الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne démocratique populaire

وزارة التعليـــــم والبحـــث العلمـــــــي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جـــامعة محمـــد خيضر- بسكـــــرة

كليـــة العلـــوم و التكنولوجيـــا

قســـم الهندسة المدنيـــة و الـــري

المرجـــع:...../ 2020

Université Mohamed khider – Biskra

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de Génie Civil et d'Hydraulique

Référence :……/ 2020

مذكرة ماستر أكاديمي

ميدان الهندسة المدنية والري

الشعبة : الـــــري

التخصص : ري حضري

العنوان :

معالجة مياه الصرف الصحي لمدينة بسكرة بواسطة مرشحات نباتية مزروعة بالتسلسل و بالتوازي

إعداد الطالب :

زابي زينة

تحت إشراف الأستاذة :

د. ميمـــش ليلـــى

دفعة : 2020

الإهداء

أهدي ثمرة هذا العمل إلى :

اللذين وصى الله بهما إحسانا والدي ، العشق المقدس ، الملاك الطاهر ، الدعوات المتراسلة التي أزهرت حياتي إلى الأنثى التي تختصر جميع النساء *أمي الغالية* ، أهدي هذا النجاح النور و السراج الذي لا ينطفئ أبدا ، الذي بذل و يبذل جهده لأعتلي سلالم النجاح *أبي الحبيب*.

إلى من شاركوني أفراحي و أحزاني :

أختاي: *رابعة* ينوع الصبر و الثبات و إلى عائلتها الصغيرة *زوجها* و أبناءها *أورى* و *إسحاق* .

***كوثر* الصديقة الشقية**

أخواني السند العون و الأمان : يوسف مجاهد و عمار .

إلى من جمعتني بها الأقدار حظي الجميل من الدنيا سبب ضحكتي و ابتسامتي إلى توأم روحي صديقة بنكهة أخت *وشن نبيلة* أسأل الله التوفيق و السداد .

أهدي هذا التخرج إلى كل روح شاركتني بدعائها .

كلمة شكر

الحمد لله أولا و آخرا الذي وفقني لإنجاز هذه المذكرة

إنه لمن دواعي الاعتراف بالجميل أن أتقدم بجزيل الشكر إلى من شرفتني بإشرافها على مذكرتي الأستاذة الكريمة ميمش ليلى توجيهاتها و نصائحها و مساعدتها لي خلال مراحل إنجاز هذه المذكرة .

كما أشكر جميع من مد لي يد العون في المحطة الأخ ناجي و عمال الجزائرية للمياه .

كما أشكر جميع أعضاء لجنة التحكيم الذين سيحكمون على هذا العمل

أشكر جميع أساتذة القسم دون استثناء

كما لا يفوتني أن أتقدم بجزيل الشكر إلى كل فرد من أفراد العائلة كبيرا و صغيرا

أشكر زملاء و زميلات الدراسة و جميع الأصدقاء و الأحبة و الله المستعان و عليه التكلان .

الملخص :

الهدف من هذه الدراسة هو إثبات قدرة أداء كل من نبات phragmite و juncus effusus على تصفية المياه المستعملة من خلال غرسهما بطريقتين مختلفتين ، الطريقة الأولى على التوالي و الثانية بالتوازي ، شملت هذه الدراسة مقارنة بين مجموعتين من الأحواض المجموعة الأولى (على التوالي) بها أربع أحواض حوضين مزروعين بال phragmite و حوضين مزروعين بال juncus effusus كل حوض به (10 tiges) كل حوضين موضوعين على التوالي حوض به phragmite و حوض به juncus effusus و العكس أما المجموعة الثانية بها حوض واحد (بالتوازي) حيث زرع به (5 tiges) من phragmite و (5 tiges) من juncus effusus بالتالي (10 tiges) . الدراسة منجزة عبر نموذج تجريبي في محطة المعالجة بالنباتات لكلية الهندسة المدنية و الري ، يتكون النموذج من أحواض دائرية ذات سعة 28 لتر مملوءة من الأسفل إلى الأعلى على سمك 21 سم بحصى (0.2- 4 سم) ، الأحواض مزروعة بسيقان فتية حديثة العمر بكثافة (10 tiges) ، عملية تزويد الأحواض بالمياه المستعملة الحضرية تكون مرة واحدة فقط ، و الماء المتحصل عليه بعد يومين ،7 أيام ،9 أيام و 14 يوم يتم حفظه في قارورة ، بعد هذه الدراسة التي دامت 14 يوم من (2020/02/25 إلى 2020/03/10) تحصلنا على إزالة الملوثات بالنسب التالية :(DCO بين 62% و 60.95% في الحالتين (على التوالي و بالتوازي))، (NO_2^- بين 100% و 81.60%) ،(NO_3^- 100% في الحالتين)،(PO_4^{3-} 100% في الحالتين) و (NH_4^+ بين 100% و 95.82%). النباتات أبدت قدرتها على إزالة الملوثات و لا يوجد اختلاف كبير بين الطريقتين المستعملتين ، و نلخص القول بأن انخفاض الملوثات يجعلنا نهتم أكثر لإعادة استعمال المياه المعالجة في الزراعة أو الصناعة .

Resumé :

L'objectif de cette étude est le mise en évidence des performances épuratoires des plantes phragmite juncus effusus vis-à-vis des eaux usées en les implantant de deux méthodes differentes (en série et en parallèle) l'étude en englobé une comparaison entre deux groupes des bassins le premier a quatre bassins (bassin de 5 tiges de phragmite suivi du bassin de 5 tiges de juncus effusus et les deux autre bassins le contraire , et le deuxième groupe (en série) un seul bassin de 5 tiges de phragmite et 5 tiges de juncus effusus , l'étude a été effectuée à travers un modèle expérimentale au niveau de la station d'épuration de la faculté de génie civil et d'hydraulique de l'université de biskra .Ce modèle est constitué des bassins circulaire de 28 litre de capacité remplis en bas en haut en liant une épaisseur de 21 cm de graviers (0.2-4 cm) , les bassins sont plantés de jeunes tiges de densité (10 tiges) l'alimentation par les eaux usées urbaines se fait une seule fois et l'eau obtenue est après la durée de 2 jours , 7 jours , 9 jours et 14 jours et il est conservé dans une flacon après l'étude a durée 14 jours de (25/2/02/2020 jusqu'à 10/03/2020) .Nous sommes arrivés à éliminer les polluants selon les taux suivants (DCO entre 62% et 60.95% dans les deux cas (en parallèle et en série) , (NO_2^- entre 100% et 81.60%) , (NO_3^- 100% dans les deux cas),(PO_4^{3-} 100% dans les deux cas)et (NH_4^+ entre 100% et 95.82%) .les plantes ont montré leur capacité à éliminer les polluants organiques et minéraux , et il n'y a pas de différence significative entre les deux méthodes .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'agricultur et l'industrie.

الفهرس

الإهداء

كلمة شكر

الملخص

قائمة المخططات

قائمة الأشكال

قائمة الجداول

قائمة الرموز

مقدمة عامة 1

الفصل الأول :دور مرشحات النباتات في معالجة مياه الصرف الصحي

I-1- مقدمة..... 2

I-2- مياه الصرف الصحي 2

I-2-1- تعريفها 2

I-2-2- مصادر و أنواع مياه الصرف 3

I-2-3-تركيب مياه الصرف المنزلي و أهم صفاته..... 4

I -2-4-مقاييس تصنيف الملوثات في المياه المستعملة 6

I-2-5-المعايير و التراكيز المسموح بها..... 8

I-2-6- استعمالات مياه الصرف في حالة معالجتها[..... 9

I-2-7-الأخطار المرتبطة من جراء استعمال المياه المستعملة 9

I-2-8- أهداف معالجة مياه الصرف..... 9

I-3- معالجة مياه الصرف الصحي بالنباتات..... 10

I-3-1-تعريف عملية التنقية بالنباتات..... 10

I-3-2-محطات المعالجة بالنباتات..... 10

I-3-3-النباتات المائية المستخدمة ضمن محطات المعالجة بالنباتات 11

I-3-3-1-نبات البرديCyperus papyrus 12

I-3-3-2-نبات القصب Phragmite 13

I-3-3-3-نبات البوط (Typha) 13

I-3-4- مرشحات النباتات..... 13

I-3-5-أحواض النباتات المستعملة في تصفية مياه الصرف الصحي..... 14
I-3-5-1-أحواض النباتات ذات الجريان السطحي الحر 14
I-3-5-2-أحواض النباتات ذات الجريان تحت السطحي الافقي 14
I-3-5-3-أحواض النباتات ذات الجريان تحت السطحي الشاقولي..... 15
I-3-5-4-أحواض النباتات ذات الجريان المتنوع المهجن (أفقي + شاقولي)..... 16
I-3-6-ميزات طريقة المعالجة بالنباتات 17
I-3-7-دور مختلف مكونات نظام المعالجة بالنباتات..... 17
I-3-7-1-دور النبات..... 17
I-3-7-2-دور مواد التعبئة 19
I-3-7-3-دور الكائنات الدقيقة (الأجسام المجهرية) 19
I-3-8-آليات إزالة الملوثات وفعالية أحواض المعالجة بالنباتات..... 19
I-3-8-1-إزالة المواد العالقة..... 20
I-3-8-2-إزالة المواد العضوية 20
I-3 -8-3-إزالة الفسفور..... 20
I- -8-4-آلية إزالة و فصل المعادن..... 21
I- 3-8-5-إزالة الكائنات المجهرية من أصل الإنسان..... 21
I- 4-خلاصة.....22

الفصل الثاني :طرق و أدوات

II-1- تقديم منطقة الدراسة(بسكرة) 23
الموقع الفلكي..... 23
الموقع الجغرافي 23
المناخ 23
II-2- منطقة أخذ العينة 23
II-2-1- الخصائص الفيزيائية و الكيميائية لمياه الصرف المستعملة 24
II-3-محطة المعالجة..... 24
II-4-المواد المستخدمة..... 24
II-4-1-الركيزة..... 24
II-4-2- الأحواض 25
II-4-3-أنبوب PVC 25
II-4-4- صنبور 26
II-5- اختيار النبات..... 26

II-6- طريقة العمل داخل المحطة 27
II-6-1- تحضير النبات: 27
II-6-2-تحضير الأحواض: 28
II-6-3- ملأ الأحواض و الغرس 28
II-6-4 السقي و أخذ العينات..... 30
II-7-بروتوكول التحاليل..... 31
II-7-1- تحديد الاورتوفوسفاتPO_4^{-3} 31
II-7-2- تحديد النيترات..... 33
II -7-3- تحديد النيتريت..... 35
II -7-4- تحديد االامونيوم..... 37
II-7-5- تحديد الطلب على الأكسجين الكيميائي DCO 39
II-7-6- قياس الأس الهيدروجينيpH..... 39
II-7-7- قياس الناقلية الكهربائية 39
II-7-8- قياس درجة الحرارة..... 40

II-7-خلاصة..... 40

الفصل الثالث : نتائج و مناقشة

III-1- مقدمة..... 45
III-2-مناقشة النتائج 45
III-2-1- تطور الأس الهيدروجيني pH..... 45
III-2-2- تطور الناقلية الكهربائية CE..... 46
III-2-3- تطور النتريت..... 46
III-2-4- تطور النيترات..... 47
III-2-5- تطور الأورتوسفات..... 47
III-2-6- تطور الأمونيوم 47
III-2-7- تطور الطلب الكيميائي للأكسجين.....48
III-3 - خلاصة..... 48
خاتمة عامة 49
المراجع

قائمة المخططات

الرقم	العنوان	الصفحة
01	المكونات الأساسية للمياة المستعملة المنزلية	05
02	الطريقة الأولى (على التوالي)	30
03	الطريقة الثانية (بالتوازي)	30

