)." *Aquatic Botany* **15(4)**: pp 419-422.

[67] REDDY, K. R. and D'ANGELO, E. M. 1990. "Biomass yield and nutrient removal by water hyacinth (Eichhornia crassipes) as influenced by harvesting frequency." *Biomass* **21**(1): pp 27-42.

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

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

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

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

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

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

[74] KIRSCHNER**, J.** 2002. Juncaceae 3: *Juncus* subg. *Agathryon*. in: Orchard, A. E., ed., Species Plantarum: Flora of the World. Canberra. pp. 8:88–94

[75] FARRELL C.A. and DOYLE G.J. 2003. Rehabilitation of industrialcutaway Atlantic blanket bog in County Mayo, North-west Ireland. Wetlands. Ecol. Manage. **11**:pp 21–35

[76] RICHARDS, P. W.and. CLAPHAM. A.R. 1941. Juncus effusus L. (Juncus communis β effusus E . Mey) . J.Ecol , **29(2),** pp 375-380

[77] AGNEW, A.D.Q. 1961. The ecology of Juncus effusus L.in North Wales. J. Ecol, **41**, pp 83-102.

[78] WEBB, D.A., J . PARNELL and D. DOOGUE. 1996. An Irish flora . Dundalgan press , Dundalk. p 337

[79] MCCARTHY,J. 1971. Investigations into Juncus species in Ireland.M.Agr. Sc . thesis, University College Dublin, Dublin. pp 20-25

[80] GRIME, J.P.,J. G. HODGSON and R. HUNT. 1990. Comparative plant ecology. Unwin Hyman, London. pp 216

[81] ERVIN,G.N. and R.G . WETZEL.2002.Influence of a dominant macrophyte, Juncus effusus, On wetland plant species richness, diversity and community composition. O ecologia, **130**,pp 626-636.

[82] SMART, P. J.,B. D. WHEELER and A. J. WILLIS. 1989. Regeneration of peat excavations in a derelict raised bog . New phytol, **3** , pp 733-748.

[83] RICHARDS, P. W.and A.R. CLAPHAM. 1941. Juncus L.Biological flora of the British Isles. Journal of Ecology,**29**,pp 362-391.

[84] GRIME,J.P.1979.Plant strategies and vegetation processes.Johan Wiley & Sons,Chichester. p 222

[85] KADLEC, R .H, KNIGHT, R.L,1996. Treatment Wetlands. CRC Press Inc.,Baca Raton,FL. p 893

[86] LARRIDON,I., HUYGH, REYNDERS, M.,A.MUASYA,A.,GOVAERTS, R., SIMPSON , D., GOETGHEBEUR, p.2011. Nomenclature and typification of names of genera and subdivisions of genera in Cypereae (Cyperaceae):2. Names of subdivisions of Cyperus. Taxon , Volume 60 , Number 3 ,pp. 868-884 (17).

[87] Huygh,W., LARRIDON, I.,REYNDERS,M., MUASYA, A., GOVAERTS, R., SIMPON , D., GOETGHEBEUR , p . 2010. Nomenclature and typification of names of genera and subdivisions of genera in the Cypereae (Cyperaceae) : 1. Names of genera in the Cyperus clade. Taxon , Volume 59**(8)6**, pp.1 883-1890.

[88] TOURNAY,R.1950. La Nomenclature et la synonymie des sous-espèces de Cyperus L.. Bulletin de 1 Société Royale de Botnique de Belgique, Tome 82 , p.345.

[89] REYNDERS,M.,HUYGH, W., LARRIDON, I., MUASYA, A.; GOVAERTS, R., SIMPON , D., GOETGHEBEUR, P . 2011. Nomenclature and typification of names of genera and subdivisions of genera in the Cypereae (Cyperaceae) : 3. Names in segregate gener of Cyperus . Taxon , Volume 60 **(11) 3**, pp. 885-895.

[90] BOULOS L . 2005 . Flora of Egypt: volume 4 . Monocotyledons Alimataceae-Orchidaceae. Cairo : Al Hadara Publishing. Cairo Egypt. p 617

[91] SERAG ,M. S. 2003 . Ecology and biomass production of Cyperus papyrus L. on the Nile ban kat damietta Egypt. Journal of Mediterranean Ecology , **4** , pp 15-24.

[92] TERER , T., TRIEST, L.,MUASYA , AM.2012 . Effects of harvesting Cyperus in undisturbed wetland Lake Naivasha Kenya. Hydrobiologia , **680**, pp 135-148.

[93] HAKUNO, D., 2005. Medicinal Plants aand Phytomedicines. In : The Cultural History of Plants. (consulting Editor: Ghillean Prance, Scientific Editor:M. Nesbitt). Taylor and Francis, New york, Routledge , pp.205-238

[94] GAUDET , JOHAN . 1977. Uptake and loss of mineral nutrients by papyrus in tropical swamps .Ecology **58**:pp 415-422.

[95] GAUDET , JOHAN . 1980 . Papyrus and the ecology of Lake Naivasha . National Geographie Society Resarch Reports. **12**:pp 267-272 .

[96] BOAR,R.R.,D.M.HARPER and C.S.ADAMS.1999 . Biomass Allocation in Cyperus papyrus in a Tropical Wetland , Lake Naivasha,Kenya .1999. Biotropica **3**:p 411 .

[97] HARPER, D . 1992 . The ecological relationships of aquatic plants at Lake Naivasha , Kenya. Hydrobiologia .**232**:pp 65-71.

[98] CHAPMAN,L.J.,C.A.CHAMPMAN,R OGUTU –OHWAYO,M.CHANDDLER,L. KAUFMAN and A.E.KEITER.1996.Refugia for endangeredfishes form an antroduced predator in Lake Nabugabo,Uganda. J.Biocon **10**:pp 554-561.

[99] CHAPMAN ,L.J.,C.A.CHAPMAN .P.J.SCHOFIELD,J.P. OLOWO, L . KAUFMAN ,O . SEEHAUSEN and R . OGUTU-OHWAYO. 2003. Fish faunal resurgence in Lake Nabugabo , East Africa. J.Biocon **17**: pp 500-511.

[100] MACLEAN , I. M. D.,M. HASSALL .R. BOAR .R. AND O. NASIRWA.2003. Effects of habitat degradation on avian guilds in East African papyrus Cyperus papyrus L. swamps. Bird conservation Internationl.**13**: pp 283-297.

[101] MACLEAN , I. M. D.,M. HASSALL .M.R. BOAR and I. LAKE .2006 . Effects of disturbance and habitat loss on papyrus-dwelling passerines. J.Biocon.,**131**:pp 349-358.

[102] OWINO, A.O. AND P.G.RYAN . 2006. Habitat associations of papyrus specialist birds at three papyrus swamps in western Kenya. Afr. J. Ecol. **44**:pp 438-443.

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

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

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

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

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

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

[109] CLEGG, J. 1986. Observer's Book of Pond Life. Frederick Warne, London. p460.

[110] SHIPLEY, B., KEDDY, P. A., MOORE, D. R. J., and LEMKY, K. 1989. Regeneration and establishment strategies of emergent macrophytes. J. Ecol, **77**, pp1093–110.

[111] TER HEERDT, G.N.J. and DROST, H.J. 1994. Potential for the development of marsh vegetation from the seed bank after a drawdown. J.Biocon. **67**: pp 1- 11

[112] KEDDY, PAUL A. 2010. *Wetland Ecology: Principles and Conservation*. Cambridge University Press. pp. 497.

[113] Weller,M. W. 1994. Freshwater marshes. University of Minnesota Press. 154 pp.

[114] GRACE, J. B. AND WETZEL, R. G. 1981. Habitat partitioning and competitive displacement in cattails (Typha): experimental field studies. Am. Nat., **118**, pp463–74.

[115] VAN DER VALK, A. G. and DAVIS, C. B. 1976. The seed banks of prairie glacial marshes. Can. J. Bot, **54**, 1832–1838.

[116] COLLECTIF. 1997. Biologie et écologie des espèces végétales proliférant en France. Synthèse bibliographique. In Les études de l'Agence de l'eau n°68, p199.

[117] GODIN, J. 2001. Les zones humides. Cours de l'option "Ecosystèmes" de Maîtrise de Biologie des Populations et des Ecosystèmes. Université des Sciences et Technologies de Lille. pp 139-143

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

[119] 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.

[120] 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

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

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

[125] Micrsoft – Encarta – 2006. Microsoft – Corporation Tous Droits Réservés .

[126] IMAGE, CNES ASTRIUM. 2014 . google earth

[129] ABISSY M.et L.MANDI, 1999. utilisation des plantes aquatiques enracinées pour le traitement des eaux usées urbaines : cas du roseau. Rev.sci.Eau **12/2**, pp.285- 315

[130] TIGLYENE S. MANDI.L, JAOUAD.A,: 2005. enlevement du chrome par infiltration verticale sur lits de Phragmites australis (cav.) Steudel. Rev.sci.Eau **18/2**, pp.177-198

[131] AFNOR, 1983. recueil de normes françaises: eau, méthodes d'essai, 2ème édition, Paris

[132] RODIER J,.1984. L'analyse de l'eau naturelles, eaux résiduaires, eau de mer 7e Edition , DUNOD, Bordas, Paris, p 1365

[133] RICHARD C,1996. les bactéries,les hommes et les animaux,Collection Option Bio, Paris , p:82.

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

[135] REDDY, K. R. 1983. "Fate of nitrogen and phosphorus in a waste-water retention reservoir containing aquatic macrophytes." *J. Environ. Qual.* **12(1)**: pp 137-141.

[136] SHILTON, A. 1996. "Ammonia volatilization from a piggery pond." *Wat. Sci. Tech.* **33(7)**: pp 183-189.

[137] NACOULMA, O. O. G. 1996. *Plantes médicinales et Pratiques médicinales traditionnelles au* Burkina Faso : cas du plateau central. Thèse de doctorat d'Etat, Faculté desSciences et Techniques, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, tome 1, 320 p ; tome 2, p285.

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

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

[140] AWUAH.E. ANOHENE. F. ASSANTE. K. LUBBERDING. H. and GIJZEN. H. 2001. "Environmental conditions and pathogen removalin macrophyte- and algal-based domestic wastewater treatment systems."wat. Sci. Tech. **44(6)**: pp11-18.

[141] AWUAH.E. LUBBERDING. H. J. ASSANTE. K and GIJZEN. H.J 2002. "The effect of pH on enterococci removal in pistia-, dukweed- and algae- based stabilization ponds for domestic wastewater treatment."Wat. Sci. Tech. **45(1)**: pp 67-74.

[142] GOPAL.B. 1987. Water hyacinth. Amsterdam[etc].Elsevier. p 471

[143] KHEDR. A .H. A. and SERAG, M. S. 1998; "Environmental influences on the Distribution and Abundance of water lettuce (Pistia stratiotes L.) in Egypt. " Limnologica **28(4)**: pp 387-393

[144] SHARMA. B. M. and SRIDHAR, M. K. C. 1989. " Growth-Charasteristics of water lettuce (Pistia stratiotes L.) in south west Nigeria." Archiv fur Hydrobiologie **115(2)**: pp 305-312.

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

[146] 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.

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

[148] 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.

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

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

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

[152] FINLAYSON CM ., CHICK A.J. 1983. Testing the potential of aquatic plantsto treat abattoir effluent, Water Res. **17(4)**: pp 415-422.

[153] ROUSSEAU, D.P.L., VANROLLEGHEM, P.A., PAUW, N.D., 2004. Constructed wetlands in Flanders: a performance analysis. Ecol. Eng. **23**, pp 151–163.

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

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

[156] MARTENS R.. 1982.Apparatus to study the qualitative relationship between root exudates and microbial population in the rhizosphere. *Soil. Bio. Biochem*. **14**,pp 315-317.

[157] KROER N., BARKAY ,T .,SOERENSEN S .,WEBER D. 1998 Effect of root exaudates and bacterial metabolic activity on conjugal gene transfer in the rizophers of marsh plant. FEMS Microbiol. Ecol.**25**,pp 375-384.

[158] MUSIL. C. F. and BREEN. C. M. 1977. " the application of Growth Kinetics to the control of Eicchornia crassipes (Marts) Sloms. Through nutrient removal by mechanical harvesting. "Hydrobiol. **53(2)**: pp 165-171.

[159] NELSON. S. G. SMITH. B. D. AND BEST. B. R. 1981. "Kinetics of nitrate and ammonium uptake by the tropical freshwater macrophyte Pistia stratiotes L. Aquaculture **24**: pp 11-19.

[160] REDDY. K. R. and DEBUSK. T. A. 1987. Nutrient storage capabilities of aquatic and wetland plants. Aquatic plants for water treatment and ressource recovery. Reddy. K. R. and Smith. W. D. Orlando. Mangnolia Publishing Inc.: pp 337-357.

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

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

[163] THAMDRUP. B. and DALSGAARD. T. 2002. "production of N(2) through Anaerobic Ammonium Oxidation Coupled to Nitrate Reduction in Marine Sediments." Applied and Env microbiol **68(3)**: pp 1312-1318.

[164] KADLEC R.H. ,Knight R.L.,1996. Treatment wetlands. Lewis publishers, Boca Raton, Florida p893.

[165] BRIX H., ARIAS C.A., DEL BUBBA M.. 2000. How can phosphorus removal be sustained in subsurface-flow costructed wetlands? In 7th International Conference Wetlans Sytems For Water Pollution Control . Nov, Florida (USA), pp11-16.

[166] COMEAU Y., BRISSON J ., REVILLE J.P., FORGET C ., Drizo A., 2001. Phosphorus removal from trout farm effluents by constructed wetlands. Wat. Sci. Tech . **44**, pp 55-60.

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

[168] DUGGAN, J. BATESM. P. and PHILLIPS C.A., 2001- The efficacy of subsurface flow reed bed treatment in the removal of Campylobacter spp ., faecal coliforms and Escherichia coli from poultry litter , Environmental Health Research **11**, pp 168-180.

[169] VYMAZAL , J. 2005 – Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wastewater treatment , Ecol. Eng . **25**: pp 478-490.

[170] OUESLATI.M., HADAD. M., CHARBOONNEL. Y., 2000- Etude physico-chimique des eaux usées domestiques traitées par des végétaux aquatiques. Premiere experence tunisienne. Sud Sci. Tech . **6**, pp 35- 43

[171] VINCENT G., DALLAIRE S., LAUZER D. 1994. Antimicrobial properties of roots exudate of threee macrophytes: Mentha aquatica L., Phragmites australis (Cav.) Trin. and Scirpus lacustris L.. Proceedings of the 4th International Conference on Wetlands Systems for Water Pollution Control, Guangzhou, China . pp. 290–296**..**

[172] GUIRAUD. J. P. 1998. Microbiologie alimentaire. Ed. DUNOD. p 136.

[173] Hammdi B., Bebba A.A., Hacini Z. Zeghdi S.2013."Gardens planted with macrophyts filters purification perfarmance in an arid chimate . Pilot of Temacine , Ouargla (Algeria) Ant .lett .Chem. Phy Ant . **8(3) pp259-268**

الملحق

الجدول (10) التطور الزمني لدرجة الحرارة T(°C) خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الاحواض

الأشهر	التاريخ	المياه المستعملة في تغذية الأحواض		المياه الخارجة من الأحواض المعالجة							
				نبات juncus effusus		نبات cyperus papyrus		نبات Typha latifolia		الشاهد	
		القيمة الوسطى	القيم	القيمة الوسطى	القيم	القيمة الوسطى	القيم	القيمة الوسطى	القيم	القيمة الوسطى	القيم
جانفي	2012-01-04	19.50	20.5	10.30	9.95	9.90	8.63	9.65	8.49	9.40	8.92
	2012-01-09		19.2		10.22		8.81		8.97		8.65
	2012-01-14		19.35		11.04		11.21		11.13		11.04
	2012-01-19		18.95		10.99		10.95		10.01		9.59
فيفري	2012-02-05	20.40	20.25	11.50	11.73	11.50	10.7	11.51	10.9	11.55	10.5
	2012-02-10		20.44		11.14		12.3		12.3		11.5
	2012-02-15		20.3		11.85		11.6		11.44		11.62
	2012-02-20		20.58		11.28		11.4		11.4		12.58
مارس	2012-03-06	22.65	23.12	15.80	16.21	16.20	16.15	15.55	16.04	15.80	16.13
	2012-03-11		22.85		15.66		15.78		15.53		15.62
	2012-03-17		22.33		15.34		16.35		15.54		15.73
	2012-03-22		22.3		15.99		16.52		15.09		15.72
أفريل	2012-04-06	28.10	26.42	17.30	16.75	18.30	18.22	18.20	18.33	18.15	18.2
	2012-04-11		28.13		17.13		17.83		18.05		18.13
	2012-04-16		30.06		17.44		18.25		18.13		18.01
	2012-04-21		27.79		17.92		18.9		18.29		18.26
ماي	2012-05-07	29.80	29.15	25.35	25.3	26.00	25.42	26.38	25.35	26.40	25.68
	2012-05-12		28.03		24.76		25.58		25.61		26.13
	2012-05-17		31.86		25.1		25.73		26.82		26.07
	2012-05-22		30.16		26.24		27.27		28.74		27.72
جوان	2012-06-07	32.07	32.22	31.30	31.05	32.40	32.22	30.95	31.1	30.70	31.05
	2012-06-12		23.78		31.12		31.85		30.88		30.35
	2012-06-17		33.04		31.25		31.92		30.79		30.48
	2012-06-22		30.64		31.78		33.61		31.03		30.17

جويلية	2012-07-07	33.15	33.00	31.45	31.20	31.25	31.19	30.85	31.00	31.53
	2012-07-12	32.56		30.15		31.04		30.97		31.43
	2012-07-17	33.1		31.33		31.18		31.23		31.62
	2012-07-22	33.19		31.87		31.29		30.95		31.02
أوت	2012-08-07	33.6	33.50	33.56	33.40	29.35	30.14	30.1	29.36	30.15
	2012-08-12	34		32.83		30.54		29.28		29.39
	2012-08-17	33.25		33.18		30.11		29.22		29.07
	2012-08-22	33.15		34.03		30.56		28.84		28.23
سبتمبر	2012-09-06	32.8	31.50	28.22	27.31	27.53	27.40	27.54	27.35	28.03
	2012-09-11	31.75		27.14		27.32		27.26		27.13
	2012-09-16	30.65		26.45		27.48		27.13		26.17
	2012-09-21	30.8		27.43		27.27		27.47		26.87
أكتوبر	2012-10-07	31.3	31.10	26	25.60	26.2	26.05	25.8	25.70	25.4
	2012-10-12	30.95		25.81		26.1		26.13		25.1
	2012-10-17	31.29		25.51		25.98		25.65		24.87
	2012-10-22	30.86		25.08		25.92		25.22		25.83
نوفمبر	2012-11-06	30.14	29,00	23.01	22.60	20.82	21.70	22.15	22.20	22.33
	2012-11-11	29.84		22.75		21.77		21.65		22.45
	2012-11-16	28.35		22.38		21.83		22.33		22.52
	2012-11-21	28.05		22.26		22.38		22.67		22.3
ديسمبر	2012-12-06	19.85	20.90	11.4	12.40	11.2	12.30	11.1	12.15	10.7
	2012-12-11	20.76		12.2		12.15		12.33		11.65
	2012-12-16	21.13		13.43		13.5		12.95		12.43
	2012-12-21	21.86		12.57		12.35		12.22		11.3

الجدول (11) التطور الزمني للأوكسجين المنحل (O_{diss}) خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الاحواض

الأشهر	التاريخ	المياه المستعملة في تغذية الأحواض		المياه الخارجة من الأحواض المعالجة							
				نبات juncus effusus		نبات papyrus Cyperus		نبات Typha latifolia		الشاهد	
		القيم	القيمة الوسطى	القيم	القيمة الوسطى	القيم	القيمة الوسطى	القيم	القيمة الوسطى	القيم	القيمة الوسطى
جانفي	2012-01-04	1.18	0.98	2.85	3.35	3.70	3.24	2.58	2.42	1.67	1.86
	2012-01-09	0.75		3.73		3.22		2.34		1.92	
	2012-01-14	1,04		3.45		3.15		2.25		1.89	
	2012-01-19	0,92		3.37		2.89		251		1.96	
فيفري	2012-02-05	0,95	0.74	2.68	2.57	1.87	3.34	2.14	2.01	0,88	1.19
	2012-02-10	0.68		3.14		2.65		1.98		1.40	
	2012-02-15	053		2.35		2.51		1.97		1.22	
	2012-02-20	0,80		2.11		2.33		1.95		1.26	
مارس	2012-03-06	1.11	1.02	3.34	3.35	2.91	2.75	1.44	2.33	1.38	1.35
	2012-03-11	0.99		3.80		3.14		2.36		1.43	
	2012-03-17	0.97		3.22		2.84		2.51		1.28	
	2012-03-22	1.03		3.04		2.11		2.01		1.31	
أفريل	2012-04-06	1.05	1.06	2.95	2.80	2.95	2.97	2.66	2.53	1.45	1.64
	2012-04-11	1.12		3.10		2.93		3.05		2.03	
	2012-04-16	0,94		2.77		3.01		2.23		1.48	
	2012-04-21	1.13		2.38		2.99		2.18		1.61	
ماي	2012-05-07	1.11	1.27	3.00	2.95	3.15	3.10	3.10	2.85	2.21	2.04
	2012-05-12	1.40		2.97		2.75		2.78		1.98	
	2012-05-17	1.38		2.85		3.40		2.92		1.87	
	2012-05-22	1.19		2.98		3.10		2.63		2.10	
جوان	2012-06-07	0.73	0.5	1.55	1.33	1.95	1.78	1.71	1.58	1.05	1.12
	2012-06-12	0.42		1.24		1.48		1.45		1.13	
	2012-06-17	0.33		1.46		2.17		1.66		1.18	
	2012-06-22										

	1.29		2.53		2.10.		1.96		0.45	2012-07-07	
1.27	1.32	2.49	2.31	1.98	2.03	2.09	2.13	039	0.21	2012-07-12	جويلية
	1.30		2.67		1.89		1.85		0.34	2012-07-17	
	1.17		2.45		1.90		2.18		0.56	2012-07-22	
	1.35		1.68		1.75		2.58		1.01	2012-08-07	
1.35	1.23	1.71	2.07	2.04	2.14	2.63	2.85	0.77	0.84	2012-08-12	أوت
	1.40		1.52		2.20		2.45		0.65	2012-08-17	
	1.39		1.57		2.07		2.64		0.59	2012-08-22	
	0.80		1.46		1.12		1.66		0.41	2012-09-06	
0.79	1.01	1.61	1.75	1.09	1.04	1.43	1.38	0.5	0.60	2012-09-11	سبتمبر
	0.65		1.53		0.99		1.45		0.46	2012-09-16	
	0.70		1.70		1.21		1.23		0.53	2012-09-21	
	1.70		2.22		2.25		1.75		038	2012-10-07	
1.63	1.73	1.98	1.77	2.13	2.19	1.69	1.83	0.42	0.46	2012-10-12	أكتوبر
	1.55		2.01		1.85		1.29		0.50	2012-10-17	
	1.54		1.82		2.23		1.89		0.34	2012-10-22	
	1.20		1.85		1.97		1.72		0.70	2012-11-06	
1.17	1.19	2.08	1.94	1.80	1.62	1.61	1.63	0.65	0.58	2012-11-11	نوفمبر
	1.22		2.25		2.09		1.46		0.69	2012-11-16	
	1.07		2.28		1.57		1.37		0.63	2012-11-21	
	1.12		2.55		1.33		2.75		0.92	2012-12-06	
1.15	1.18	2.47	2.63	1.25	1.15	2.65	2.68	0.84	1.02	2012-12-11	ديسمبر
	1.08		2.33		1.20		2.66		075	2012-12-16	
	1.22		2.37		1.32		2.65		0.67	2012-12-21	

الجدول (12) التطور الزمني للاس الهيدروجيني PH خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الأحواض

المياه المستعملة في تغذية الأحواض			المياه الخارجة من الأحواض المعالجة							
			نبات juncus effusus		نبات cyperus papyrus		نبات Typha latifolia		الشاهد	
الأشهر	التاريخ	القيم	القيمة الوسطى	القيم	القيمة الوسطى	القيم	القيمة الوسطى	القيم	القيمة الوسطى	القيم	القيمة الوسطى
جانفي	2012-01-04	7.75	7.8	6.8	6.71	6.55	6.48	6.85	7.01	7.3	7.22
	2012-01-09	7.88		6.95		6.68		6.94		7.25	
	2012-01-14	7.69		6.55		6.33		7.3		7.15	
	2012-01-19	7.88		6.54		6.36		7.31		7.18	
فيفري	2012-02-05	8.1	7.87	6.77	6.67	6.29	6.8	6.8	6.74	7.54	7.48
	2012-02-10	7.97		6.08		6.97		6.83		7.24	
	2012-02-15	8		7.1		7.2		6.52		8.14	
	2012-02-20	7.41		6.73		6.74		6.81		7	
مارس	2012-03-06	8.25	8.16	6.95	6.9	6.5	6.65	6.83	6.94	8.1	7.61
	2012-03-11	8.12		6.82		6.73		6.95		7.88	
	2012-03-17	8.21		6.98		6.42		6.69		7.45	
	2012-03-22	8.06		6.85		6.95		7.29		7.01	
أفريل	2012-04-06	7.93	7.98	7	6.5	6.66	6.7	6.82	6.58	7.42	7.1
	2012-04-11	7.44		6.35		6.73		6.71		7.14	
	2012-04-16	8.35		6.67		6.62		6.47		7.05	
	2012-04-21	8.2		5.98		6.79		6.32		6.79	
ماي	2012-05-07	8.14	7.95	6.25	6.65	6.87	6.88	6.8	6.9	7.1	7.18
	2012-05-12	7.8		6.84		6.93		7.25		7.18	
	2012-05-17	8.1		6.45		7.08		6.75		7.21	
	2012-05-22	7.76		7.06		6.64		6.85		7.23	
جوان	2012-06-07	8.15	7.78	6.88	6.8	6.93	6.9	7.1	7.07	7.15	7.2
	2012-06-12	7.83		6.59		6.84		6.8		7.03	
	2012-06-17	7.56		6.92		7.22		6.95		7.13	
	2012-06-22	7.58		6.81		6.61		7.43		7.49	