قائمة الأشكال

الرقم	العنوان	الصفحة
01	مختلف النباتات المستعملة في محطات المعالجة وفقا لمكان نموها	12
02	حوض معالجة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر	14
03	حوض معالجة بالنباتات بجريان تحت السطحي الأفقي	15
04	حوض معالجة بالنباتات بجريان تحت السطحي الشاقولي	16
05	حوض معالجة بالنباتات بالجريان المتنوع (المهجن)	17
06	ولاية بسكرة	23
07	مصب مياه الصرف الصحي المنزلي(منطقة لبشاش)	23
08	محطة المعالجة	24
09	حوض	25
10	أنبوب	26
11	صنبور	26
12	نبات السمار	27
13	نبات القصب	27
14	تحضير نبات السمار	27
15	تحضير نبات القصب	27
16	ظهور جذور جديدة للنبات (رشيم)	28
17	أحواض الدراسة	28
18	منحنى معايرة الفوسفات	33
19	مراحل تحديد الاورتوسفات	33
20	مراحل تحديد النيترات	35
21	مراحل تحديد النيتريت	37
22	مراحل تحديد الامونيوم	38
23	spectrophotométrie UV-Visible المستعمل	38
24	جهازspectrophotométrie UV-Visible	39
25	جهازpH/ORP et CE/NaCL mètre	40
26	تغير الpH	45
27	تغير الناقلية الكهربائية CE	46
28	تغير النتريت NO_2^-	46
29	تغير النيتراتNO_3^-	47
30	تغير الأورتوسفاتPO_4^{3-}	47
31	تغير الأمونيوم NH^{4+}	48
32	تغير DCO	48

قائمة الجداول

الرقم	العنوان	الصفحة
01	المكونات الأساسية للمياه المستعملة و مصادرها و بعض المخاطر و طرق معالجتها	05
02	قم الحد الأقصى لمعالم صرف النفايات الصناعية	08
03	دور النباتات ضمن محطات المعالجة بالنباتات	18
04	أهم آليات الإزالة الرئيسية للملوثات ضمن أحواض النباتات	19
05	الخصائص الفيزيائية و الكيميائية لمياه الصرف الصحي المستخدمة	24
06	خصائص مواد التعبئة	25
07	وضع الركيزة و الغرس	29
08	وقت وتاريخ السقي و أخذ العينات	31
09	منحنى المعايرة (تحديد الأورتوسفات)	32
10	جدول المعايرة (تحديد النيترات)	35
11	جدول المعايرة (تحديد النيترات)	36
12	جدول المعايرة (تحديد الأمونيوم)	38
13	النتائج المتحصل عليها للوسائط المقاسة عن نهاية الدراسة .	45

قائمة الرموز

الرمز	التسمية
CE	**Condictivité éléctrique**
pH	**Potentiel d'hydrogène**
NO_3^-	**Nitrate**
NO_2^-	**Nitrite**
PO_4^{3-}	**Ortho phosphore**
NH_4^+	**Ammonium**
DCO	**Demande chimique en oxygène**
T	**Température**
MES	**Matières en suspension**
DBO_5	**Demande chimique en oxygène (5 jours)**
Oxy-diss	**L'oxygène dissous**
N	**Azote**

المقـــــــــــــــــدمة

مقدمة :

قال تعالى ((وَجَعَلنَا منَ المَاء كُلَّ شَيء حَيٍّ)) سورة الأنبياء الآية :30 .

نعم ، لولا الماء لما كان على وجه الأرض حياة ، عنصر في غاية الأهمية فالماء يدخل في كافة تفاصيل الحياة و هو المسؤول عن وجود الكائنات الحية و بقاءها و استمرارها على الأرض .

في الآونة الأخيرة شهد العالم تطور في جميع المجالات من تقدم حضاري و عمراني و غيره الكثير، و هذا طبعا بفعل الإنسان و ارتفاع عدد السكان هذا أدى إلى زيادة استخدام الماء و بالتالي ارتفاع نسبة التلوث و نحصل في الأخير على مياه ملوثة .

تعد المياه الملوثة أو مياه الصرف الصحي من أخطر و أهم الملوثات التي تؤثر و بشكل كبير على البيئة ، لاحتوائها على كميات كبيرة و متنوعة من المركبات و الكائنات الحية الدقيقة ،لهذا السبب وجب التفكير في طرق لتنقية هذه المياه لإعادة استعمالها .

الطرق الكلاسيكية (الحماة ، السرير البكتيري ..) طرق معقدة بسبب تشغيلها و صيانتها إضافة إلى تكلفتها المرتفعة لهذا لجأت بعض الدول المهتمة بهذا الموضوع إلى طرق أسهل و أقل تكلفة ، نتحدث عن محطات المعالجة بالنباتات ، الطريقة التي أثبتت كفاءتها و قدرتها على تحقيق المواصفات المرغوبة لمياه الصرف الصحي عن طريق إنقاص نسبة الملوثات و العوامل الممرضة و الوصول إلى الحدود المسموحة لاستخدام المياه الناتجة منها في الزراعة دون استخدام المحاليل الكيميائية .

أساس المعالجة بالنباتات المائية المغروسة تعتمد على الجدمور و الجذور ، حيث تشكل حامل لنمو البكتيريا و تصفية المواد العالقة [1].النباتات تسمح للأكسجين أن ينتقل إلى الجذور عن طريق الأوراق و السيقان [2][3]، هذا الأكسجين يساعد على تزايد و نمو البكتيريا التي تقوم بهدم المواد العضوية الموجودة ضمن المياه . بالمقارنة بين الطرق الكلاسيكية و طريقة المعالجة بالنباتات نجد أنها أقل تكلفة و سهلة الاستعمال تتطلب إمكانيات قليلة و أقل تأثير على البيئة.

العمل المنجز يتكون من دراسة فعالية تنقية مرشحات نبات Phragmites و Juncus effusus أثناء مرور المياه الملوثة و قمنا بذلك عن طريق وضعهما بالتسلسل و بالتوازي ، و من هذا فإن الهدف من هذه الأطروحة هو تحديد أي المعالجة من بين الاثنين هي الأفضل (بالتسلسل أو بالتوازي).

تتكون الأطروحة من ثلاث فصول :

الفصل الأول شمل دور المرشحات النباتية في معالجة مياه الصرف الصحي أما الفصل الثاني قد خصص للطرق و اللأدوات المستعملة في هذا العمل و الفصل الثالث كان لعرض و مناقشة النتائج المتحصل عليها.

الفصل الأول

دور مرشحات النباتات في معالجة مياه الصرف الصحي

I-1- مقدمة

تلعب النباتات دورا مهما في إدارة الأراضي الرطبة و الاهوار و الأنهار و في حماية المياه من التلوث ،و قد 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 نوعين من النباتات المائية التي لها القدرة على التأقلم مع مناخ المنطقة و هي Juncus effusus ، Phragmites . و يعود سبب اختيارنا لهذه النباتات لأنها نباتات محلية موجودة في منطقة بسكرة و تنمو تلقائيا دون جلبها من مناطق أخرى و على سبيل المثال نبات Juncus effusus معروف في المنطقة بالاسم الشائع السمار Semmare [4] [5] [6].

I-2- مياه الصرف الصحي

I-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 و المحيطات[7].
- الماء المستعمل هو الماء الملوث الذي يتركب من المواد الغريبة التي تفسد خواصه الكيميائيةْ ، 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 [8].
- تحتوي مياه الصرف عن ما يزيد عن 99 % ماء و الباقي عبارة عن خليط مواد ذائبة و جسيمات عضوية ، و غير عضوية بالإضافة إلى كائنات حية صغيرة (ميكروبات ، فيروسات ، بكتيريا ، فطريات) هذا الخليط هو الذي يحدد نوعية الماء الطبيعية و الكيميائية و البيولوجية .
- تتحدد نوعية مياه الصرف الطبيعية باللون ، الرائحة ، العكارة ، درجة الحرارة ، التي تكون عادة أعلى من درجة حرارة الجو .
- تحدد نوعية مياه الصرف الكيميائية بمحتواها من المواد العضوية و الغير عضوية .
- يعتبر المحتوى العضوي العامل الأساسي في تلوث مياه الصرف ، حيث تمثل المواد البروتينية المجموعة الرئيسية للمحتوى و تقدر بحوالي 50 % و يليها في ذلك المواد الكربوهيدراتية التي تكون حوالـي 45 % ثم الدهون و الزيوت التي تكون حوالي 5 % ، تتحلل المواد البروتينيـة و الكربوهيدراتية تحلل سريع في حين أن الدهون و الزيوت تكون أكثر ثبات و يكون تحللها بطئ .
- و قدر عدد سكان العالم الذين يلقون مخلفاتهم في البيئة دون معاملة 1700 مليون شخص على مستوى العالم في إحصاء نتم سنة 1990 [8].

الخواص الأساسية للماء الملوث

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 و المركبات العضوية لذلك نجد المواد في الماء مختلفة و متنوعة و من أهمها ما يلي :

- **الشوائب الصلبة المعلقة:**

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

- **المواد الصلبة المنحلة :**

و منها أملاح معدنية منحلة (كلوريدات ، كبريتات ، كربونات..) ،و مركبات عضوية ناتجة عن انحلال البقايا النباتية و الحيوانية [7].

- **الغازات المنحلة:**

أهمها غاز الأكسيجين غاز الآزوت غاز ثاني أكسيد الكربون و غاز كبريت الهيدروجين .

- **الأحياء الدقيقة :**

و هي الأجسام الدقيقة كالفيروسات و البكتيريا و الطحالب . . . . و هي المسؤولة عن تفكيك المادة العضوية الموجودة في الماء [9].

I-2-2- مصادر و أنواع مياه الصرف :

هناك عدة تصنيفات لمياه الصرف : فقد صنفها CHOCAT (1997) و OUAIL (2001) إلى مياه مستعملة صناعية و أخرى منزلية ،و ليكن (RICHARD ,1996 et BOUZIANI,2000) [10] [11] أضافوا المياه المستعملة الفلاحية و مياه الأمطار[12].

و من أهم أنواع مياه الصرف :

- **مياه الأمطار الملوثة**

مياه الأمطار تسقط عموما ملوثة بسبب الملوثات الموجودة في الهواء ، المناطق الصناعية تكون ملوثة بدرجة قوية في الأماكن التي مصانع كيميائية كثيرة أو حينما تسقط على الأرض ، فمنها ما يسقط على الأراضي الزراعية و منها ما يسقط على الطرقات و سطوح المنازل ،و بالتالي 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].

- **مياه غسيل الشوارع:**

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

- **المياه الصناعية:**

تشمل مياه صرف المصانع المختلفة في المدينة و هي تختلف في كمياتها من مصنع إلى آخر 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 و مواد سامة الآتية من المصانع و كذا المخابر و المستشفيات ، هذه المياه تطلق روائح كريهة و سامة خاصة عند ارتفاع درجة الحرارة [9].