جويلية	2012-07-07	7.8	7.85	6.76	6.79	6.71	6.63	6.85	6.82	7.3	7.29
	2012-07-12	8.11		7.11		6.58		6.61		7.23	
	2012-07-17	7.45		6.83		6.47		6.98		7.19	
	2012-07-22	8.04		6.46		5.76		6.84		7.44	
أوت	2012-08-07	7.75	7.84	6.63	6.93	6.91	6.88	7.2	7.18	7.85	7.61
	2012-08-12	7.98		7.08		6.85		6.95		7.69	
	2012-08-17	7.86		6.85		7.13		7.23		7.74	
	2012-08-22	7.77		7.16		6.63		7.34		7.16	
سبتمبر	2012-09-06	8.07	7.65	6.84	6.76	6.75	6.84	6.9	6.88	7.02	7.1
	2012-09-11	7.74		6.75		7.11		6.73		7.15	
	2012-09-16	7.62		6.69		6.82		6.75		7.25	
	2012-09-21	7.17		6.76		6.68		7.14		7.08	
أكتوبر	2012-10-07	7.51	7.65	6.41	6.71	6.79	6.8	7.12	6.95	7.65	7.32
	2012-10-12	7.85		6.99		6.48		6.75		7.43	
	2012-10-17	8.2		6.74		6.93		6.97		7.52	
	2012-10-22	7.04		6.7				6.96		6.68	
نوفمبر	2012-11-06	6.95	7.31	6.82	6.61	7.11	6.83	6.57	6.74	7.08	7.16
	2012-11-11	7.42		6.66		6.8		6.82		7.1	
	2012-11-16	7.86		6.35		6.95		6.33		7.27	
	2012-11-21	7.01		6.61		6.46		7.24		7.17	
ديسمبر	2012-12-06	7.5	7.47	7.13	6.75	6.65	6.83	6.55	6.52	7.25	7.13
	2012-12-11	8.17		6.48		6.72		6.43		7.1	
	2012-12-16	6.66		6.59		7.13		6.67		7.18	
	2012-12-21	7.55		6.8		6.82		6.43		7.01	

الجدول (13) التطور الزمني للناقلية الكهربائية Ce خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الأحواض

المياه المستعملة في تغذية الأحواض			المياه الخارجة من الأحواض المعالجة							
			نبات juncus effusus		نبات cyperus papyrus		نبات Typha latifolia		الشاهد	
الأشهر	التاريخ	القيم	القيمة الوسطى	القيم	القيمة الوسطى	القيم	القيمة الوسطى	القيم	القيمة الوسطى	القيم	القيمة الوسطى
جانفي	2012-01-04	9.27	9.05	14.15	13.04	16.18	15.05	10.12	9.95	9.87	9.65
	2012-01-09	8.72		13.14		15.2		9.88		8.75	
	2012-01-14	9.15		13.06		15.33		9.85		9.22	
	2012-01-19	10.86		11.91		13.49		9.95		10.76	
فيفري	2012-02-05	7.25	7.23	10.78	11.62	12.73	12.95	8.82	9.05	7.3	7.27
	2012-02-10	7.35		11.63		12.45		8.44		7.37	
	2012-02-15	7.1		12.09		13.6		9.76		7.13	
	2012-02-20	7.22		11.98		13.02		9.18		7.28	
مارس	2012-03-06	7.44	7.50	20.12	18.63	26.18	25.05	12.25	12.14	7.5	7.9
	2012-03-11	7.42		17.72		25.84		12.33		7.52	
	2012-03-17	8.06		16.51		23.8		11.95		8.38	
	2012-03-22	7.08		10.17		24.36		12.03		8.2	
أفريل	2012-04-06	6.17	5.91	21.11	20.6	24.1	23.9	15.13	14.4	7.29	7.84
	2012-04-11	5.88		19.67		23.8		14.22		8.35	
	2012-04-16	6.13		19.85		24.15		13.88		7.8	
	2012-04-21	5.46		21.77		23.55		14.97		7.92	
ماي	2012-05-07	8.75	8.66	34.22	36.75	29.45	30.6	24	23,00	8.8	9.1
	2012-05-12	9.53		36.8		32.18		23.15		9.75	
	2012-05-17	8.72		38.29		29.12		22.49		9.23	
	2012-05-22	7.64		37.69		31.65		22.36		8.62	
جوان	2012-06-07	6.75	6.55	28	27.25	25.16	23.25	11.8	11.58	7.71	8.19
	2012-06-12	7.22		25.73		21.84		11.71		8.25	
	2012-06-17	6.24		30.41		24.15		10.98		8.46	
	2012-06-22	5.99		24.86		21.85		11.83		8.34	

جويلية	2012-07-07	5.44	5.90	13.79	14.53	10.22	9.84	6.42	7.24	7.21	7.08
	2012-07-12	6.38		14.27		9.76		7.15		7.1	
	2012-07-17	5.73		18.59		9.95		7.66		6.8	
	2012-07-22	6.05		11.47		9.43		7.73		7.21	
أوت	2012-08-07	6.53	5.90	16.32	15.61	9.11	9.50	8.22	8.19	7.45	7.6
	2012-08-12	5.28		15.64		10.22		8.43		7.46	
	2012-08-17	5.87		15.36		9.45		7.75		7.85	
	2012-08-22	5.92		15.12		9.22		8.36		7.64	
سبتمبر	2012-09-06	6.07	5.97	18.22	17.43	11.4	11.33	10.1	9.26	8.25	8.19
	2012-09-11	5.63		14.61		11.55		9.13		8.14	
	2012-09-16	6.22		17.55		11.22		8.55		8.26	
	2012-09-21	5.96		16.34		11.15		9.26		8.11	
أكتوبر	2012-10-07	8.12	8.13	18.2	17.09	12.33	12.65	9.14	9.30	8.98	8.85
	2012-10-12	8.23		17.13		12.77		9.44		8.4	
	2012-10-17	8.1		16.1		12.48		9.18		9.54	
	2012-10-22	8.07		16.93		13.02		9.44		8.48	
نوفمبر	2012-11-06	7.2	7.31	15.32	14.67	13.48	13.32	11.25	10.60	8.62	8.55
	2012-11-11	7.45		14.66		13.27		10.45		8.57	
	2012-11-16	7.53		14.75		13.19		10.33		8.83	
	2012-11-21	7.06		13.95		13.34		10.37		8.18	
ديسمبر	2012-12-06	4.15	3.59	13.62	13.50	13.45	13.36	11.73	10.83	9.36	8.98
	2012-12-11	3.34		13.51		13.68		10.53		8.45	
	2012-12-16	3.65		13.18		13.3		10.68		8.84	
	2012-12-21	3.22		13.69		13.01		10.38		9.27	

الجدول (14) التطور الزمني لـلمواد العالقة MES (mg/l) خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الاحواض

الأشهر	التاريخ	المياه المستعملة في تغذية الأحواض	المياه الخارجة من الأحواض المعالجة											
			نبات juncus effusus			نبات cyperus papyrus			نبات Typha latifolia			الشاهد		
		القيمة الوسطى	القيم	القيمة الوسطى	مردود التنقية	القيم	القيمة الوسطى	مردود التنقية	القيم	القيمة الوسطى	مردود التنقية	القيم	القيمة الوسطى	مردود التنقية
جانفي	2012-01-04	520	26.5	29.05	94.41	23	17	96.73	21.2	22.8	95.62	35	34.5	93.37
	2012-01-09		30.7			16			25			39		
	2012-01-14		23			15			19.5			40		
	2012-01-19		36			14			25.5			24		
فيفري	2012-02-05	325.5	20	18	94.50	23	20	93.85	21.75	16	95.10	31	26	92.01
	2012-02-10		24			16.5			17.25			28		
	2012-02-15		16			21			12			24		
	2012-02-20		13			19.5			23			21		
مارس	2012-03-06	613	32	28	95.43	27	35	94.30	22	23	96.25	43	37	93.96
	2012-03-11		27			39			27			45		
	2012-03-17		22			34.47			20			24		
	2012-03-22		31			39.63			23			36		
أفريل	2012-04-06	525	32	30	94.30	39	38	92.76	34	32	92.76	39	37	92.95
	2012-04-11		34			45			29			42		
	2012-04-16		25			27			26			38		
	2012-04-21		29			41			39			29		
ماي	2012-05-07	486	25	27	94.44	23	24.5	95,00	25.32	23	95.27	36	32	93.42
	2012-05-12		31			28			24			30		
	2012-05-17		29			22.76			19.48			27		
	2012-05-22		23			24.2			23.2			35		
جوان	2012-06-07	587.5	27	25	95.74	22	18	96.94	20.13	22	96.26	28	30	94.89
	2012-06-12		15.25			11.5			13			26		
	2012-06-17		32.5			21			28			34		
	2012-06-22		25.24			17.5			27			32		

جويلية	2012-07-07	242	258	10	13	95	22.5	20	92.25	9	10	96.12	23	91.09
	2012-07-12	252					20			11	13			
	2012-07-17	288					17			8	15.5			
	2012-07-22	250					20.5			12	13.5			
أوت	2012-08-07	288	232	16	14	95.66	26	24	92.56	18	16	95.35	22	90.52
	2012-08-12	340		12			20			14	12			
	2012-08-17	339		13			23			13	13			
	2012-08-22	325		15			27			15	15			
سبتمبر	2012-09-06	412	375	23.16	27.5	92.66	22	26	93	19.5	35	94.53	30.8	91.79
	2012-09-11	353		30			31			22.4	32			
	2012-09-16	385		28.5			24			19.9	20.5			
	2012-09-21	350		28.34			27			21	35.7			
أكتوبر	2012-10-07	300	298	27	25	91.61	25	21.5	92.78	23	23	92	19	93.62
	2012-10-12	307		24			20			14	18.5			
	2012-10-17	245		26			19			15	18			
	2012-10-22	340		23			22			20	16.5			
نوفمبر	2012-11-06	224	236	32	28.5	87.92	28	26	88.98	27	16	89.40	21	91.10
	2012-11-11	250		29			30			26	24			
	2012-11-16	228		25			24			21	19			
	2012-11-21	242		28			22			26	25			
ديسمبر	2012-12-06	300	283	23	21	92.57	22	30	89.40	33	20	90.46	23	91.87
	2012-12-11	272		23.5			38			17	26			
	2012-12-16	315		18			26			24	21			
	2012-12-21	245		19.5			34			34	24			

الجدول (15) التطور الزمني لـلطلب الكيميائي للاكسوجين DCO (mg/l) خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الاحواض

الأشهر	التاريخ	المياه المستعملة في تغذية الأحواض	المياه الخارجة من الأحواض المعالجة											
			نبات juncus effusus			نبات cyperus papyrus			نبات Typha latifolia			الشاهد		
		القيمة الوسطى	القيم	القيمة الوسطى	مردود التنقية	القيم	القيمة الوسطى	مردود التنقية	القيم	القيمة الوسطى	مردود التنقية	القيم	القيمة الوسطى	مردود التنقية
جانفي	2012-01-04	252	50	42	83.33	43	48	80.95	40	35	86.11	90	78	69.05
	2012-01-09		32			49			28			75		
	2012-01-14		45			63			42			74		
	2012-01-19		41			37			30			73		
فيفري	2012-02-05	300	61	53	82.33	63	57	81,00	34	40	86.67	75	86	71.33
	2012-02-10		56			59			38			80		
	2012-02-15		44			60			46			96		
	2012-02-20		51			46			42			93		
مارس	2012-03-06	285	33	36	87.37	50	44	84.56	30	33	88.42	70	78	72.63
	2012-03-11		29			45			29			83		
	2012-03-17		40			39			37			74		
	2012-03-22		42			42			36			85		
أفريل	2012-04-06	206	54	50	75.73	60	53	74.27	44	42	79.61	63	64	68.93
	2012-04-11		48			54			45			61		
	2012-04-16		47			48			40			62		
	2012-04-21		51			50			39			70		
ماي	2012-05-07	235	42	43	81.7	50	45	80.85	44	40	82.98	77	75	68.09
	2012-05-12		47			45			42			73		
	2012-05-17		39			42			36			69		
	2012-05-22		44			43			38			80		
جوان	2012-06-07	180	49	52	71.11	57	55	69.44	45	43	76.11	78	69	61.67
	2012-06-12		51			56			37			63		
	2012-06-17		55			48			48			59		
	2012-06-22		53			59			42			76		

جويلية	2012-07-07	250	240	47	45	81.25	54	54	77.50	39	41	82.29	72	70.00
	2012-07-12	234		50				63		40				
	2012-07-17	243		41				51		42				
	2012-07-22	340		42				48		43				
أوت	2012-08-07	325	323	50	52	83.90	60	55	81.42	45	46	85.76	74	77.09
	2012-08-12	309		56				63		51				
	2012-08-17	318		49				59		43				
	2012-08-22	355		53				63		41				
سبتمبر	2012-09-06	360	342	72	64	81.28	77	69	77.50	60	55	83.92	99	71.05
	2012-09-11	328		60				74		54				
	2012-09-16	331		58				79		49				
	2012-09-21	300		66				86		57				
أكتوبر	2012-10-07	355	328	54	53	83.84	56	54	82.93	45	43	86.89	78	76.22
	2012-10-12	344		56				52		36				
	2012-10-17	313		48				58		37				
	2012-10-22	314		54				60		51				
نوفمبر	2012-11-06	363	346	59	62	82.10	50	48	85.55	53	55	84.35	76	78.03
	2012-11-11	298		65				51		60				
	2012-11-16	409		63				45		48				
	2012-11-21	315		61				56		59				
ديسمبر	2012-12-06	340	330	49	52	84.24	58	63	82.42	43	44	86.67	84	74.55
	2012-12-11	401		54				65		45				
	2012-12-16	264		56				48		48				
	2012-12-21	315		49				56		40				

الجدول (16) التطور الزمني لـ الطلب البيوكيميائي للأكسوجين DBO_5 (mg/l) خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الاحواض

الأشهر	التاريخ	المياه المستعملة في تغذية الأحواض		المياه الخارجة من الأحواض المعالجة													
				نبات juncus effusus			نبات cyperus papyrus			نبات Typha latifolia			الشاهد		
		القيمة الوسطى	القيم	مردود التنقية	القيمة الوسطى	القيم	مردود التنقية	القيمة الوسطى	القيم	مردود التنقية	القيمة الوسطى	القيم	مردود التنقية	القيمة الوسطى	القيم
جانفي	2012-01-04	210	221	86.67	28	32	85.71	30	27	88.10	25	20	77.14	48	50
	2012-01-09		230			25			23			24			43
	2012-01-14		197			29			38			29			47
	2012-01-19		192			26			32			28			52
فيفري	2012-02-05	230	225	83.49	38	49	84.78	35	37	87.39	29	28	73.91	60	63
	2012-02-10		228			41			40			31			59
	2012-02-15		265			28			30			28			56
	2012-02-20		202			34			33			26			62
مارس	2012-03-06	240	263	87.92	29	28	86.25	33	36	89.58	25	24	77.50	54	49
	2012-03-11		214			26			29			28			52
	2012-03-17		235			32			32			25			67
	2012-03-22		248			30			35			23			46
أفريل	2012-04-06	120	125	80.83	23	24	76.67	28	25	86.67	16	13	67.50	39	36
	2012-04-11		110			22			29			17			41
	2012-04-16		132			26			31			15			40
	2012-04-21		113			20			27			19			28
ماي	2012-05-07	180	165	80,00	36	36	80.11	34	33	83.33	30	33	71.67	51	53
	2012-05-12		217			28			38			28			48
	2012-05-17		188			41			29			31			54
	2012-05-22		150			39			36			30			46
جوان	2012-06-07	110	103	72,00	30	29	67.30	36	35	80.90	21	23	56.36	48	52
	2012-06-12		89			27			30			19			46
	2012-06-17		120			32			43			20			47
	2012-06-22		128			32			36			21			47

67.72	51	53	83.54	26	27	77.22	36	40	81,00	30	29	158	147	2012-07-07	جويلية
		50			26			38			27		165	2012-07-12	
		49			24			35			33		180	2012-07-17	
		52			26			31			31		140	2012-07-22	
78.87	45	43	86.85	28	25	83.56	35	34	82.16	38	35	213	235	2012-08-07	أوت
		45			32			39			40		214	2012-08-12	
		49			27			37			34		195	2012-08-17	
		43			28			31			43		208	2012-08-22	
81.20	47	50	88.80	28	29	84.80	38	40	86.80	33	31	250	244	2012-09-06	سبتمبر
		52			24			39			28		275	2012-09-11	
		45			31			34			35		232	2012-09-16	
		41			26			41			38		249	2012-09-21	
79.64	56	54	89.52	29	24	87.63	34	32	88.72	31	27	295	2	2012-10-07	أكتوبر
		49			19			27			28		295	2012-10-12	
		62			27			26			31		278	2012-10-17	
		59			30			27			30		275	2012-10-22	
71.43	68	77	88.23	28	29	81.09	45	38	84,00	38	42	238	218	2012-11-06	نوفمبر
		59			38			48			36		251	2012-11-11	
		66			27			51			40		246	2012-11-16	
		70			24			43			34		237	2012-11-21	
85.61	40	35	91.61	25	26	87.70	36	36	86.69	37	28	278	325	2012-12-06	ديسمبر
		44			24			37			29		279	2012-12-11	
		43			28			40			25		296	2012-12-16	
		38			22			31			26		292	2012-12-21	

الجدول (17) التطور الزمني للنتريت (NO_2^- (mg/l خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الاحواض

الأشهر	التاريخ	المياه المستعملة في تغذية الأحواض		المياه الخارجة من الأحواض المعالجة											
				نبات juncus effusus			نبات cyperus papyrus			نبات Typha latifolia			الشاهد		
		القيمة الوسطى	القيم	مردود التنقية	القيمة الوسطى	القيم	مردود التنقية	القيمة الوسطى	القيم	مردود التنقية	القيمة الوسطى	القيم	مردود التنقية	القيمة الوسطى	القيم
جانفي	2012-01-04	0.56	0.65	89.46	0.059	0.062	89.29	0.06	0.059	91,00	0.049	0.051	81.61	0.085	0.103
	2012-01-09		0.52			0.055			0.063			0.049			0.082
	2012-01-14		0.48			0.058			0.058			0.048			0.081
	2012-01-19		0.59			0.061			0.06			0.048			0.074
فيفري	2012-02-05	0.25	0.22	64,00	0.09	0.095	68.80	0.08	0.072	64,00	0.088	0.092	33,60	0.166	0.2
	2012-02-10		0.29			0.102			0.084			0.087			0.161
	2012-02-15		0.196			0.078			0.081			0.09			0.157
	2012-02-20		0.294			0.085			0.083			0.083			0.146
مارس	2012-03-06	0.39	0.415	75.38	0.096	0.106	79.74	0.079	0.076	78.97	0.086	0.081	68.46	0.125	0.123
	2012-03-11		0.367			0.099			0.082			0.085			0.127
	2012-03-17		0.422			0.095			0.081			0.089			0.13
	2012-03-22		0.356			0.084			0.077			0.089			0.12
أفريل	2012-04-06	0.27	0.35	78.72	0.058	0.064	77.41	0.061	0.063	77.78	0.06	0.055	55.56	0.095	0.12
	2012-04-11		0.226			0.048			0.057			0.063			0.089
	2012-04-16		0.265			0.103			0.059			0.052			0.093
	2012-04-21		0.239			0.017			0.065			0.07			0.078
ماي	2012-05-07	0.103	0.098	68.93	0.032	0.028	70.87	0.03	0.032	66,00	0.035	0.028	41.75	0.06	0.06
	2012-05-12		0.102			0.026			0.034			0.037			0.058
	2012-05-17		0.107			0.034			0.029			0.033			0.063
	2012-05-22		0.105			0.04			0.025			0.042			0.059
جوان	2012-06-07	0.12	0.123	66.67	0.04	0.042	68.33	0.038	0.04	73.33	0.032	0.03	39.17	0.07	0.073
	2012-06-12		0.119			0.033			0.039			0.035			0.069
	2012-06-17		0.125			0.038			0.042			0.033			0.074
	2012-06-22		0.115			0.047			0.031			0.03			0.064

45.95	0.07	0.08	66.22	0.05	0.046	78.38	0.032	0.027	67.57	0.048	0.053	0.148	0.15	2012-07-07	جويلية
		0.065			0.048			0.029			0.044		0.147	2012-07-12	
		0.078			0.054			0.031			0.048		0.139	2012-07-17	
		0.057			0.052			0.041			0.044		0.156	2012-07-22	
27.08	0.06	0.07	72.92	0.026	0.025	71.87	0.027	0.029	73.95	0.025	0.027	0.096	0.11	2012-08-07	أوت
		0.057			0.029			0.028			0.024		0.089	2012-08-12	
		0.071			0.028			0.028			0.026		0.095	2012-08-17	
		0.054			0.022			0.023			0.023		0.09	2012-08-22	
45.87	0.057	0.059	61.47	0.042	0.044	55.96	0.048	0.051	66.97	0.036	0.031	0.109	0.1	2012-09-06	سبتمبر
		0.047			0.041			0.049			0.037		0.114	2012-09-11	
		0.054			0.04			0.05			0.042		0.098	2012-09-16	
		0.067			0.043			0.042			0.034		0.124	2012-09-21	
62.00	0.054	0.057	76.66	0.035	0.037	80,00	0.03	0.029	86.66	0.02	0.018	0.15	0.158	2012-10-07	أكتوبر
		0.052			0.033			0.032			0.025		0.152	2012-10-12	
		0.053			0.038			0.029			0.017		0.14	2012-10-17	
		0.054			0.032			0.03			0.02		0.15	2012-10-22	
56.56	0.048	0.053	73.77	0.032	0.034	65.57	0.042	0.044	71.31	0.035	0.041	0.122	0.119	2012-11-06	نوفمبر
		0.042			0.031			0.034			0.038		0.124	2012-11-11	
		0.045			0.033			0.048			0.033		0.125	2012-11-16	
		0.052			0.03			0.042			0.028		0.12	2012-11-21	
61.85	0.067	0.066	82.65	0.03	0.029	74.56	0.044	0.05	83.81	0.028	0.033	0.173	0.185	2012-12-06	ديسمبر
		0.063			0.032			0.046			0.026		0.178	2012-12-11	
		0.069			0.027			0.042			0.031		0.173	2012-12-16	
		0.071			0.032			0.038			0.022		0.156	2012-12-21	

الجدول (18) التطور الزمني للنيترات (NO_3^- (mg/l خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الأحواض

الأشهر	التاريخ	المياه المستعملة في تغذية الأحواض		المياه الخارجة من الأحواض المعالجة													
				نبات juncus effusus			نبات cyperus papyrus			نبات Typha latifolia			الشاهد		
		القيمة الوسطى	القيم	مردود التنقية	القيمة الوسطى	القيم	مردود التنقية	القيمة الوسطى	القيم	مردود التنقية	القيمة الوسطى	القيم	مردود التنقية	القيمة الوسطى	القيم
جانفي	2012-01-04	54.9	56.4	97.26	1.50	2.25	95.90	2.25	2.33	90.98	4.95	4.82	89.44	5.80	6.12
	2012-01-09		55.6			1.53			2.42			5			5.67
	2012-01-14		53.35			1.2			1.75			5.07			5.23
	2012-01-19		54.25			1.02			2.5			4.91			5.38
فيفري	2012-02-05	39.5	41.28	81,00	7.50	6.97	75.57	9.65	9.44	72.78	10.75	11.2	28.10	28.40	30.23
	2012-02-10		40.33			7.62			9.75			10.86			27.75
	2012-02-15		37.11			7.88			9.58			10.65			28.33
	2012-02-20		39.28			7.53			9.83			10.29			27.29
مارس	2012-03-06	38,00	35.68	91.32	3.30	3.34	92.37	2.90	2.73	94.47	2.10	2.13	79.47	7.80	8.2
	2012-03-11		39.13			3.14			2.85			2.21			7.85
	2012-03-17		39.95			3.51			3.09			1.98			6.98
	2012-03-22		37.24			3.21			2.93			2.08			8.17
أفريل	2012-04-06	28.30	29.4	90.46	2.70	2.75	86.57	3.80	3.4	81.62	5.20	5.34	67.84	9.10	9.15
	2012-04-11		28.37			1.97			3.75			5.13			8.79
	2012-04-16		28.15			2.73			3.36			5.22			9.24
	2012-04-21		27.28			2.15			3.49			5.11			9.22
ماي	2012-05-07	23.17	23.55	76.26	5.50	5.6	69,79	7,00	7.02	82.74	4,00	3.71	47.35	12.20	12.53
	2012-05-12		22.6			4.81			6.71			3.18			12.13
	2012-05-17		23.13			5.76			7.19			5.31			12.18
	2012-05-22		23.4			5.83			7.08			3.8			11.96
جوان	2012-06-07	28.60	29	76.22	6.80	6.32	51.57	13.85	14.17	81.47	5.30	5.16	47.03	15.15	15.13
	2012-06-12		28.53			6.97			13.66			5.22			15.02
	2012-06-17		28.76			6.92			13.78			5.34			14.89
	2012-06-22		28.11			6.99			13.79			5.48			15.56