- **مياه الرشح:**

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

- **مياه الصرف المنزلي:**

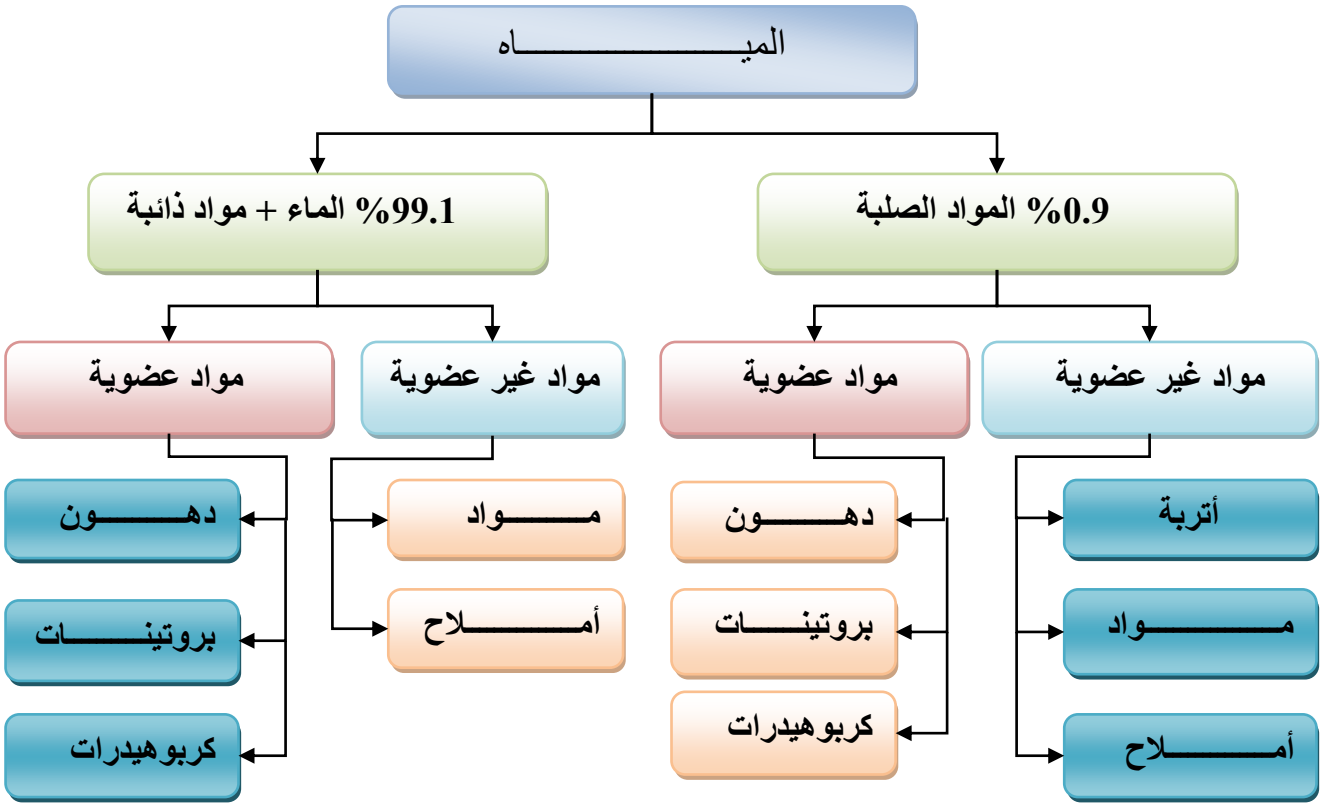
تأتي من مختلف الاستعمالات المنزلية للماء و تحمل خاصية التلوث العضوي و تنقسم إلى قسمين :

- ❖ المياه المنزلية يكون مصدرها الحمامات ، المطابخ و هي في العموم تكون غنية بالمنظفات ، الدهون الصابون و شوائب أخرى .
- ❖ مياه النفايات التي تعبر المراحيض التي تكون غنية بمختلف المواد العضوية الآزوتية (براز و بول).

I-2-3-تركيب مياه الصرف المنزلي و أهم صفاته:

تتكون أساسا من المخلفات البشرية (براز، بول، مياه الغسيل)[13] .تتغير مكونات مياه الصرف من وقت لآخر على مدار السنة و الشهر و اليوم بتغير كمياتها و تتكون في المتوسط من 99.1 % ماء و مواد ذائبة 0.9 % مواد صلبة و سواء كانت عالقة أو ذائبة عضوية أو غير عضوية المنشأ[14].

المخطط و الجدول التاليان يوضحان بصفة عامة أهم المكونات الصلبة للمياه المستعملة المنزلية [14] [15].



المخطط (01):المكونات الأساسية للمياه المستعملة المنزلية (محمد علي فرج).

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

نوع الملوث	مصدره	المخاطر الناجمة	نوع المعالجة
مواد صلبة (حجارة ،مواد بلاستيكية، أتربي 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 و تشحيم السيارات..).	تلوث البيئة ،تسمم المياه...	معالجة فيزيائية كلاسيكية (فصل الزيوت).
مواد عضوية مواد كيميائية:(معادن ثقيلة مثل الرصاص ،الزئبق).	-اسنعمالات منزلية -مبيدات فلاحية -مخلفات المستشفيات -مخلفات صناعية	حالات تسمم و أمراض أخرى خطيرة	-معالجة بيولوجية -معالجة كيميائية

جدول (01): المكونات الأساسية للمياه المستعملة و مصادرها و بعض المخاطر و طرق معالجتها(: AYAZ,S .(AKCA , L. 2001

I-2-4-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[16].

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 للتحولا ت 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) [16].

ج- الناقلية الكهربائية (CE)

تحتوي المياه الطبيعية على تراكيز خفيفة من الأمالح 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 ب:MES أي Matières en suspension يعبر عنها ب : ملغ/ل . القيمة القصوى للمواد العالقة لا تتجاوز 35 ملغ/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 19 أفريل 2006).

هـ-المواد العضوية

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 الآزوت Azote ، كربون Carbone، أوكسجين Oxygène، الكبريتSoufre ، الفسفور Phosphore ، ويتم تقييم المواد العضوية من خلال تحديد نسبة DCO،DBO_5 [18].

اختيار الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5

و هو عبارة عن كمية الأكسجين المستهلكة من طرف الكائنات الحية الدقيقة الهوائية لتحليل أو تفكيك المادة العضوية مع استهلاك الأكسجين المنحل ،يتم تقدير كمية الأكسجين المفقود بحساب DBO_5 ،فكلما زاد الطلب البيوكيميائي للأكسجين

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 و القابلة للتحلل.
- معرفة قدرة الوسط على القيام بعملية التنقية الذاتية.
- تحديد درجة التلوث العضوي .

معدل DBO_5 في المياه المستعملة المنزلية (500-150)ملغ/ل [18].

اختيار الطلب الكيميائي للأكسجين 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 و غير قابلة للتحلل البيولوجي و مثال ذلك المواد السيليلوزية .

و من أجل أكسدة هذه المواد تستعمل مؤكسدات قوية مثل ثاني كرومات البوتاسيوم ،و بقياس DCO يمكن الحصول على نتائج سريعة ،كما أن هذه العملية لا تحتاج إلى حضن العينات [19].

و- النيترات(NO_3^-)

- أثبتت الأبحاث الطبية مضار النيترات على الأطفال بالإضافة إلى تزايد النيترات بشكل كبير في المياه الجوفية و السطحية نتيجة التوسع الكبير في استعمال الأسمدة الآزوتية و الكيمياوية .
- إن تحديد تلوث المياه بالنيترات عملية صعبة نتيجة التحولات المستمرة للآزوت ضمن حلقة متكاملة تعرف بحلقة الآزوت ،توضح هذه الحلقة أن النيترات تمثل المرحلة النهائية لأكسدة المركبات العضوية الآزوتية و لذلك 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 ، و النيترات الناتجة عن أكسدة البكتيريا للفضلات العضوية الآزوتية [19].

ز-النتريت(NO_2^-)

تمثل شوارد النيتريت مرحلة انتقالية من شوارد النيترات و شوارد الأمونيوم ضمن عملية الأكسدة و الإرجاع لهما ، و ذلك فإن شوارد النتريت المتواجدة في الوسط المائي ناتجة عن إرجاع النيترات أو عن أكسدة شوارد الأمونيوم و لا يوجد مصدر طبيعي للنتريت [19].

ك-أورتوفوسفات(PO_4^{-3})

ينشأ الفوسفات في المياه السطحية من مصدر طبيعي و مصدر صناعي كالأسمدة ،المنظفات الصناعية تتواجد شوارد الفوسفات في الماء بأشكال مختلفة تبعا لقيمة pHالوسط ، حيث تكون المياه الطبيعية ذات pH بين (8-5) تحتوي شوارد الفوسفات أحادية و ثنائية الهيدروجين ($H_2PO_4^-$,HPO_4^{-2}) ،يعتبر الفوسفات المنحل في مياه الري مادة مغذية للنباتات

غير أن ارتفاع نسبته أكثر من 60 ملغ/ل يؤدي إلى تغير في بنية بعض النباتات كما أن الأسماك تتغذى بالفوسفات المنحل في المياه[19].

ل-الكائنات الحية الدقيقة

تحتوي مياه الصرف على la flore :مجموع الكائنات الحية الدقيقة خاصة البكتيريا القولون البرازيـــة

Escherichia choli Nitrobacter : مثل Les Entérobactéries ، تضم Bactérie Coliformes Fécaux klebsiellam ، Entérobactérie ، و التي تتمثل في : Totaux Les coliforme أمـا Les coliformes فتتمثل في : Escherichia coli بالإضافة إلى البكتيريا السباحية البرازية (Les Streptocoques Fécaux) مثل :S.faecalis،S.faecium S.bovis، تتواجد البكتريا اللاهوائية إجباريا بأعداد أكبر من الهوائية في الصرف غير المعالجة بمعدل 10^4 إلى 10^5 في 1 مل لتر [20].

من المستحيل ذكر جميع الأجناس أو الأنواع أو المجموعات المتواجدة و المعروفة 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 10^5لى 10^6 في 1 ملل).

I-2-5-المعايير و التراكيز المسموح بها :

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

المقاييـــــــــــس	القيمـــــــة
درجة الحرارة	30 م°
Ph	6.5-8.5
المواد العالقة MES	30ملغ/ل
الطلب الحيوي للأكسجين DBO_5	30 ملغ/ل
الطلب الكيمائي للأكسجين DCO	90 ملغ/ل
الآزوت N	50 ملغ/ل
الوسفات PO_4^{-3}	02 ملغ/ل
الزنك	02 ملغ/ل
الكروم	0.1 ملغ/ل
المنضفات	01 ملغ/ل
الزيوت و الدهون	20 ملغ/ل
الأكسجين المنحل Oxy.diss	5-2 ملغ/ل

النتريت NO_2^-	**0.1 ملغ/ل**

جدول (02) : قيم الحد الأقصى لمعالم صرف النفايات الصناعية .

I-2-6- استعمالات مياه الصرف في حالة معالجتها[21]:

يمكن استعمال مياه الصرف بعد معالجتها في عدة مجالات و هذا طبعا بعد أن تجرى لها العديد من الفحوصات و التحاليل المخبرية لتأكد من صلاحية استعمالها و منها:

- السقي و الري الفلاحي خاصة نباتات الزينة و الأشجار غير المثمرة.
- الاستعمال الصناعي ،و كذا استعمالها في غسيل الشوارع و الطرقات.
- الاستعمال المنزلي .

I-2-7-الأخطار المرتبطة من جراء استعمال المياه المستعملة :

- **أخطار الأرض و الفلاحة :**
  - زيادة الملوحة .
  - نقل و انتقال المواد السامة.
  - خطر تلويث المياه الباطنية عن طريق الترشيح و النفاذ المباشر للمياه المستعملة.
- **الأخطار الصحية على الإنسان:**
  - الأمراض المتنقلة عن طريق المياه .
  - الإصابات البكترية (الأمراض التي تسببها البكتريا).
  - الكوليرا La choléra:(Vibrio cholera) .
  - التيفويد Les fievresthypho-paratyphiques و البكتيريا المسؤولة عنه هي السالمونيلا.
  - الإسهال العصوي والتسمم البوتيلي Botulique البكتيريا المسؤولة عنة هي: Clostriduim بالإضافة إلى الإصابات الفيروسية ،الإصابات الطفيلية.

I-2-8- أهداف معالجة مياه الصرف :

تتم معالجة مياه الصرف من أجل [22]:

- القضاء على الكائنات الدقيقة "خاصة الممرضة "التي تسبب الأمراض المتنقلة عبر المياه MTH(Maladies à Transmissions Hydrique).
- بالإضافة إلى إزالة المواد العالقة ؛ و كنتيجة لذلك نتحصل على نقص في تركيز المواد الملوثة:
  - 50% مواد عالقة MES.
  - 30%الطلب الكيمائي للأكسجين DCO.
  - 10% من الآزوت و الفسفور .

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

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

وفي ضوء ما سبق فقد كان من الضروري معالجة هذه المياه و المخلفات العالقة بها و لإزالة أو التقليل من خطرها على البيئة قبل التخلص منها توجد العديد من الطرق و التقنيات نذكر منها المعالجة بواسطة النباتات Traitement des eaux usées par les plantes .

I-3- معالجة مياه الصرف الصحي بالنباتات :

I-3-1-تعريف عملية التنقية بالنباتات:

انه نظام مبتكر وفعال بشكل خاص ؛ الذي يستخدم طاقة لتنقية النباتات المائية ويوفر بديلا بيئيا واقتصاديا ومستداما وجماليا للنظام الكلاسيكي .

المبدأ بسيط :البكتيريا الهوائية تحول المواد العضوية إلى مواد معدنية يمكن استيعابها بواسطة النباتات . في المقابل النباتات المائية توفر الأكسجين من خلال جذورها إلى البكتيريا [23].

التنقية بالنباتات هو نظام لمعالجة المياه يستخدم النباتات المصفية والركائز والكائنات الحية الدقيقة داخل أرض رطبة صناعية تسمى الأراضي الرطبة في اللغة الانجليزية . نظم التقنية النباتية يمكن أن تتكون من مركب واحد أو أكثر من المرشحات المزروعة .

I-3-2-محطات المعالجة بالنباتات :

يطلق على محطات المعالجة بالنباتات والتي تمر فيها المياه الملوثة المعالجة أوليا عبر أحواض مزروعة بالنباتات (القصب مثلا) بالأراضي الرطبة المصطنعة . تكون أحوض المعالجة في هذه الأنظمة مملوءة بوسط حصوي أو رملي أو مزيج منهما معا وبترتيب معين كما أن أحواض المعالجة بالنباتات تعرف على أنها مناطق شبه مشبعة بالمياه يتم تصميمها هندسيا (غير طبيعية) بحيث تكون قادرة على إزالة الملوثات من مياه المجاري الخام المعالجة بشكل أولي وبالتالي تحسين مواصفات المياه المعالجة النهائية قبل تصريفها أو إعادة استخدامها . كما أنها تصنف كمرحلة معالجة ثانوية أو ثالثة

حسب الاستخدام للأحواض المختلفة ، على اعتبار أن المياه الملوثة الداخلة إليها تكون قد عولجت بشكل أولي . إن استخدام الأراضي الرطبة الطبيعية لتنقية المياه يعود آلاف السنين إلى الوراء فقد استخدمها الصينيون و المصريون . و أما استخدام الأراضي الرطبة الاصطناعية " أحواض المعالجة بالنباتات " لمعالجة المياه الملوثة فيعود إلى 1905 في استراليا و لكنها بقيت قليلة الاستخدام حتى اعتمد عليها الأوربيون منذ عام 1950 عبر الألمان و استخدمها الأمريكيون منذ عام 1970 و اليوم تنتشر محطات المعالجة بالنباتات بالآلاف عبر العالم.

إن وجود النباتات ضمن أحواض الأراضي الرطبة تشكل عبر جذورها و سوقها و أوراقها 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 و البيولوجية و الكيميائية الطبيعية يقود إلى التخلص من 90 % تقريبا من الملوثات بينما تقوم النباتات نفسها بإزالة بين 7- 10% من الملوثات فقط ، كما أن النباتات تقوم بدور المصدر الكربوني للميكروبات عندما تحلل هذه النباتات بعد موتها. إن النباتات المائية تكون قادرة على استنفاذ المعادن الثقيلة و إن كان ذلك بمعدلات مختلفة حسب نوع النبات[24].

I-3-3-النباتات المائية المستخدمة ضمن محطات المعالجة بالنباتات:

توجد أنواع مختلفة من النباتات المستخدمة في المعالجة تم تصنيفها ضمن مجموعات : النباتات العائمة في التربة ، النباتات ذات الجذور المغمورة و السيقان و الأوراق ، النباتات المغمورة كليا بالمياه ،النباتات القصبية ذات النبتة الخشبية ،النباتات القصبية ذات النبتة العشبية و النباتات الطافية ذات الجذور المعلقة .. الخ.

و عادة يتم استخدام النباتات المتوفرة في منطقة إنشاء المحطة نظرا لتكيفها مع ظروف المنطقة [22].

و في عام 1920 قام العالم البيئي أربر Arber بتقسيم مجموعات النباتات المائية (و عائيات البذور) إلى نباتات ذات جذور و عديمة الجذور، و ذلك تبعا لنوع الأوراق و نوع الأزهار ، و تبعا لكون الأزهار و الأوراق المغمورة بالماء أو طافية على سطح الماء أو الظاهرة بحيث تعلو سطح الماء . و بناء على هذا فقد ظهرت لاحقا تصنيفات سهلة وشائعة لأنواع النباتات المائية عبر أبحاث العلماء مثل العالم Cléments (1929) و العالم Daubenmire (1947) و العالم Sculthарpe(1967) و هذه الأنواع تتلخص فيما يلي:

- **النباتات المائية الغاطسة Macrophytes Submerges**

و هي التي تنمو كليا تحت سطح الماء أو تظهر أزهارها أحيانا خارج سطح الماء و تنتمي إلى مجموعة النباتات متغايرة الأطوار (Heterogeneous Group) وجودها ضمن المياه بشكل دائم و ضعف الضوء ضمن المياه أدى إلى حدوث تغيرات في بنيتها بحيث أصبحت تتكيف مع النمو و التكاثر ضمن المياه و هي مغمورة[25] [26] و عموما هذا الصنف من النباتات المائية يضم الأنواع التالية : Cacomba caroliana (Fanwort), Coratophylun spp (cantails) , Eggeria densa (Brazilian).

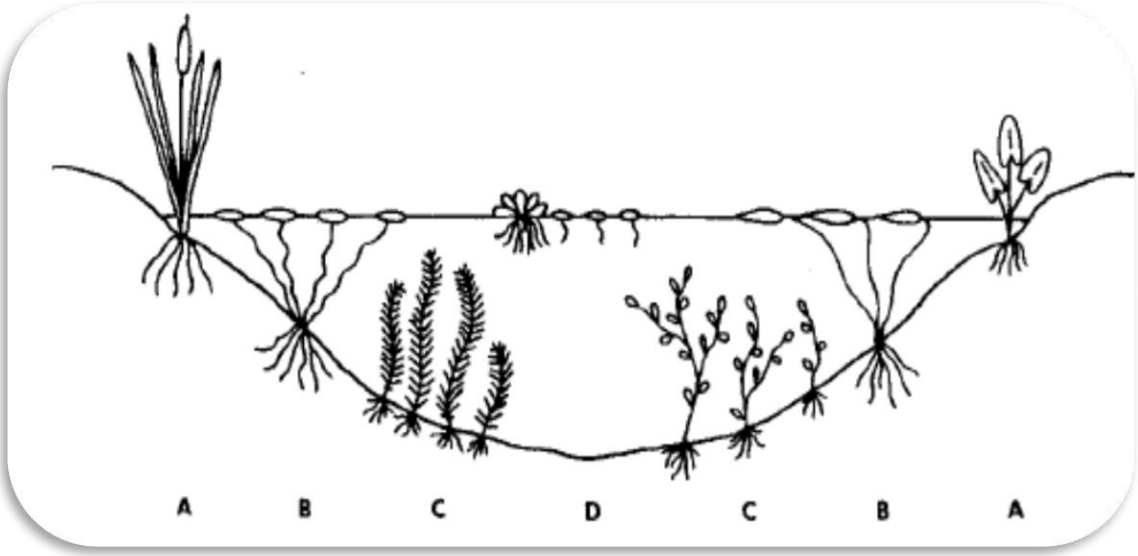
- **النباتات المائية البارزة Macrophytes Emerges :**

و هي التي تتكون جميع أو بعض أعضائها الخضرية بارزة أو منبثقة خارج سطح الماء[25] [26] و من الأمثلة على هذه النباتات القصب(Phragmites) و نبات(Typha) .

- **النباتات المائية الطافية Macrophytes Flotents:**

و هي التي تكون جميع أو بعض أعضائها الخضرية طافية [17]،و هي نوعان:

- النباتات الطافية الحرة.
- النباتات الطافية ذات الجذور الممتدة داخل التربة .



الشكل (01): مختلف النباتات المستعملة في محطات المعالجة وفقا لمكان نموها[27].

- (C) نباتات مائية غاطسة Macrophytes Submerges .
- (A) نباتات مائية بارزة Macrophytes Emerges .
- (B) (D) نباتات مائية طافية Macrophytes Flotents و هي نوعان :
  - (D) نباتات مائية طافية حرة.
  - (B) نباتات مائية طافية ذات جور ممتدة داخل التربة .

كل هذه الأنواع من النباتات أظهرت كفاءة كبيرة في إزالة أنواع مختلفة من الملوثات و المعادن من مياه الصرف الصحي في المناطق الحضرية والصناعية خاصة البارزة منها لاعتبارها نباتات شائعة الاستخدام ضمن الأراضي الرطبة و السبخات حيث تنمو ضمن منسوب مياه بعمق 0.5 متر أسفل التربة إلى مياه سطحية بعمق 1.5 متر أو أكبر و من الأمثلة على هذه النباتات البردي(Cyperus papyrus)، القصب (Phragmites)و نبات (Typha) .

I-3-3-1-نبات البردي Cyperus papyrus

النطاق :حقيقيات النوى Eucaryote

المملكة :النباتات Plantes

الصف :أحاديات الفلقة ؛ Manocotylédone

الفصيلة: Cyperaceae

الجنس : Papyrus

النوع :Cyperus

I-3-3-2-نبات القصب Phragmite

النطاق :حقيقيات النوى Eucaryote ؛

القبيلة: Arundineae

المملكة :النباتات ؛ Plante

الشعبة:مستورات البذور

الصف :أحاديات الفلقة Manocotylédon

I-3-3-3-نبات البوط (Typha)

المملكة:النباتات ؛ الجنس :البوط ؛ النوع : عريض الأوراق ؛ الفصيلة :البوطية

الشعبة :البذريات

الصف :أحاديات الفلقة

الاسم العلمي : Typha latifolia

I-3-4- مرشحات النباتات:

المرشحات المزروعة تقترن تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي المحلية باستخدام مرشحات ماكروفيتي مجموعة من العمليات ، من بينها الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الأفقي من وجهة نظر عامة .

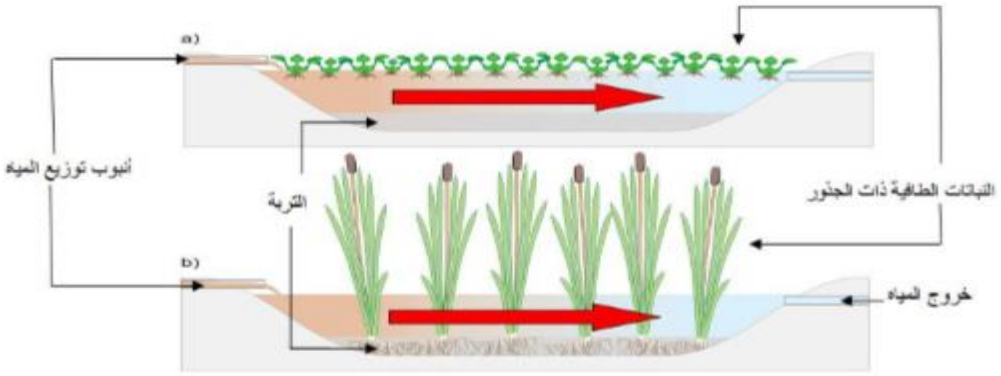
I-3-5-أحواض النباتات المستعملة في تصفية مياه الصرف الصحي:

هناك أربعة أنظمة تستعمل في معالجة المياه المستعملة [24]:

- 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 "

I-3-5-1-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.

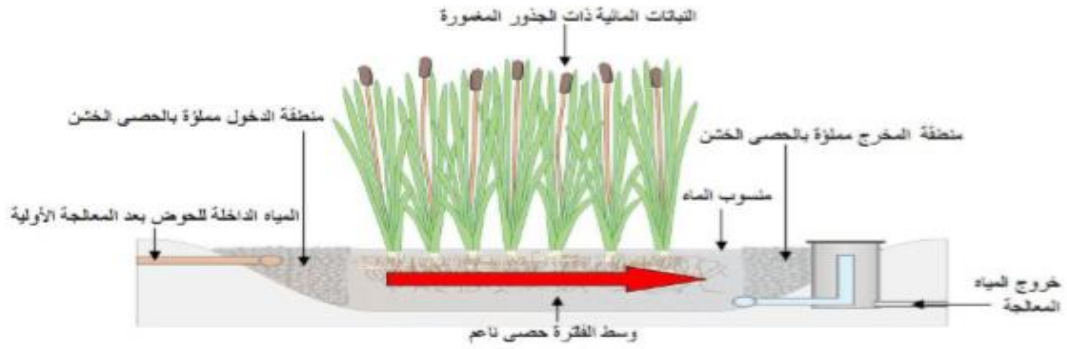


الشكل (02) : يبين حوض معالجة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر.