جويلية	2012-07-07	34.13	32.70	2.34	2.28	93.03	6.49	6.73	79.42	4.2	4.30	86.85	8.50	74.01
	2012-07-12	31.15		2.25			6.68			4.63				
	2012-07-17	29.87		2.23			6.85			4.33				
	2012-07-22	35.65		2.3			6.9			4.04				
أوت	2012-08-07	28.35	27.20	3.08	2.30	91.54	4.32	4.20	84.56	2.02	1.25	95.40	5.50	79.78
	2012-08-12	28.11		2.55			4.24			0.98				
	2012-08-17	27.46		1.99			4.34			1.2				
	2012-08-22	24.88		1.58			3.94			2.02				
سبتمبر	2012-09-06	20.5	23.60	4.5	4.60	80.51	3.42	3.50	85.17	4.13	4.40	81.36	7.80	66.95
	2012-09-11	24.62		4.76			3.55			4.55				
	2012-09-16	26.18		4.63			3.65			4.62				
	2012-09-21	23.1		4.51			3.28			4.3				
أكتوبر	2012-10-07	35.45	34.25	6.57	6.50	81.02	8.35	8.40	75.47	3.72	3.60	89.49	14,00	59.12
	2012-10-12	33.32		6.88			8.62			3.65				
	2012-10-17	34.38		6.43			8.55			3.47				
	2012-10-22	33.85		6.12			8.08			3.56				
نوفمبر	2012-11-06	36.5	34,00	5.8	5.70	84.71	7.13	6.95	79.56	4.12	3.90	88.53	8.20	75.88
	2012-11-11	34.2		5.75			6.98			3.86				
	2012-11-16	33.12		5.79			6.76			3.97				
	2012-11-21	32.17		5.46			6.93			3.65				
ديسمبر	2012-12-06	33.14	31.50	2.2	2.30	92.70	5.28	5.30	83.17	2.35	2.80	91.11	11.40	63.81
	2012-12-11	30.45		2.24			5.39			2.97				
	2012-12-16	31.33		1.92			5.44			3.23				
	2012-12-21	31.09		1.84			5.09			2.65				

الجدول (19) التطور الزمني لـ أورتوفوسفور PO_4^{-3} (mg/l) خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الاحواض

الأشهر	التاريخ	المياه المستعملة في تغذية الأحواض		المياه الخارجة من الأحواض المعالجة													
				نبات juncus effusus			نبات cyperus papyrus			نبات Typha latifolia			الشاهد		
		القيمة الوسطى	القيم	مردود التنقية	القيمة الوسطى	القيم	مردود التنقية	القيمة الوسطى	القيم	مردود التنقية	القيمة الوسطى	القيم	مردود التنقية	القيمة الوسطى	القيم
جانفي	2012-01-04	38,00	40	82.10	6.8	7.31	93,00	1.80	1.5	67.10	12.50	12.6	61.18	14.75	14.5
	2012-01-09		41			6.8			1.63			11.89			15.9
	2012-01-14		36			7.04			1.88			12.43			13.8
	2012-01-19		35			6.14			2.19			13.08			14.8
فيفري	2012-02-05	32,00	29	81.56	5.90	6.1	78.59	6.85	7.7	88.43	3.70	3.2	61.88	12.20	13
	2012-02-10		33.5			5.95			8			3.5			12.4
	2012-02-15		34.4			5.83						4.3			11.9
	2012-02-20		31.1			5.72						3.8			9.5
مارس	2012-03-06	19,00	17.3	74.34	4.80	5.14	65.79	6.50	6.4	83.16	3.20	3.15	37.89	11.80	12.5
	2012-03-11		22			4.73			5.9			2.95			10.3
	2012-03-17		18			5.06			5.8			3.3			13.4
	2012-03-22		18.7			4.27			5.4			3.4			11.4
أفريل	2012-04-06	35.30	33	84.14	5,00	5.32	77.33	8,00	6.7	93.12	2.43	2.52	69.41	10.80	9.5
	2012-04-11		34.8			4.75			8.2			2.47			11.6
	2012-04-16		36.4			4.98			7.6			2.33			10.3
	2012-04-21		37			4.95			9.5			2.4			11.8
ماي	2012-05-07	26.50	27.6	87.17	3.40	3.55	75.47	6.50	5.9	86,00	3.50	3.3	60.00	10.60	10.3
	2012-05-12		24.9			3.47			7.1			2.9			10.15
	2012-05-17		27.5			3.25			6.3			4.2			11.5
	2012-05-22		24.7			3.33			6.7			3.6			10.45
جوان	2012-06-07	55.50	55	84.37	7.50	6.89	81.87	8.70	9.11	89.58	5,00	4.75	72.07	15.5	15.7
	2012-06-12		56			7.95			8.88			5.2			15.45
	2012-06-17		51.3			7.75			8.95			5.18			15.6
	2012-06-22		59.7			7.41			7.86			4.87			15.25

71.67	6.80	6.75	88.33	2.80	3.05	85.20	3.55	3.37	87.42	3.02	3.1	24,00	26	2012-07-07	جويلية
		6.98			2.9			3.48			3.15		25.3	2012-07-12	
		6.67			2.72			4.05			2.53		25.4	2012-07-17	
		6.8			2.53			3.3			3.3		19.3	2012-07-22	
59.46	10.50	10.12	86.87	3.40	3.5	72.08	7.23	7.45	76.68	6.04	5.98	25.90	26	2012-08-07	أوت
		10.45			3.47			7.23			6.2		24.8	2012-08-12	
		10.55			3.33			7.16			6.35		27.6	2012-08-17	
		10.88			3.3			7.08			5.63		25.2	2012-08-22	
61.44	11.80	11.53	83.98	4.90	5.2	82.35	5.40	5.15	75.49	7.80	6.88	30.60	32.3	2012-09-06	سبتمبر
		11.87			4.89			4.89			7.75		30.2	2012-09-11	
		11.95			4.76			5.46			8.43		27.1	2012-09-16	
		11.85			4.75			6.1			8.14		32.8	2012-09-21	
49.76	15.60	16.13	59.74	12.50	12.35	63.61	11.30	10.84	59.10	12.70	12.55	31.05	29.13	2012-10-07	أكتوبر
		15.8			12.2			11.13			13.1		32	2012-10-12	
		15.55			12.45			11.52			12.68		29.2	2012-10-17	
		14.92			12.3			11.71			12.47		33.87	2012-10-22	
66.12	11.01	10.8	78	7.15	7.32	70.77	9.50	8.25	72.62	8.90	6.95	32.50	31.3	2012-11-06	نوفمبر
		11.64			7.75			10.64			8.33		30.5	2012-11-11	
		11.1			6.98			9.75			9.75		29.8	2012-11-16	
		10.5			6.55			9.36			10.57		38.4	2012-11-21	
73.22	12.40	13.5	88.70	3.22	4.13	86.61	5.20	5.33	89.70	4.77	4.55	46.30	47.5	2012-12-06	ديسمبر
		12.48			3.11			4.98			5.63		45.6	2012-12-11	
		12.13			2.35			5.19			4.23		47.2	2012-12-16	
		11.49			3.29			5.3			4.59		44.7	2012-12-21	

الجدول (20) التطور الزمني لـ Coliformes Totaux (UFC/100ml) خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الأحواض

الأشهر	التاريخ	المياه المستعملة في تغذية الأحواض		المياه الخارجة من الأحواض المعالجة بالنباتات													
				نبات juncus effusus			نبات cyperus papyrus			نبات Typha latifolia			الشاهد				
		القيمة الوسطى	القيمة	القيمة	القيمة الوسطى	المردود	القيمة	القيمة الوسطى	المردود	القيمة	القيمة الوسطى	المردود	القيمة	القيمة الوسطى	المردود
جانفي	2012-01-04	4.5E+05	4.0E+05	2.4E+02	2.7E+02	99.40	8.0E+02	7.0E+02	98.44	2.2E+02	1.6E+02	99.64	2.1E+04	1.4E+04	96.88
	2012-01-19		5.0E+05	3.0E+02			6.0E+02			1.0E+02			7.0E+03		
فيفري	2012-02-05	1.4E+06	1.6E+06	5.0E+02	4.6E+02	99.67	1.8E+02	1.4E+02	99.90	1.8E+02	1.4E+02	99.90	2.5E+04	2.4E+04	98.28
	2012-02-20		1.2E+06	4.2E+02			1.0E+02			1.0E+02			2.3E+04		
مارس	2012-03-11	5.7E+06	6.4E+06	7.0E+02	4.6E+02	99.92	2.0E+02	1.1E+02	99.96	2.5E+02	2.0E+02	99.96	6.0E+04	4.6E+04	99.19
	2012-03-22		5.0E+06	2.2E+02			2.0E+02			1.5E+02			3.6E+04		
أفريل	2012-04-11	1.4E+06	1.5E+06	9.0E+02	7.5E+02	99.46	2.0E+02	1.5E+02	99.89	5.0E+02	4.6E+02	99.97	1.4E+04	1.4E+04	99,00
	2012-04-21		1.3E+06	6.0E+02			1.0E+02			4.2E+02			1.4E+04		
ماي	2012-05-07	6.4E+06	8.0E+05	2.8E+02	2.4E+02	99.96	1.5E+02	2.0E+02	99.97	4.0E+02	4.6E+02	99.93	2.8E+05	1.8E+05	98.28
	2012-05-22		4.4E+05	2.0E+02			2.5E+02			6.2E+02			8.0E+04		
جوان	2012-06-07	2.4E+06	2.6E+06	2.4E+02	2.4E+02	99.90	3.0E+02	2.4E+02	99.90	2.0E+02	1.5E+02	99.93	7.0E+04	1.1E+05	95.41
	2012-06-22		2.2E+06	2.4E+02			1.8E+02			1.0E+02			5.0E+04		
جويلية	2012-07-12	1.2E+06	1.4E+06	2.8E+02	2.4E+02	99.80	1.5E+02	1.0E+02	99.92	2.8E+02	2.4E+02	99.98	5.0E+04	4.6E+05	61.67
	2012-07-22		1.0E+06	2.0E+02			5.0E+02			2.0E+02			4.2E+04		
أوت	2012-08-12	1.5E+06	2.0E+06	7.0E+02	4.6E+02	99.69	2.2E+02	4.6E+02	99.97	2.5E+02	2.4E+02	99.84	1.4E+04	1.2E+05	92,00
	2012-08-22		1.0E+06	2.2E+02			2.4E+02			2.3E+02			1.0E+05		
سبتمبر	2012-09-11	1.1E+06	2.0E+06	5.7E+02	4.8E+02	99.56	3.0E+02	4.6E+02	99.58	3.0E+02	2.4E+02	99.78	9.6E+04	9.3E+04	91.54
	2012-09-21		2.0E+05	3.9E+02			1.6E+02			1.8E+02			9.0E+04		
أكتوبر	2012-10-12	1.4E+06	2.0E+06	1.1E+03	7.5E+02	99.46	7.0E+02	9.0E+02	99.36	6.0E+02	4.6E+02	99.67	5.6E+04	4.8E+04	96.57
	2012-10-22		4.0E+05	4.0E+02			1.1E+03			3.0E+02			4.0E+04		
نوفمبر	2012-11-11	4.6E+06	4.8E+06	1.1E+02	1.1E+02	99.97	1.6E+02	1.5E+02	99.97	1.1E+02	9.0E+02	99.8	4.0E+04	3.5E+04	99.24
	2012-11-21		4.4E+06	1.1E+02			1.4E+02			7.0E+02			3.0E+04		
ديسمبر	2012-12-11	1.1E+06	1.4E+05	2.0E+02	1.2E+02	99.89	3.9E+02	4.6E+02	99.58	1.2E+02	1.6E+02	99.85	3.0E+04	3.0E+04	97.27
	2012-12-21		1.8E+06	4.0E+02			5.3E+02			1.2E+02			30000		