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. نظرا لمتطلبات الاستغلال الثقيلة ، هذه الطريقة أصبحت قليلة الاستعمال.

I-3-5-2-أحواض النباتات ذات الجريان تحت السطحي الافقي :

هي أحواض مملوءة 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 النقالية الهيدروليكية[28]. إن أول استخدام لهذه التكنولوجيا ظهر في ألمانيا سنة 1964 و أول من استعمل هذه الطريقة العالم Kickuth الألماني ، حيث سم هذا النظام على اسمه و طبقت هذه الطريقة في امريكا سنة 1974 ، ولها عدة استعمالات.



الشكل (03): حوض معالجة بالنباتات بجريان تحت السطحي الأفقي.

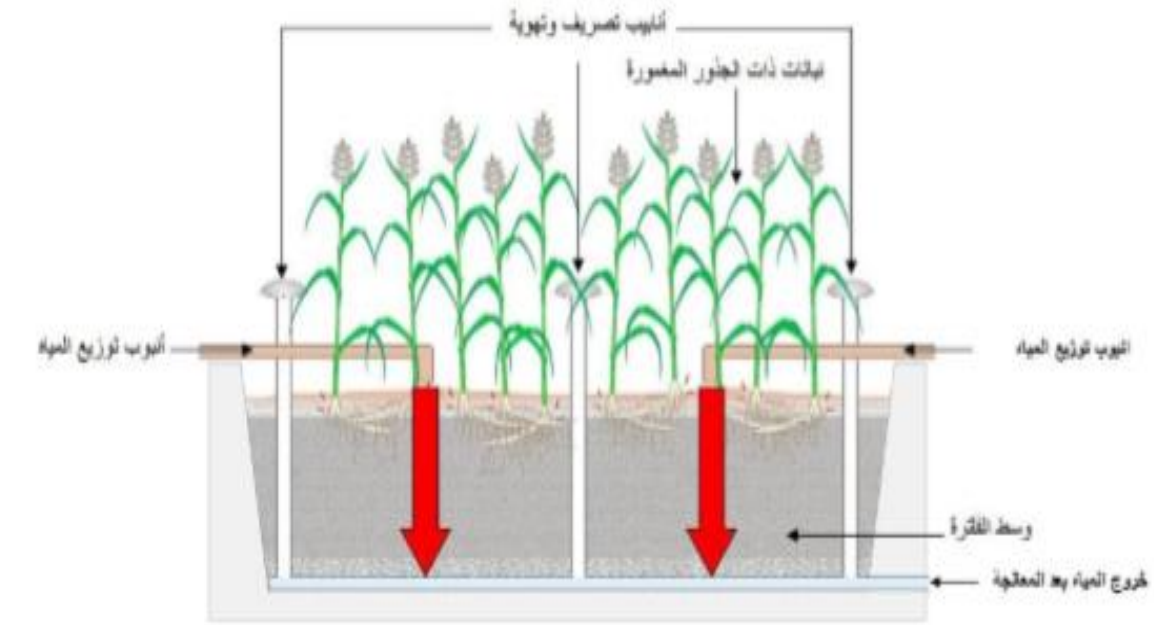
تستعمل للتصفية الثانوية للمياه المستعملة لبعض القرى ذات كثافة سكانية قليلة بعد عملية الترسيب كذلك تستعمل في المرحلة الثالثة بعد التصفية البيولوجية أو بعد أحواض الجريان الشاقولي كذلك لمعالجة مياه الأمطار ثم انتقلت إلى أوربا حيث تلقيت هذه الطريقة انتقادات من طرف الباحثين لأن تطبيقها يتطلب أماكن شاسعة و المواد المستعملة في وسط الفلترة غير حاجزة للمياه[29] [30]. ظهرت هذه الطريقة باستعمال الرمل و لكنها غير واسعة الانتشار[31].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 1متر 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 [30][32].

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.

I-3-5-3-أحواض النباتات ذات الجريان تحت السطحي الشاقولي :

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



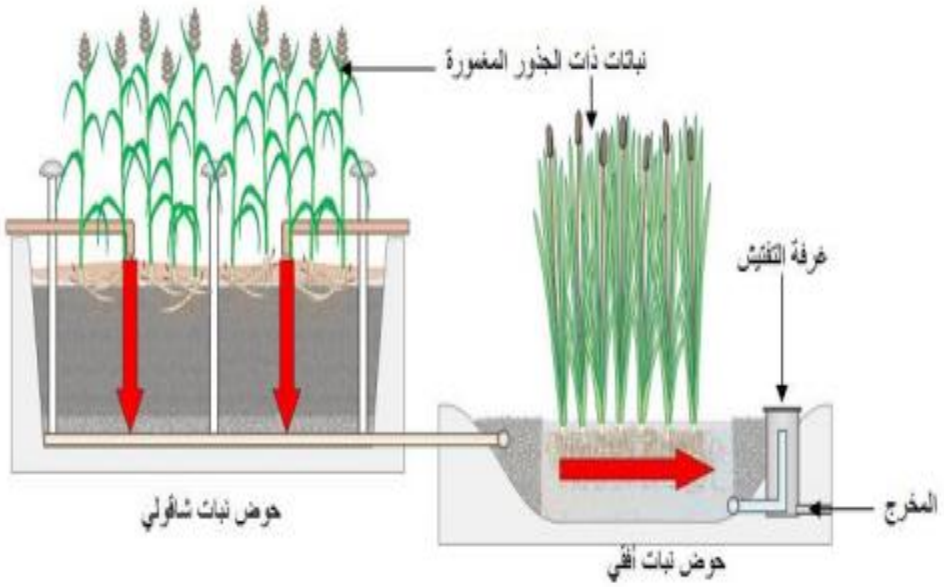
الشكل (04) : حوض معالجة بالنباتات بجريان تحت السطحي الشاقولي .

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 الاكسجين 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 الاخير يكون له التهوية أفضل من الأول، وبهذا تكون عملية أكسدة النتريت أفضل و نقص البكتريا الالهوائية تؤدي إلى نقص الرائحة هذا النظام يحتاج إلى راحة منتظمة من اجل تحطيم المواد العضوية المثبتة في الوسط الفلترة. وتستعمل الفلترة باستعمال الاحواض 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 سنة 1970 حيث سميت هذه الفلترة بترشيح فلدس (Fields).

I-3-5-4-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 آخر عمل بهذه الطريقة قام به الدكتور K.Seidiel هذه الطريقة استعملت بعدد محدود من الأحواض في الولايات المتحدة الأمريكية و ألمانيا و فرنسا.(Boutin c, 1987) يتكون هذا النوع من الأحواض من طابقين متوازيين من الأحواض الشاقولية متبوعة بطابقين أو ثالثة من الأحواض الأفقية على التسلسل الفائدة من هذه السلسلة هو تحسين عملية النترجة في الأحواض الشاقولية لأنها مهوئة و عملية إزالة النترجة في الأحواض الأفقية أين يكون غياب الأكسجين اللازم لهذه العملية.



الشكل (05) : حوض معالجة بالنباتات بالجريان المتنوع (المهجن).

مردود إزالة النترجة يكون ضعيف حيث البكتريا المزيلة للنتروجين تحتاج إلى المواد العضوية بنموها و إزالة النتريت الن في مخرج الحوض الشاقولي اغلب المواد العضوية تحللت. هناك دراسات أخرى قد أجريت نذكر منها الدنمرك 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

I-3-6-ميزات طريقة المعالجة بالنباتات :

- طريقة مناسبة بيئيا وقليلة التكلفة ،تستخدم للمعالجة الثانوية والثالثية وتستخدم هذه الأخيرة للمعالجة كخطوة مستقلة لإزالة النتروجين والفوسفور.
- تشغيلها بسيط ولا يحتاج إلى كوادر عالية التأهيل.
- فعاليتها في القضاء على البكتيريا الضارة والفيروسات وبيوض الديدان الممرضة [33].

I.3-7-دور مختلف مكونات نظام المعالجة بالنباتات :

I-3-7-1-دور النبات:

الجدول أدناه يبين دور النبات في المعالجة :

أجزاء النبات	الأهمية في المعالجة
أنسجة النبات المحاطة بالهواء الجوي	- تحد من نفاذ الضوء إلى الماء ممل يقلل من نمو الطحالب . - العزل الحراري للحوض و خصوصا في فصل الشتاء عندما سكون الطقس باردا . - تخفيض سرعة التيار المائي و هذا مل يساعد على تأمين ظروف أفضل لعملية ترسيب المواد الصلبة العالقة . - الجزء العلوي من النبات يساعد على تخفيف سرعة الرياح قرب سطح التربة أو الماء حيث تحسن من إزالة المواد الصلبة العالقة خاصة في أحواض الجريان الحر .
أنسجة النبات المغمور بالماء	- تمنع الإنسدادات في الأحواض ذات الجريان الشاقولي حيث تتم تغذية الحوض من السطح العلوي . - تطرح الأكسجسن المنحل للوسط المائي مما يزيد التحلل الهوائي للملوثات. - تستهلك المغذيات. - تؤمن مساحة لنمو الطبقة البيولوجية Biofilm
الجذور و أشباه الجذور(الجذمور) ضمن وسط الفلترة أو التربة	- تؤمن نباتية سطح الفلترة (التربة). - تمنع الوسط نت الانسداد في الأحواض ذات الجريان الشاقولي . - تحرير الأكسجين المنحل مما يساعد على النترجة . - تستهلك المغذيات . - تحرر مضادات حيوية .

جدول (3):دور النباتات ضمن محطات المعالجة بالنباتات.

يعتبر وجود النباتات الكبيرة (كالقصب مثلا) أحد أهم السمات المميزة لمحطات المعالجة بالنباتات مقارنة مع الأنظمة الطبيعية الأخرى المستخدمة لمعالجة مياه المجاري مثل برك الأكسدة .

تمتلك النباتات التي تنمو ضمن محطات المعالجة بالنباتات (الأراضي الرطبة) العديد من المزايا الخاصة بعملية المعالجة مما يجعلها عنصرا أساسيا في مثل هذه المحطات الجدول التالي يلخص دور النباتات ضمن محطات الأراضي الرطبة (محطات المعالجة بالنباتات).

I-3-7-2-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. حيث استنتج[35] [34](RONNER.1994 et MITCHELL.1964) انه يمكن أن يحدث تداخلت الإفرازات البكترية حسب الميتابوليزم البكتيري و نوعية البكتريا الهوائية و ال 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.

I-3-7-3-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 تحول المركبات الازوتية 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 ال تجرها المياه. تحطيم المواد العضوية من طرف الأجسام المهجرية تنتج من كمية الكتلة الحيوية التي بدورها يجب أن تتحطم حتى تتفادى حدوث الانسدادات.

I.3.8-آليات إزالة الملوثات وفعالية أحواض المعالجة بالنباتات:

آليات الإزالة مرتبطة بأنظمة فيزيائية و كيميائية فيزيولوجية و أيضا بيولوجية الملخصة في الجدول أدناه

الملوثات	آلية الإزالة الرئيسية
المواد العضوية	**التحليل البيولوجي (هدم ميكروبي هوائي و لا هوائي)(Catabolisme)**
المواد الصلبة العالقة	**الترسيب الفيزيائي ، الفلترة الفيزيائية و التحلل البيولوجي .**
الفسفور	**عمليات الامتصاص الفيزيائية و الكيميائية ضمن وسط الفلترة و من طرف النبات.**
المعادن	**امتصاص و تبادل الكاتيونات** **تشكيل مركبات** **ترسيب –امتصاص من طرف النبات** **أكسدة و إرجاع من طرف المكروبات**

العوامل الممرضة	**الافتراس البيولوجي و الموت الطبيعي و عمليات الترسيب الفلترة الفيزيائية** **إفراز مضادات حيوية من طرف جذمور النبات.**

الجدول (4):أهم آليات الإزالة الرئيسية للملوثات ضمن أحواض النباتات .

I-3-8-1-إزالة المواد العالقة :

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

المعالجة الأولية للمياه قبل دخولها إلى الحوض تحسن من نتائج DBO_5,DCO ، نظريا وجود النبات داخل الحوض يعتبر كحاجز يمنع عبور المواد العالقة داخل الحوض[36] [37] [38][39] .بعض الأبحاث قارنت مستوى إزالة الملوثات ضمن الأحواض المزروعة بالنباتات و الأحواض غير المزروعة ،و قد أظهرت النتائج عدم وجود اختلافات مهمة (66 % في الأحواض المزروعة و 42 % في الأحواض غير المزروعة) و لكن هذا لا يلغي الدور المهم الذي تلعبه النباتات في تحسين أداء الأحواض في معالجة المياه الملوثة .

I-3-8-2-إزالة المواد العضوية :

المادة العضوية تتحطم عن طريق البكتيريا الهوائية و اللاهوائية [40] [41]

- التحطيم الهوائي :يحول المواد العضوية إلى كتلة حيوية بكترية و مواد معدنية بسيطة .

مواد عضوية + **بكتيريا** + O_2 ⟹ **خلايا جديدة** + CO_2 + H_2O

الخلايا الجديدة هي بذاتها تتعرض إلى عملية الهدم

- الهدم اللاهوائي:ينحصر بوجود الأكسجين ،و لهذا يستعمل في الأحواض الأفقية المشبعة بالماء .

و الأماكن الخالية (عدم تواجد) الأكسجين و القريبة من أماكن مهوية (بها أكسجين) هذه العملية قليلة الاستعمال في الأحواض الشاقولية .الفطريات و الأحياء الدقيقة تهدم الجزيئات العضوية الكبيرة إلى جزيئات صغيرة و التي بدورها تهدم من طرف البكتريا.

I-3-8-3-إزالة الفسفور :

في المياه المستعملة الفوسفور يوجد على ثلاثة أشكال متعدد الفوسفات و الفسفور العضوي و أرتوفوسفات ، الشكلين الأوليين تميه إلى أرتوفوسفات (HPO_4^-,HPO_4^{-2}, PO_4^{-3}) عن طريق الكائنات المجهرية .في المناطق الرطبة الطبيعية الفسفور 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 و عندما تموت الكائنات الدقيقة و النباتات يعود الفوسفور ليتحرر ضمن الوسط المائي . إزالة الفوسفور من مياه المجاري ضمن أحواض النباتات ذات الجريان السطحي تربط باستهلاك النباتات للفوسفور و من ثم حصاد و قطع النباتات لتنمو من جديد ، كما أن بعض الفلزات المعدنية الموجودة ضمن وسط الحوض تزيل الفوسفور عبر الامتزاز أو الترسيب أو التبادل الشاردي ، و هذا يعتمد على طبيعة مادة الفلتر ضمن الحوض .إزالة الفوسفور من المياه الملوثة نحصل منها ما بين (150-30) كلغ في الهكتار و في السنة الواحدة [41].

النسبة بين كمية الفسفور والازوت في مياه الصرف عالية جذا بالمقارنة مع النسبة الموجودة في الكتلة الحيوية النباتية ،و الكمية نستطيع ارجاعها مهملة اقل من 10%[42] [43] [44].

المردود يكون عالي في الفترات الأولى من بداية التصفية ، و يتناقص مع مرور الوقت و ذلك لتشبع الحوامل .

I-3-8-4-آلية إزالة و فصل المعادن :

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

الطريقة الأولى:ترسب على شكل اكاسيد و كبريت 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 ،و عدم ترسبها مع المعادن الثقيلة على شكل هيدروكسيد الحديد.

I-3-8-5-إزالة الكائنات المجهرية من أصل الإنسان :

الكائنات المجهرية تنزع بالتصفية أو تموت طبيعيا أو بواسطة الأحماض البيولوجية التي تنتج من طرف جذور أو تحطم من المواد العضوية[45] .لوحظ في الأحواض الصغيرة $1m^2$ أحسن تنقية في الأحواض المزروعة مقارنة بالأحواض غير المزروعة ، زمن مكوث الماء في النظام شرط أساسي لتحسين التنقية في الأحواض الصغيرة [46].

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

البكتيريا الناتجة عن فضلات الإنسان توضع في أماكن تختلف عن أماكن نموها ،و لــهذا المكــوث عدة

أيام في شروط غير ملائمة للعيش يقلل من نموها ، و هذا يؤدي إلى موتها ، لوحظ أن هناك فرق في إزالة الكائنات الدقيقة من أصل إنساني بين فصلي الشتاء و الصيف وذلك لعدة عوامل منها :

- ميتابوليزم الكائنات الدقيقة مرتفع جدا في درجة الحرارة العالية .شروط الوسط غير ملائمة لتكاثر هذه الكائنات هذا الميتابوليزم يؤدي إلى انحلال سريع لهذة الكائنات الدقيقة.

- فعالية الميتابوليزم العام الذي يتناقص في فصل الشتاء في محيط الجذور مع انخفاض شديد لدرجة الحرارة و بالتالي نحصل على نقص في المواد المنتجة حيث يؤدي ذلك إلى نقص البكتريا

بعد معالجة المياه المشبعة بالبكتريا[47] .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 إنساني (coliforme) في فصل الصيف أعلى من 99 %، أما الفلتر الشاقولي المردود يكون ضعيف في إزالة هذه البكتريا ،و ذلك راجع لمدة مكوث المياه في الفلتر .إذا كان الهدف من

إزالة البكتريا يستعمل فلتر أفقي أو إضافة فلتر أفقي لحوض الشاقولي (نظام مهجن).

I-4- خلاصة:

إن المعالجة النباتية هي عبارة عن شكل من أشكال المعالجة البيولوجية حيث تعني استخدام نباتات معينة لها القدرة على التقليل من مستويات التلوث عن طريق آليات أيضية معينة يقوم بها النبات والتي تؤدي في الأخير إلى إزالة أو حجز أو تحليل الملوثات المختلفة إذن يمكن القول أن المعالجة بالنباتات لمياه الصرف الصحي تمثل تقنية فعالة أثبتت كفاءتها و قدرتها على تحقيق المواصفات المرغوبة لمياه الصرف عن طريق إنقاص نسبة الملوثات و العوامل الممرضة و الوصول إلى الحدود المسموحة لاستخدام المياه الناتجة عنها ،هذا بفضل النباتات المستعملة في هذه التقنية ، و من هنا يمكن تطوير هذه التقنية و بالتالي تطوير قطاع الصرف الصحي .

الفصل الثاني

طـــــــــــــــرق و أدوات

II-1- تقديم منطقة الدراسة(بسكرة):

الموقع الفلكي :

تقع فلكيا بين خطي طول 5 درجة و 6 درجة شرق خط غرينيتش ، بين دائرتي عرض 34 درجة و 35 درجة شمال خط الإستواء .

الموقع الجغرافي :

تقع مدينة بسكرة على بعد 450 كم جنوب شرق العاصمة الجزائر تبلغ مساحتها 21671 كلم^2 وهي محدودة من :

من الشمال ولا باتنة ومسيلة .

من الشرق ولاية خنشلة.

من الغرب ولاية الجلفة.

من الجنوب ولاية الوادي.

المناخ: يمتاز مناخها بأنه مناخ شبه جاف و مناخ جاف .

الشكل(06) : ولاية بسكرة.

II-2- منطقة أخذ العينة :

تم أخذ مياه الصرف الصحي المستعملة في هذا العمل من منطقة لبشاش (Lebchech) المتواجدة بجانب الثكنات العسكرية لبلدية بسكرة.

المصرف يجمع أغلبية النفايات المنزلية من منطقة بسكرة حيث قدر قطر القناة ب 1200 مم أما بالنسبة للتدفق فهو كبير و هذا وفقا للتقسيم الهيدروليكي للولاية .

الشكل (07): مصب مياه الصرف الصحي المنزلي (منطقة لبشاش)

II-1-2- الخصائص الفيزيائية و الكيميائية لمياه الصرف المستعملة :

pH	CE (Us/cm)	T C°	PO_4^{3-} (mg/l)	NH^{4+} (mg/l)	NO_3^- (mg/l)	NO_2^- (mg/l)	DCO (mg/l)
7.73	**4.97**	**18.8**	**2.329**	**3.523**	**2.54**	**0.273**	**131.2**

الجدول (05): الخصائص الفيزيائية و الكيميائية لمياه الصرف المستعملة.

II-3-محطة المعالجة:

تمت هذه التجربة على مستوى محطة المعالجة بالنباتات لكلية الهندسة المدنية و الري التي أنشأت سنة 2008 من طرف مخبر البحث العلمي LARGHYD.

الشكل (08): محطة المعالجة. .

II-4-المواد المستخدمة :

في هذا العمل استخدمنا المواد التالية :

II-1-4-الركيزة:

- يتم جمع الحصى و غربلتها للحصول على حصى ذات أقطار متفاوتة .

- تقسم الحصى على ثلاث مجموعات حسب قطرها .

- تغسل جيدا للتخلص من الطمي ، الأملاح والمواد العضوية ، النفايات ، الشحوم والمعادن الملتصقة بها بعد ذلك تنشر لتجف في الأخير يتم حفضها في صناديق.

و بذلك تكون جاهزة للإستعمال بصفة جيدة مسهلة للمعالجة و نتائجها و الجدول أدناه يبين خصائص مواد التعبئة :

المجموعة	نوع الركيزة	القطر	صور
الأولى	حصى خشن	2,5 / 4 cm	
الثانية	حصى متوسط	0,5/1,5 cm	
الثالثة	حصى صغير	0,2/0,5 cm	

الجدول (06): خصائص مواد التعبئة .

II-2-4- الأحواض:

من أجل تحقيق هذه التجربة استخدمنا أحواض ذات شكل أسطواني مصنوعة من مادة البلاستيك ، ذات قطر يساوي 40 سم و سعة تساوي 28.5 لتر.

الشكل (09): حوض .

II-3-4-أنبوب PVC:

الأنبوب البلاستيكي بطول 20 سم ،به عدة ثقوب يزرع عموديا في حوض المرشحات لضمان التهوية وتسهيل قياس المعايير الفيزيائية الكيميائية.

يتم تثبيت الأنبوب بفضل تركيب عدة طبقات متراكبة من الحصى بأقطار مختلفة (من الأكبر إلى الأصغر) ، ومحاط بغشاء ذو مسامات صغيرة لمنع تغلغل العناصر الخشنة.

الشكل (10): أنبوب.

II-4-4- صنبور:

صنبور من مادة البلاستيك يوضع في قاع الخزان لتفريغ الماء.

الشكل (11): صنبور.

II-5- اختيار النبات:

لاختيار النبات المراد زرعه لدينا خمسة معايير مهمة وهي:

- التكيف مع الظروف المناخية المحلية طول دورة النمو.
- سرعة النمو.
- سهولة الحصول عليه و نقله وكفاءة النبات.

يعتمد عملنا أساسًا على Juncus effusus : و هو نوع نباتي ينتمي إلى جنس الأسيل Juncaceae من الفصيلة الأسيلية .
أما النبات الثاني و هو Phragmites: نوع نباتي ينتمي إلى جنس القصب Phragmites من الفصيلة النجيلية .
و هما من النباتات التي تتميز بشكل خاص بأنظمة جذور نشطة جدًا وقادرة على تحمل الظروف الصعبة و قد أخذت هذه النباتات من أماكن محلية ببسكرة ، النوع الأول أخذ من المعهد التقني للفلاحة الصحراوية ITDAS أما النوع الثاني من جنان لاندو LANDO.

الشكل (12): نبات السمار

الشكل (13): نبات القصب .

II-6- طريقة العمل داخل المحطة :

II-6-1- تحضير النبات:

تم جلب نبات السمار و نبات القصب في مرحلة متوسطة من نموه حيث نظفت جذوها بعناية ، ثم وضعت في الماء من أجل تطور جذورها، مع مراعاة تغيير الماء من يوم لأخر و مراقبة تكيفها من أجل سيرورة العمل .الصورتين أدناه توضحان المرحلة الأولى للنبات قبل البدء في العمل :

الشكل (14):تحضير نبات السمار.

الشكل (15):تحضير نبات القصب.