الجدول (21) التطور الزمني لـ Coliformes Fecaux (UFC\100ml) خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الاحواض

الأشهر	التاريخ	المياه المستعملة في تغذية الأحواض		المياه الخارجة من الأحواض المعالجة بالنباتات													
				نبات juncus effusus			نبات cyperus papyrus			نبات Typha latifolia			الشاهد				
		القيمة	القيمة الوسطى	القيمة	القيمة الوسطى	المردود	القيمة	القيمة الوسطى	المردود	القيمة	القيمة الوسطى	المردود	القيمة	القيمة الوسطى	المردود
جانفي	2012-01-04	2.6E+05	2.8E+05	1.6E+02	1.8E+02	99.36	6.0E+02	5.2E+02	98.14	1.4E+02	1.3E+02	99.54	9.0E+03	1.1E+04	96.07
	2012-01-19	3.0E+05		2.0E+02			4.4E+02			1.2E+02			1.3E+04		
فيفري	2012-02-05	1.6E+06	1.4E+06	1.4E+02	1.4E+02	99.99	1.6E+03	1.4E+03	99.00	2.6E+02	1.8E+02	99.87	2.0E+05	1.4E+05	90.00
	2012-02-20	1.2E+06		1.4E+02			1.2E+03			1.0E+02			4.0E+04		
مارس	2012-03-11	6.0E+06	5.7E+06	4.8E+02	4.6E+02	99.92	3.0E+02	1.0E+02	99.98	2.2E+02	2.4E+02	99.99	1.4E+04	1.1E+04	99.80
	2012-03-22	4.4E+06		4.4E+02			7.0E+02			2.6E+02			8.0E+03		
أفريل	2012-04-11	2.0E+06	1.1E+06	9.0E+02	7.5E+02	99.32	1.2E+02	1.1E+02	99.90	2.6E+02	2.6E+02	99.98	1.5E+04	1.2E+04	98.91
	2012-04-21	2.0E+05		5.0E+02			1.0E+02			2.6E+02			9.0E+03		
ماي	2012-05-07	1.8E+06	1.1E+06	3.6E+02	2.4E+02	99.78	2.4E+02	1.7E+02	99.85	4.0E+02	4.6E+02	99.58	1.2E+04	1.3E+04	98.82
	2012-05-22	4.0E+05		1.2E+02			1.0E+02			5.6E+02			1.4E+04		
جوان	2012-06-07	2.0E+06	1.4E+06	2.0E+02	2.5E+02	99.82	2.6E+02	2.4E+02	99.83	1.2E+03	1.1E+03	99.21	5.2E+04	9.3E+04	93.36
	2012-06-22	8.0E+05		2.0E+02			2.2E+02			9.0E+03			4.4E+04		
جويلية	2012-07-12	1.8E+06	1.1E+06	2.8E+02	2.4E+02	99.78	1.1E+02	1.1E+02	99.90	2.0E+02	2.4E+02	99.98	5.4E+05	4.6E+05	95.82
	2012-07-22	4.0E+05		2.0E+02			1.1E+02			2.4E+02			4.2E+05		
أوت	2012-08-12	2.0E+06	1.5E+06	6.2E+02	*4.6E+02*	99.69	2.5E+02	2.3E+02	99.85	3.0E+02	2.4E+02	99.98	9.0E+04	7.5E+04	95.00
	2012-08-22	1.0E+06		3.4E+02			2.1E+02			1.8E+02			6.0E+04		
سبتمبر	2012-09-11	5.0E+05	4.6E+05	1.5E+02	1.0E+02	99.78	5.5E+02	4.6E+02	99.00	1.5E+02	1.5E+02	99.67	3.8E+04	4.6E+04	90.00
	2012-09-21	4.2E+05		5.0E+02			3.7E+02			1.5E+02			5.4E+04		
أكتوبر	2012-10-12	3.9E+05	2.1E+05	8.0E+02	7.5E+02	96.43	2.8E+02	2.6E+02	98.76	2.4E+02	3.4E+02	98.38	4.8E+04	4.8E+04	77.14
	2012-10-22	3.0E+04		7.0E+02			2.4E+02			4.0E+02			4.8E+04		
نوفمبر	2012-11-11	8.0E+06	7.5E+06	1.1E+02	1.1E+02	99.98	2.8E+02	1.5E+02	99.98	3.0E+03	7.0E+03	99.90	1.6E+04	1.5E+04	98.00
	2012-11-21	7.0E+06		1.1E+02			2.0E+02			1.1E+03			1.4E+04		
ديسمبر	2012-12-11	1.6E+06	1.4E+06	2.0E+02	1.1E+02	99.92	6.4E+02	4.6E+02	99.67	2.0E+02	2.0E+02	99.99	3.9E+04	3.0E+04	97.86
	2012-12-21	1.2E+06		2.0E+02			3.2E+02			2.0E+02			2.1E+04		

الجدول (22) التطور الزمني لـلبكتيريا STREPTOT COQUE TOTAUX (UFC/100ml) خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الأحواض

الأشهر	التاريخ	المياه المستعملة في تغذية الأحواض		المياه الخارجة من الأحواض المعالجة بالنباتات													
				نبات juncus effusus			نبات cyperus papyrus			نبات Typha latifolia			الشاهد				
		القيمة الوسطى	القيمة	القيمة	القيمة الوسطى	المردود	القيمة	القيمة الوسطى	المردود	القيمة	القيمة الوسطى	المردود	القيمة	القيمة الوسطى	المردود
جانفي	2012-01-04	4.5E+05	2.8E+05	3.0E+02	2.0E+02	99.95	4.8E+02	4.0E+02	99.11	1.4E+02	1.7E+02	99.62	1.4E+04	2.8E+04	93.77
	2012-01-19		6.5E+05	1.0E+02			3.2E+02			2.0E+02			4.2E+04		
فيفري	2012-02-05	4.6E+06	9.0E+06	2.0E+02	1.5E+02	99.67	4.8E+02	3.9E+02	99.15	5.0E+02	3.5E+02	99.24	5.0E+04	4.5E+04	90.22
	2012-02-20		2.0E+06	1.0E+02			3.0E+02			2.0E+02			4.0E+04		
مارس	2012-03-11	4.4E+05	4.8E+05	3.2E+02	2.6E+02	99.41	2.0E+02	1.8E+02	99.59	5.9E+02	4.6E+02	98.95	1.6E+04	1.4E+04	96.82
	2012-03-22		4.0E+05	2.0E+02			1.6E+02			3.3E+02			1.2E+04		
أفريل	2012-04-11	2.8E+05	2.4E+05	3.2E+02	2.4E+02	99.14	2.4E+02	1.4E+02	99.50	5.0E+02	4.0E+02	98.57	1.4E+04	1.4E+04	95.00
	2012-04-21		3.2E+05	1.6E+02			4.0E+02			3.0E+02			1.4E+04		
ماي	2012-05-07	2.4E+05	2.4E+05	4.3E+02	2.8E+02	98.83	3.0E+02	3.0E+02	98.75	2.0E+02	2.5E+02	99.89	5.2E+04	4.6E+04	80.83
	2012-05-22		1.6E+05	1.3E+02			3.0E+02			3.0E+02			4.0E+03		
جوان	2012-06-07	1.8E+06	2.0E+06	2.4E+02	1.8E+03	99.50	1.5E+02	1.5E+02	99.92	6.4E+02	4.6E+02	99.74	8.0E+04	1.1E+05	93.88
	2012-06-22		1.6E+06	1.2E+02			1.5E+02			2.8E+02			1.4E+04		
جويلية	2012-07-12	1.5E+05	1.6E+05	2.0E+02	2.4E+02	98.40	4.8E+02	4.6E+02	96.93	8.0E+02	5.0E+02	96.66	2.0E+04	1.5E+04	90.00
	2012-07-22		1.4E+05	2.8E+02			4.4E+02			2.0E+02			1.0E+04		
أوت	2012-08-12	2.4E+05	2.8E+06	4.0E+02	*3.4E+02*	99.86	2.0E+02	1.4E+02	99.94	3.0E+02	2.0E+02	99.92	7.0E+04	5.0E+04	79.17
	2012-08-22		2.0E+06	2.8E+02			8.0E+02			1.0E+02			3.0E+04		
سبتمبر	2012-09-11	2.4E+05	2.6E+05	3.0E+02	4.8E+02	99.80	2.0E+02	1.6E+02	99.93	3.0E+02	2.8E+02	99.88	7.5E+04	4.8E+04	80.00
	2012-09-21		2.2E+05	6.6E+02			1.2E+02			2.6E+02			2.1E+04		
أكتوبر	2012-10-12	1.5E+05	2.0E+05	7.0E+02	1.5E+02	99.90	5.0E+02	4.0E+02	99.73	2.0E+02	1.2E+02	99.92	3.0E+04	2.5E+04	83.33
	2012-10-22		1.0E+05	2.3E+02			3.0E+02			4.0E+02			2.0E+04		
نوفمبر	2012-11-11	1.1E+06	1.2E+06	9.3E+02	9.3E+02	99.92	3.9E+02	2.5E+02	99.98	1.1E+02	9.0E+02	99.92	6.0E+04	4.5E+04	95.91
	2012-11-21		1.0E+06	9.3E+02			1.6E+02			7.0E+02			3.0E+04		
ديسمبر	2012-12-11	1.4E+05	2.0E+05	4.0E+02	2.8E+02	98.00	1.4E+02	1.3E+02	99.07	5.0E+02	4.5E+02	96.78	4.8E+04	3.9E+04	72.14
	2012-12-21		8.0E+04	2.6E+02			1.2E+02			4.0E+02			3.0E+04		

الجدول (23) التطور الزمني لـ Streptot Coque Fecaux (UFC\100ml) خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الاحواض

الأشهر	التاريخ	المياه المستعملة في تغذية الأحواض		المياه الخارجة من الأحواض المعالجة بالنباتات													
				نبات juncus effusus			نبات cyperus papyrus			نبات Typha latifolia			الشاهد				
		القيمة الوسطى	القيمة	القيمة	القيمة الوسطى	المردود	القيمة	القيمة الوسطى	المردود	القيمة	القيمة الوسطى	المردود	القيمة	القيمة الوسطى	المردود
جانفي	2012-01-04	4.5E+05	2.8E+05	1.1E+02	1.0E+02	99.98	4.6E+02	3.3E+02	99.92	1.4E+02	1.7E+02	99.62	1.4E+04	1.4E+04	96.88
	2012-01-19		6.5E+05	9.0E+01			2.0E+02			2.0E+02			1.4E+04		
فيفري	2012-02-05	4.6E+06	9.0E+06	2.1E+02	1.1E+02	99.97	4.8E+02	3.9E+02	99.91	3.8E+02	2.9E+02	99.94	5.0E+05	4.5E+05	90.22
	2012-02-20		2.0E+05	1.0E+02			3.0E+02			2.0E+02			4.0E+05		
مارس	2012-03-11	1.4E+05	2.8E+05	2.8E+02	4.6E+02	99.67	1.8E+02	1.5E+02	99.89	3.9E+02	3.0E+02	98.78	1.5E+04	1.4E+04	90.00
	2012-03-22		2.8E+05	6.4E+02			1.2E+02			2.1E+02			1.2E+04		
أفريل	2012-04-11	2.9E+05	3.0E+05	2.0E+02	2.4E+02	99.17	2.1E+02	1.1E+02	99.62	4.8E+02	3.9E+02	99.86	1.3E+04	1.4E+04	95.17
	2012-04-21		2.8E+05	4.6E+02			1.0E+02			3.0E+02			1.5E+04		
ماي	2012-05-07	1.4E+05	2.1E+05	4.0E+02	2.6E+02	98.14	2.0E+02	2.4E+02	98.28	2.0E+02	2.4E+02	99.82	6.4E+04	4.6E+04	67.14
	2012-05-22		7.0E+04	1.2E+02			2.8E+02			2.8E+02			2.8E+03		
جوان	2012-06-07	1.1E+06	2.1E+06	2.0E+02	1.6E+02	99.85	1.4E+02	1.4E+02	99.87	6.4E+02	4.6E+02	99.58	4.0E+04	1.1E+05	90.00
	2012-06-22		1.0E+05	1.1E+02			1.4E+02			2.8E+02			7.0E+04		
جويلية	2012-07-12	1.1E+05	1.5E+05	2.0E+02	2.4E+02	97.82	4.6E+02	4.6E+02	95.82	7.5E+02	4.8E+02	95.93	2.0E+04	1.1E+04	90.00
	2012-07-22		7.0E+04	2.8E+02			2.8E+02			2.0E+02			2.0E+03		
أوت	2012-08-12	1.5E+06	1.5E+06	2.4E+02	3.4E+02	99.84	2.1E+02	1.4E+02	99.90	2.3E+02	1.5E+02	99.90	6.4E+05	4.6E+05	70.00
	2012-08-22		1.5E+06	2.4E+02			7.0E+02			7.0E+02			2.8E+05		
سبتمبر	2012-09-11	2.1E+05	2.1E+05	2.8E+02	4.6E+02	99.78	9.0E+02	9.0E+02	99.57	2.8E+02	2.4E+02	99.88	7.0E+03	1.4E+04	93.33
	2012-09-21		2.1E+05	6.4E+02			9.0E+02			2.0E+02			2.1E+04		
أكتوبر	2012-10-12	2.9E+05	3.0E+05	7.0E+02	1.4E+02	99.50	3.6E+02	2.8E+02	99.00	3.0E+02	1.0E+02	99.65	2.0E+04	2.0E+04	93.1
	2012-10-22		2.8E+05	2.1E+02			2.0E+02			7.0E+02			2.0E+04		
نوفمبر	2012-11-11	1.5E+05	2.1E+05	4.0E+02	9.0E+02	94	3.0E+02	2.5E+02	98.33	4.8E+02	4.0E+02	97.33	3.0E+04	2.0E+04	86.67
	2012-11-21		9.0E+04	1.4E+02			2.0E+02			3.2E+02			1.0E+04		
ديسمبر	2012-12-11	1.4E+04	1.3E+04	3.9E+02	2.5E+02	98.21	7.0E+02	8.5E+02	93.93	3.2E+02	4.8E+02	96.57	4.0E+04	2.5E+04	82.14
	2012-12-21		1.5E+04	1.1E+02			9.0E+02			6.4E+02			1.0E+03		

الجدول (24) التطور الزمني لـ E.COLI (UFC\100ml) خلال مدة الدراسة للمياه الداخلة والخارجة من الاحواض

الأشهر	التاريخ	المياه المستعملة في تغذية الأحواض		المياه الخارجة من الأحواض المعالجة بالنباتات											
				نبات juncus effusus			نبات cyperus papyrus			نبات Typha latifolia			الشاهد		
		القيمة الوسطى	القيمة	القيمة	القيمة الوسطى	المردود	القيمة	القيمة الوسطى	المردود	القيمة	القيمة الوسطى	المردود	القيمة	القيمة الوسطى	المردود
جانفي	2012-01-04	1.6E+05	1.4E+05	2.8E+02	2.0E+02	99.87	3.0E+02	2.2E+02	66.86	1.5E+02	2.0E+02	99.87	1.2E+04	1.1E+04	93.31
	2012-01-19		1.8E+05	1.2E+02			1.4E+02			2.5E+02			1.0E+04		
فيفري	2012-02-05	1.4E+05	9.0E+04	1.4E+02	1.1E+02	99.21	1.1E+02	2.6E+02	98.14	1.1E+02	1.1E+02	99.21	2.0E+04	2.1E+04	85.00
	2012-02-20		1.9E+05	8.0E+02			1.5E+02			1.1E+02			2.2E+04		
مارس	2012-03-11	2.8E+05	2.3E+05	2.0E+02	1.1E+02	99.60	4.0E+02	4.6E+02	98.35	2.8E+02	4.6E+02	98.35	9.0E+04	7.5E+04	73.21
	2012-03-22		3.3E+05	2.0E+02			3.2E+02			6.4E+02			7.0E+04		
أفريل	2012-04-11	1.4E+05	2.1E+05	1.4E+02	1.6E+02	99.88	3.9E+02	3.4E+02	97.57	3.0E+02	2.5E+02	98.21	2.0E+04	1.5E+04	89.28
	2012-04-21		7.0E+04	1.8E+02			1.5E+02			2.0E+02			1.0E+04		
ماي	2012-05-07	7.6E+05	7.8E+05	1.1E+02	8.0E+02	99.89	2.8E+02	2.4E+02	99.97	3.9E+02	5.0E+02	99.93	6.4E+04	7.2E+04	90.52
	2012-05-22		7.4E+05	5.0E+02			2.0E+02			6.1E+02			6.0E+03		
جوان	2012-06-07	1.8E+04	2.2E+04	8.0E+02	7.5E+02	95.83	4.0E+02	3.0E+02	98.33	3.6E+02	4.2E+02	76.66	4.0E+02	6.4E+03	64.44
	2012-06-22		1.4E+04	7.0E+02			2.0E+02			4.8E+02			6.0E+03		
جويلية	2012-07-12	1.2E+04	4.0E+04	4.0E+02	4.0E+02	96.66	7.5E+02	7.5E+02	93.75	9.0E+02	8.0E+02	93.33	1.5E+03	1.4E+03	88.33
	2012-07-22		1.0E+05	4.0E+02			7.5E+02			7.0E+02			1.3E+03		
أوت	2012-08-12	1.5E+05	1.4E+05	3.9E+02	5.0E+02	96.66	8.0E+02	1.4E+02	99.06	2.4E+02	2.2E+02	99.85	4.0E+04	6.0E+03	60.00
	2012-08-22		1.6E+05	6.0E+02			2.0E+02			2.0E+02			2.0E+04		
سبتمبر	2012-09-11	7.5E+05	7.5E+05	6.4E+02	4.8E+02	99.36	3.0E+02	4.0E+02	99.94	2.3E+02	2.4E+02	99.96	1.1E+05	9.0E+04	88.00
	2012-09-21		7.5E+05	2.2E+02			5.0E+02			2.5E+02			7.0E+04		
أكتوبر	2012-10-12	1.4E+05	2.3E+05	2.0E+02	3.0E+02	99.78	4.0E+02	4.0E+02	99.71	1.6E+02	2.2E+02	99.84	2.0E+03	2.0E+03	98.57
	2012-10-22		5.0E+04	4.0E+02			4.0E+02			2.8E+02			2.0E+03		
نوفمبر	2012-11-11	1.7E+05	2.3E+05	1.6E+02	2.0E+02	98.82	1.5E+02	1.2E+02	99.29	6.4E+02	4.5E+02	97.35	5.3E+04	4.6E+04	72.94
	2012-11-21		1.1E+05	2.4E+02			9.0E+01			2.6E+02			3.9E+04		
ديسمبر	2012-12-11	1.2E+05	2.0E+05	7.0E+02	1.4E+02	99.88	3.0E+02	3.5E+02	99.71	3.9E+02	4.0E+02	99.62	2.0E+03	5.5E+03	95.42
	2012-12-21		4.0E+04	1.1E+02			4.0E+02			1.4E+02			4.0E+03		

الجدول (25) يمثل النسبة بين DCO و DBO_5 للمياه الخارجة من الأحواض

الشاهد			نبات Typha latifolia			نبات cyperus papyrus			نبات juncus effusus			
DCO/DBO_5	DBO_5	DCO	DCO/DBO_5	DBO_5	DCO	DCO/DBO_5	DBO_5	DCO	DCO/DBO_5	DBO_5	DCO	الأشهر
1.63	48	78	1.40	25	35	1.60	30	48	1.50	28	42	جانفي
1.43	60	86	1.38	29	40	1.63	35	57	1.39	38	53	فيفري
1.44	54	78	1.32	25	33	1.33	33	44	1.24	29	36	مارس
1.64	39	64	2.63	16	42	1.89	28	53	2.17	23	50	أفريل
1.47	51	75	1.33	30	40	1.32	34	45	1.19	36	43	ماي
1.44	48	69	2.05	21	43	1.53	36	55	1.73	30	52	جوان
1.41	51	72	1.58	26	41	1.50	36	54	1.50	30	45	جويلية
1.64	45	74	1.64	28	46	1.71	35	60	1.37	38	52	أوت
2.11	47	99	1.96	28	55	2.03	38	77	1.94	33	64	سبتمبر
1.39	56	78	1.48	29	43	1.65	34	56	1.71	31	53	أكتوبر
1.12	68	76	1.96	28	55	1.11	45	50	1.63	38	62	نوفمبر
2.10	40	84	1.76	25	44	1.61	36	58	1.41	37	52	ديسمبر

جدول رقم (26): جدول « Mac-Crady » [172]

Nombre de tubes positifs	NPP pour 100mL
001	3
010	3
100	4
101	7
110	7
111	11
120	11
200	9
201	14
210	15
211	20
220	21
221	28
300	23
301	39
302	64
310	48
311	75
312	120
320	93
321	150
322	210
330	240
331	460
332	1100
333	1400

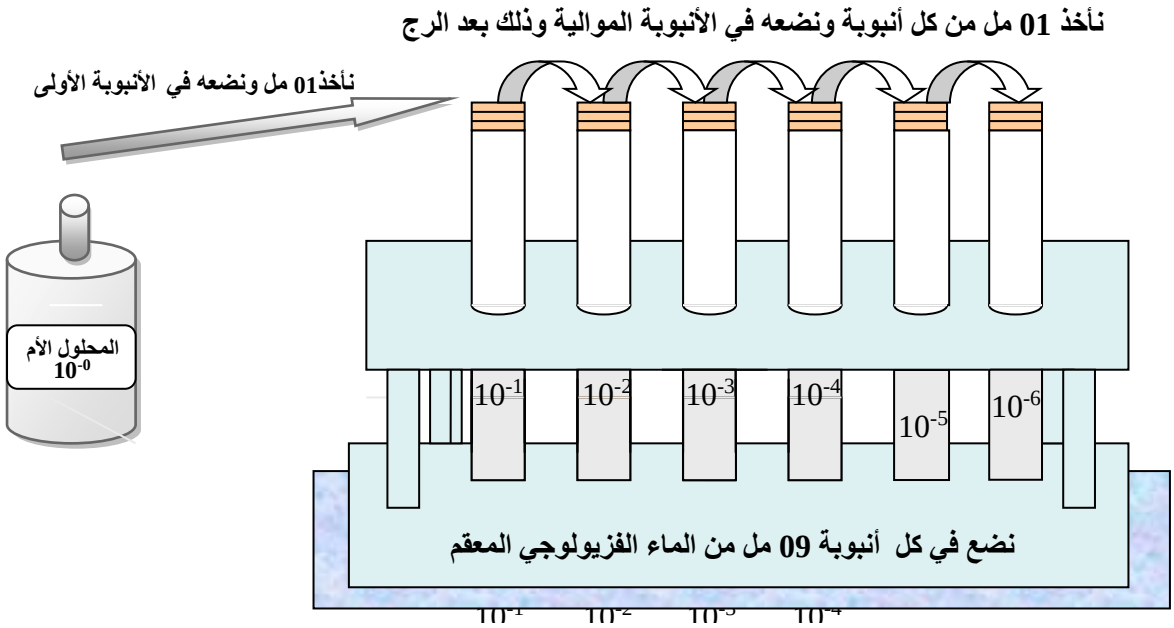
جدول رقم (27) : جدول يبين كيفية قراءة النتائج بطريقة NPP

Exemples	Volume d'échantillon ou dilution								NPP pour 100 mL
	10mL	1mL	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	
Exemples 01	3	3	3	2	1	0	0	0	$15*10^3$
Exemples 02	3	3	2	2	0	0	0	0	$2,1*10^3$
Exemples 03	2	2	0	0	0	0	0	0	21

حيث نبدأ القراءة من أخر 3 أنابيب موجبة و نكون منها عدد ذو ثلاث أرقام و بالتالي : في المثال الأول يتشكل لنا العدد : 321 ، بمطابقة هذا العدد في جدول « Mac-Crady » نجده يوافق العدد 150، وللحصول على عدد البكتيريا في المحلول الأم نضرب العدد الناتج في مقلوب التخفيف 10^2 ، أي:

$10^2.150 = 10^3.15$ بكتيريا /100ملل [27]. أنظر الجدول رقم (26) و الجدول رقم (27)