الشكل (16): ظهور جذور جديدة للنبات (رشيم).

II-6-2-تحضير الأحواض:

لأجل هذا العمل استعملنا خمس أحواض أسطوانية متطابقة ذات قطر يساوي 40 سم ، وضع في كل من هذه الأحواض صنبور بلاستيكي على بعد سم من قاع الحوض و أيضا قمنا بوضع في كل منها أنبوب PVC لغرض التهوية و تسهيل أخذ العينات .

الشكل (17): أحواض الدراسة.

II-6-3- ملأ الأحواض و الغرس :

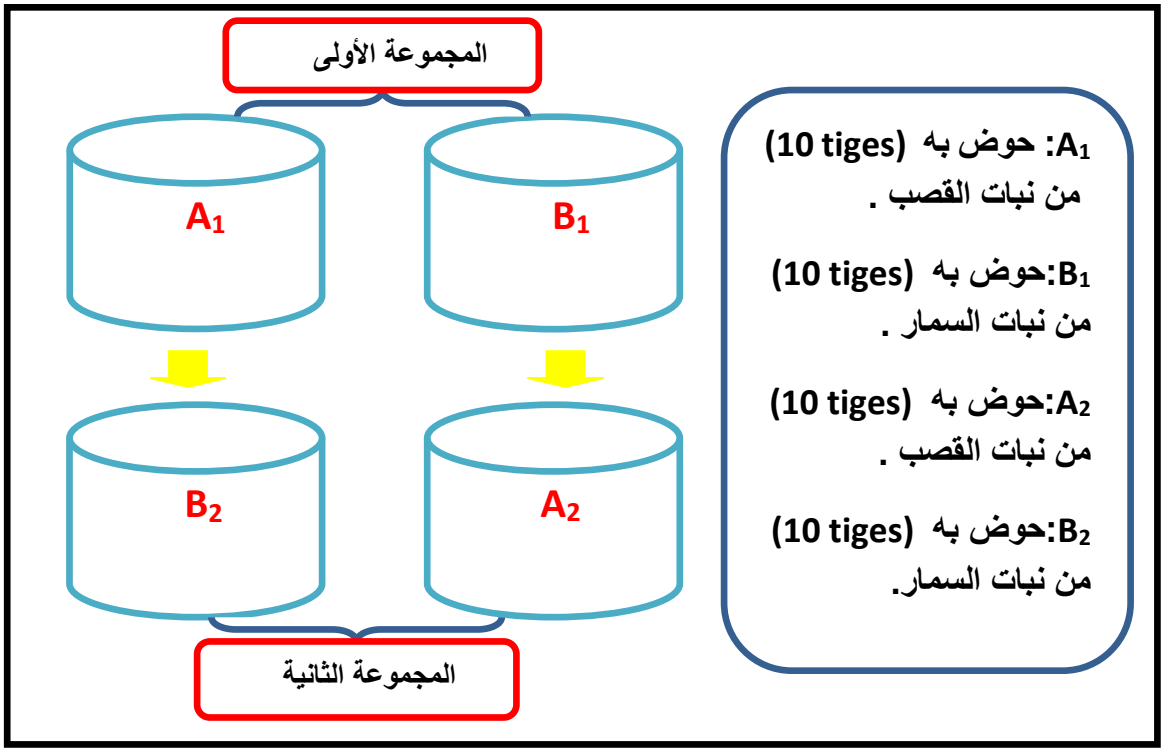
نقوم بملأ الأحواض بالحصى من الأسفل إلى الأعلى حسب قطرها حيث توضع الحصى ذات القطر الأكبر في الأسفل تماما و تليها الحصى ذات القطر المتوسط فالأصغر ، و بينما يتم وضع الحصى يتم وضع النبات أيضا

الطبقة	صورة
الأولى : **الحصى الكبيرة تحت الصنبور**	
الثانية : **حصى خشن(gros)**	
الثالثة: **الحصى المتوسط (moyen)** **+النبات**	
الرابعة : **حصى ناعم (fin) لتغطية** **جذور النبات**	

الجدول (07): وضع الركيزة و الغرس .

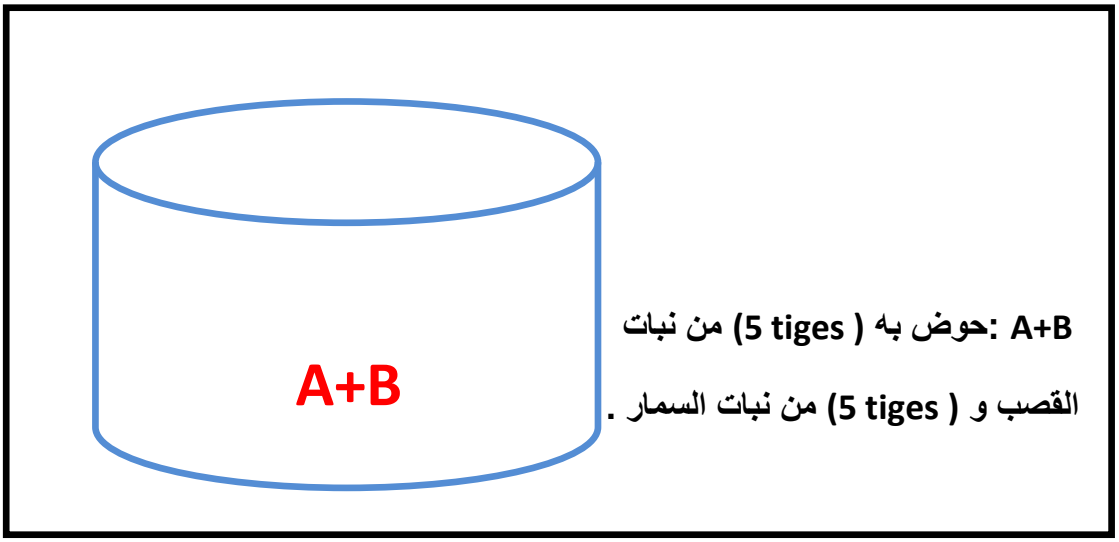
تم وضع النبات في الأحواض على طريقتين : الطريقة الأولى التي تم وضع النبات بالتسلسل في أربع أحواض ، أما الطريقة الثانية وهي التي تم وضع النبات بالتوازي في حوض واحد .

الطريقة الأولى:



المخطط (02): الطريقة الأولى (بالتسلسل).

الطريقة الثانية:



المخطط (03): الطريقة الثانية (بالتوازي).

II-6-4 السقي و أخذ العينات :

يتم تزويد الأحواض بالمياه المستعملة الحضرية بعد المعالجة الأولى الفيزيائية .

في اليوم الأول نقوم بسقي كل من **A_1** ، **B_1** و **A+B** و أخذ العينات من هذه الأحواض يكون كالتالي:

- بعد مرور يومين نقوم بأخذ العينة الأولى .
- بعد مرور سبعة أيام نأخذ العينة الثانية .

في اليوم التي نأخذ فيه العينة الثانية نقوم بنقل المياه الموجودة في الحوضين **A_1**، **B_1** إلى الحوضين **B_2**، **A_2** بالترتيب

(**$B_2 \leftarrow A_1$**) (**$A_2 \leftarrow B_1$**) ثم تكرر عملية أخذ العينات مع الحوضين **B_2**، **A_2** فقط .

الحوض	تاريخ السقي	وقت السقي	تاريخ أخذ العينة 01	تاريخ أخذ العينة 02
A_1	2020/02/25	8:00 صباحا	2020/02/27	2020/03/03
B_1	2020/02/25	8:00 صباحا	2020/02/27	2020/03/03
A+B	2020/02/25	8:00 صباحا	2020/02/27	2020/02/03
B_2	2020/03/03	8:00 صباحا	2020/03/05	2020/03/10
A_2	2020/03/03	8:00 صباحا	2020/02/05	2020/03/10

جدول (08): وقت و تاريخ سقي و أخذ العينات.

II-7-بروتوكول التحاليل :

II-7-1- تحديد الاورتوفوسفات PO_4^{-3} :

طريقة العمل :

المتفاعلات و الأجهزة :

- **كاشف ملون :**

أ. اذابة 13غ من هيبتامولبيبدات الامونيوم في 100 مل من الماء المقطر

ب. اذابة 0.35غ من ترتراتالانتيمون في 100مل من الماء المقطر

ت. تخفيف 150غ من حمض الكبريت المركز مع 150مل من الماء المقطر

نمزج ا+ب+ت =500 مل هذا الحل مستقر لمدة شهرين اذ يتم الاحتفاظ به في كوب زجاجي مغلق جيدا ودرجة حرارة 4˚

- **حمض الاسكوبيك:**

نزن 10غ من حمض الاسكوبيك في 100مل من الماء القطر هذا التفاعل مستقر لمدة اسبوع

المحلول الام 50مغ/ل من ايونات PO_4^{+3}

ندوب 0.2197 غ من $KH_2PO_4^{+3}$ (فوسفات احادي البوتاسيوم) في 800مل من الماء المقطر + 10مل من حمض الكبريت % 20 وتكمل إلي 1000مل هذا التفاعل مستقر لمدة أسبوع واحد.

- **المحلول البنت 2مغ/ل من ايون PO_4^{+3}**

نخفف المحلول الأم 50مغ/ل من ايونات PO_4^{+3} إل 500/20مل نحضر هذا المحلول في وقت العمل

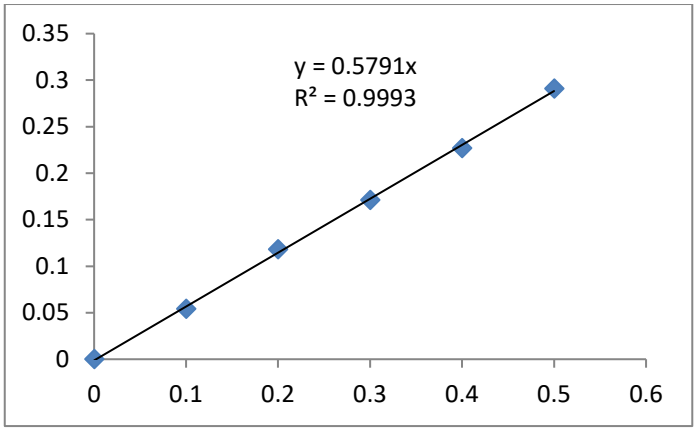
الجهاز Spectrophotomètre UV-VISIBLE:

منحنى المعايرة:

محلول بنت 1مغ/ل	0	2	4	6	8	10
ماء مقطر	40	38	36	34	32	30
حمض الاسكوبيك	1	1	1	1	1	1
تفاعل مختلط	2	2	2	2	2	2
انتظار 10 دقائق						
$[PO_4^{+3}]$بمغ/ل	0	0.306	0.612	0.918	1.224	1.530

الجدول (09):منحنى المعايرة (تحديد الاورتوفوسفات)

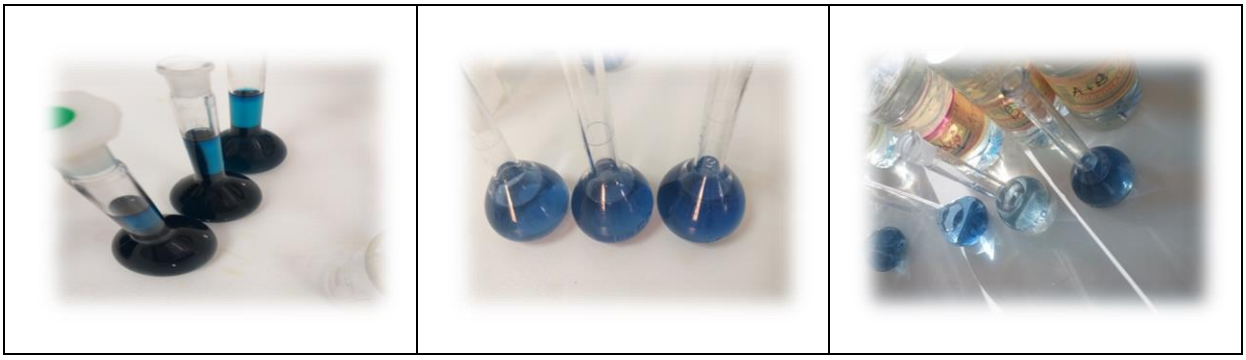
التركيز (مغ/ل)	أ ب ت (880نانومتر)
0	0
0.1	0.054
0.2	0.118
0.3	0.171
0.4	0.227
0.5	0.291



-الشكل(18): منحنى معايرة الفوسفات.