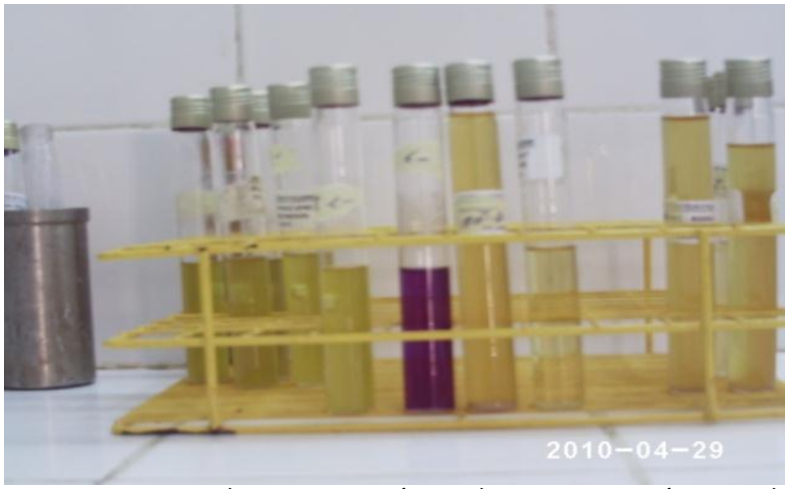
طريقة تحضير الخفيفات العشرية – الإماهة - :



شكل رقم (35) : تحضير التخفيفات العشرية – الإماهة

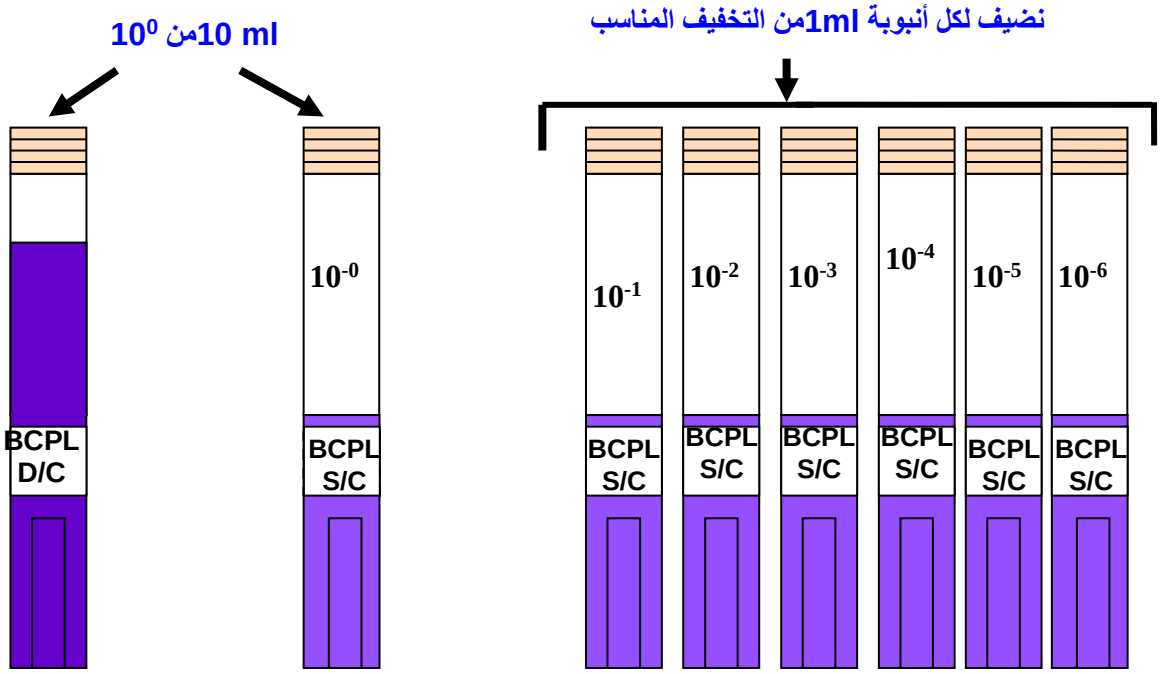
اختبار الكشف وعد بكتيريا القولون الكلية و البرازية:

Les Recherche et dénombrement des Coliformes Totaux et Fécaux

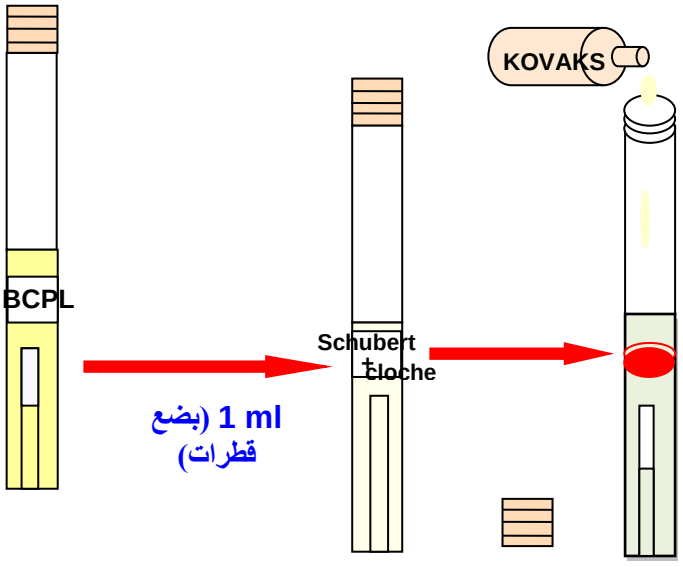


مقارنة بين الأنابيب الموجبة و الأنابيب السالبة لـ Coliformes

Comparaison entre tubes positifs et tubes négative de Coliformes.



- مع العلم أن العمل يكون ثلاثي أي كل أنبوبة تكرر 03 مرات.
- الحضن في 37م^0 لمدة 24-48سا.
- الأنابيب الموجبة تكون كالتالي: تغير اللون إلى الأصفر +تكون الغاز في الناقوس.

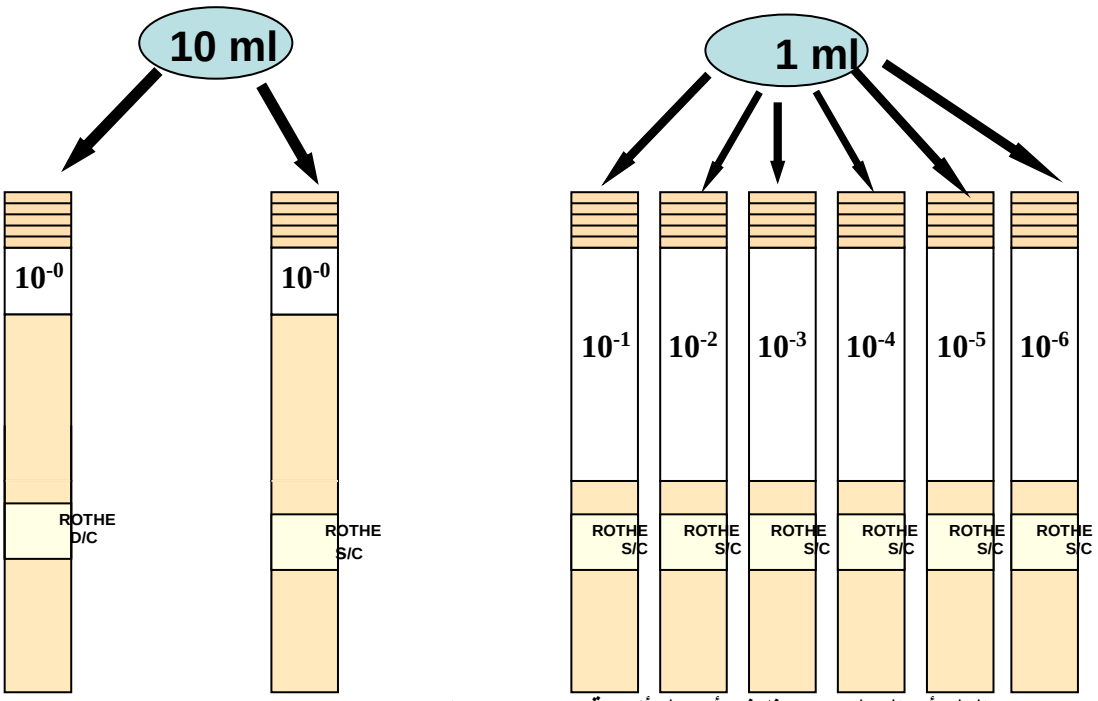


- الحضن في 44م^0 لمدة 24-48سا.
- الأنابيب الموجبة تكون كالتالي: تعكر لون الأنابيب +تكون الغاز في الناقوس +ظهور حلقة حمراء عند إضافة Kovax.

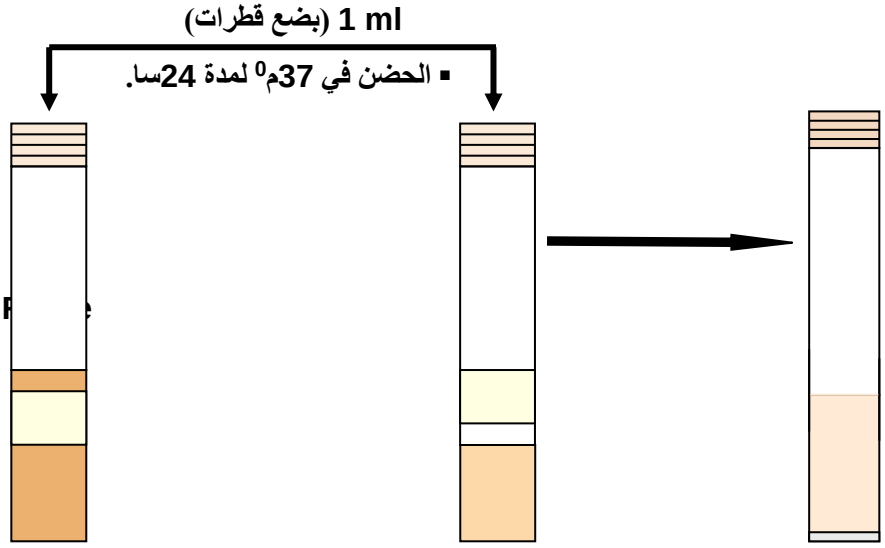
شكل رقم (36) : اختبار الكشف وعد بكتيريا القولون الكلية و البرازية:

Les Recherche et dénombrement des Coliformes Totaux et Fécaux

-اختبار كشف و عد البكتيريا السباحية البرازية (Les streptocoques fécaux)



- **مع العلم أن العمل يكون ثلاثي أي كل أنبوبة تكرر 03 مرات.**
- **الحضن في $37م^0$ لمدة 24-48سا.**
- **الأنابيب الموجبة تكون كالتالي: تعكر الأنابيب Trouble**



- **الأنابيب الموجبة تكون كالتالي: تعكر لون الأنابيب .**

شكل رقم (37) : اختبار كشف و عد البكتيريا السباحية البرازية (Les streptocoques fécaux)

صور بعض الأجهزة المستعملة في التحاليل الفزيوكميائية

) Photo Oxymétrie (RS232)90Photo Colorimètre (DR8

Photo Réacteur (BOX 389)

Photo Centrifugeuse

Photo Appareil DBO_5 (Mf 120)

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DES RESSOURCES EN EAU

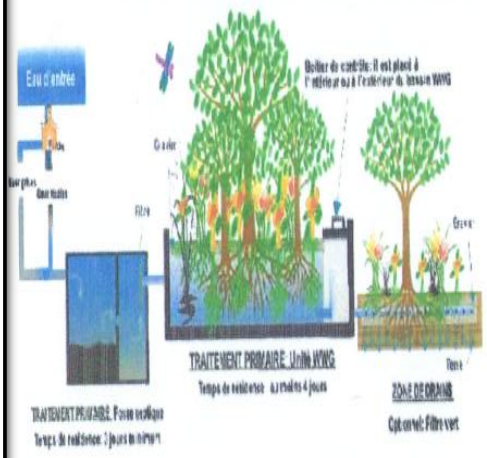
WILAYA DE OUARGLA

COMMUNE DE TEMACINE

BASSIN PILOTE DE TRAITEMENT DES EAUX USEES : VIEUX KSAR – TEMACINE

CAPACITE: 15 M3/JOUR (EQUIVALENT 100 HABITANTS)

ATTENTION !! : NE PAS TOUCHER LE GRAVIER A MAINS NUES



Comment fonctionne le système

Ce bassin reproduit les conditions d'une zone humide naturelle, avec de hautes capacités de traitement de la pollution. Les eaux passent à travers un lit de gravier planté avec des espèces dont les racines se nourrissent des éléments nutritifs de l'eau. C'est un système qui permet non seulement de traiter les eaux usées sans produits chimiques ni énergie mais aussi d'irriguer des plantes utiles, avec une durée de vie de 20 ans renouvelable, s'il est bien entretenu.

ACCES INTERDIT AUX VEHICULES LOURDS DANS LA ZONE DE DRAINAGE / FILTRE VERT: RISQUE D'ENDOMMAGEMENT DES TUBES SOUTERRAINS

Réalisé avec le concours des services de la coopération technique belge, l'INRA Touggourt, la Zaouia Tidjania et l'Association Shams.

Système conçu par
Wastewater Gardens®
Avril 2007