طريقة التحضير :

في قارورة حجمية نأخذ 40 مل من الماء المحلل باستخدام ماصة نضيف 1 مل من حمض الاسكوبيك (d'acideascorbique) + 2 مل من المحلول المختلط و ننتظر لمدة 10 دقائق ، ظهور اللون الأزرق يشير إلى وجود ال PO_4^{+3} ب مغ/ل . أداء القراءة في 880 نانومتر .



الشكل (19): مراحل تحديد الاورتوفوسفات .

II-7-2- تحديد النيترات:

طريقة العمل:

المتفاعلات و الأجهزة :

الكواشف :

أ- محلول ساليسيلات الصوديوم 0.5 %

نقوم بإذابة 0.5 غرام من ساليسيلات الصوديوم في الماء و نكمل بالماء المقطر إلى ما يصل إلى 100مل ، تحزن في زجاجة (يتم تحضير هذا المحلول يوميا في وقت الاستخدام).

ب- محلول هيدروكسيد الصوديوم 30%

نقوم بإذابة 30غرام من هيدروكسيد الصوديوم في الماء و نكمل بالماء المقطر ما يصل إلى 100 مل .

ج- محلول (tartrate double de sodium et de potassium)

نقوم بإذابة 400 غرام من هيدروكسيد الصوديوم في دورق سعة 1000 مل ، نضيف 60 غرام من (tartrate double de sodium et de potassium) يترك ليبرد و يخزن في زجاجة من البولي إيثيلين.

د- حامض الكبريت المركز (H_2SO_4)

ه- مخزون محلول الينترات عند 1000 مغ/ل قم بإذابة 1.37 غرام من ينترات الصوديوم في الماء و نكمل بالماء المقطر إلى ما يصل إلى 1000 مل.

و- محلول نيترات الابنة القياسي 10مغ /ل نخفف 10مل من محلول المخزون إلى 1000مغ/ل و نكمل إلى 1000 مل بالماء المقطر .

الأدوات :

- ميزان تحليلي دقة 0.1 ميكروغرام .

- ماصات 1 مل ، 2 مل ، 5 مل ، 10 مل .

- جهاز spectophotometre UV-V.

- فرن للتجفيف .

- دورق مخروطي .

- دورق كروي .

- مخبار مدرج .

المعايرة :

في سلسلة قوارير حجميه سعة 100 مل

رقم القارورة	T	1	2	3	4	5	6
محلول الابنة NO3- عند 10 مغ/ل (مل)	0	1	2	4	6	8	10
ماء مقطر (مل)	10	9	8	6	4	2	0
انسجام النيترات (مغ/ل)	0	1	2	4	6	8	10

Na OH %30	3 قطرات	3 قطرات	3 قطرات	3 قطرات	3 قطرات	3 قطرات	3 قطرات
محلول ساليسيلات الصوديوم (مل)	1	1	1	1	1	1	1
التبخر حتى يجف عند 80 درجة مئوية							
H2SO4 المركز (مل)	2	2	2	2	2	2	2
ننتظر 10 دقائق							
Tartrate double de Na et K (ml)	15	15	15	15	15	15	15

الجدول (10):جدول المعايرة (تحديد النيترات).

طريقة التحضير :

نأخذ 10مل من الماء المراد تحليله نضيف 3 قطرات من محلول هيدروكسيد الصوديوم 30% ، نضيف 1 مل من محلول يساليسيلات الصوديوم 0.5% تأخذ العينة إلى فرن عند درجة حرارة 80°C لمدة 24 ساعة .

بعد مرور 24 ساعة نخرج العينة و نضيف إليها 2 مل من حمض الكبريتيك المركز نتركه لمدة 10 دقائق بعدها نضيف 15 مل من الماء المقطر و 15 مل من tartrate double de sodium et de potassium .

القراءة تكون بإستخدام مقياس طيف مرئي للأشعة فوق البنفسجية بطول موجة 415 نانومتر .

الشكل (20): مراحل تحديد النيترات.

النتائج تعرض بواسطة مباشرة بجهاز spectophotometre UV-V ب (ملغ/لتر).

II -7-3- تحديد النيتريت:

طريقة العمل:

المتفاعلات و الأجهزة :

الكواشف :

أ- كاشف مختلط :نقوم بإذابة 40 غرام من (amino -4 benzène sulfonamide(NH2C6H4SO2NH2)) في خليط من حمض الفوسفوريك و 500 مل من الماء .

نضيف 2 غرام من ثنائي هيدروكلوريد-N-(naphtyl-1)diamino -1,2 éthane(C10H7NH-CH2-CH2-NH2-2HCLl) بعدها نكمل إلى 1000مل بالماء المقطر .

هذا المحلول يدوم حتى شهر كامل إذا تم تخزينه بين 2 و 5 درجة مئوية

ب-المحلول القياسي للنتريت 100 مغ/ل، نقوم بإذابة 0.5 غرام من نتريت الصوديوم (تجفف عند 105 درجة مئوية لمدة ساعتين على الأقل) في 1000مل من الماء المقطر .

ج- محلول الابنة القياسي من النيتريت 1مغ/ل ، بإستجدام ماصة ، نأخذ 1 مل من محلول النتريت القياسي تركيز 100 مغ /ل ، ننقله إلى دورق سعة 100 مل و نكمل الحجم بالماء المقطر هذا المحلول يتم تحضيره في يوم الاستخدام .

المعايرة :

في سلسلة من 50 مل من القوارير الحجمية ، ضيف بإستعمال ماصة أحجام المحلول القياسي من النتريت 1مغ /ل ، كما موضح في الجدول أدناه ، نضيف الماء المقطر إلى محتويات كل دورق ، ثم نضيف 1مل من الكاشف المختلط و ننتظر 20 دقيقة على الأقل .

ظهور اللون الوردي يشير إلى وجودNO_2. ، في الأخير نقوم بقياس امتصاص كل معيار عند موجة طولها 540 نانومتر

محلول بنت 1مغ/ل	0	1	2	5	20	40
ماء مقطر (مل)	50	49	48	45	30	10
محلول مختلط(مل)	1	1	1	1	1	1
انتظار 20 دقيقة						
$[NO_2^-]$ مغ/ل	0	0.02	0.04	0.1	0.4	0.8

الجدول (11):جول المعايرة (تحديد النتريت).

طريقة التحضير :

نأخذ 50مل من العينة ، نضيف 1 مل من الكاشف المختلط (أ) و ننتظر أقل من 20 دقيقة يشير اللون الوردي إلى و جود NO2 ، في الأخير نقوم بقياس امتصاص كل معيار بطول الموجة 540 نانومتر .

الشكل (21): مراحل تحديد النيتريت.

النتائج تعرض بواسطة مباشرة بجهاز spectophotometre UV-V ب (ملغ/لتر).

II -7-4- تحديد االامونيوم :

طريقة العمل:

المتفاعلات و الأجهزة :

الكواشف :

أ - كاشف ملون : نقوم بإذابة 130 غرام من ساليسيلات الصوديوم و 130 غرام من (citrate de soduim trisodique di hydrate) في الماء الموجود في دورق سعته 1000 مل و نضيف 0.97 غرام من نيتروبرسيد الصوديوم و نكمل بالماء المقطر حتى 1000 مل .

ب - محلول ثنائي كلورو إيزوسيانورات الصوديوم نقوم بإذابة 32 غرام من هيدروكسيد الصوديوم في 500 مل من الماء و نتركها حتى تبرد إلى درجة حرارة الغرفة ، نضيف 2 غرام من ثنائي كلورو إيزوسيانورات رطب ، نكمل بالماء المقطر حتى 1000 مل .

ج - محلول الأمونيوم القياسي 100مغ/ل ،في 1000 مل من الماء المقطر نقوم بإذابة 0.297غرام من كلوريد الأمونيوم (تجفف عند 105 درجة مئوية لمدة ساعتين على الأقل) .

محلول الأمونيوم القياسي للابنة 1 مغ /ل ، باستخدام ماصة نأخذ 1 مل من محلول الأمونيوم القياسي 100 مغ/ل ، تصب في دورق سعته 100 مل و نكمل بالماء المقطر حتى 100 مل

المعايرة :

في سلسلة من قوارير حجمية سعة 50 مل ، ندخل باستخدام ماصة أحجام محلول الابنة القياسي 1 مغ/ل من الأمونيوم و نضيف الماء المقطر لكل دورق .

نأخذ 40مل من كل محلول ثم نضيف 4 مل من الكاشف الملون و 4 مل من ثنائي إيزوسيانورات الصوديوم ، ننتظر حتى يتطور اللون ، بعد مرور 60 دقيقة نقوم بإجراء القياسات بجهاز spectrophotométrie UV بطول موجة 655 نانومتر .

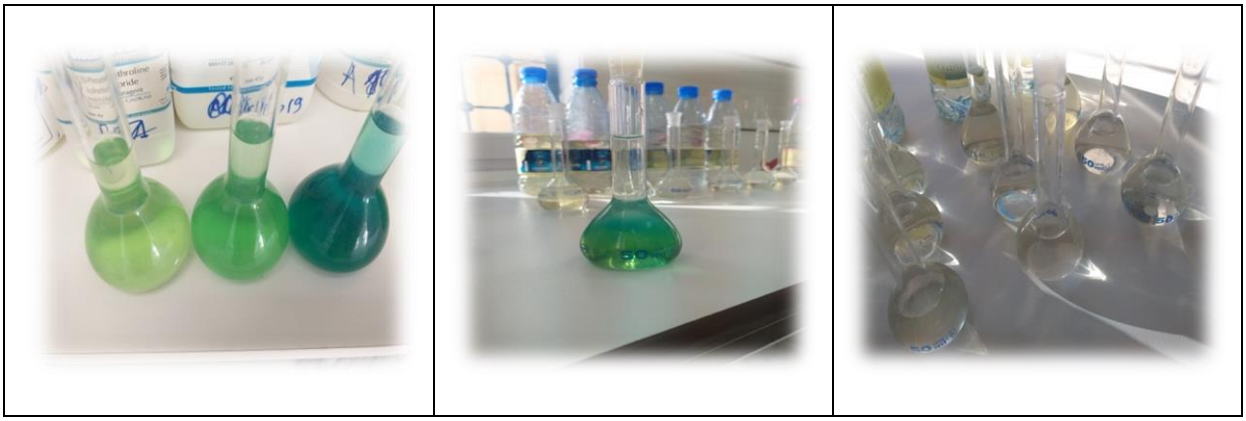
محلول الابنة 1مغ/ل	0	1	2	3	4	5	25	50

ماء مقطر(مل)	50	49	48	47	46	45	25	0
كاشف ملون (مل)	4	4	4	4	4	4	4	4
كاشف ثنائي كلورويسوسيانورات (مل)	4	4	4	4	4	4	4	4
انتظار مرور 60 دقيقة								
$[NH_4^+]$ (مغ/ل)	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1	0.5	1

الجدول (12):جدول المعايرة (تحديدالامونيوم).

طريقة التحضير:

نأخذ 40 مل من العينة لتحليلها نضيف بالترتيب 4 مل من الكاشف اللوني المتجانس ثم 4 مل من ثنائي كلوروإيزوسيانورات الصوديوم ، ننتظر حتى يتطور اللون ، بعد 60 دقيقة على الأقل نقوم بأخذ القياسات عند الطول الموجي 655 نانومتر .



الشكل (22): مراحل تحديد الامونيوم.

الشكل (23): جهاز(spectrophotométrie UV-Visible) .

II-7-5- تحديد الطلب على الأكسجين الكيميائي DCO:

الطلب على الأكسجين الكيميائي هو مقياس لكمية الأكسجين الضروري للتحلل الكيميائي لجميع المواد العضوية القابلة للتحلل أو الغير قابلة للتحلل الموجودة في الماء

يتم قياسه باستخدام مقياس الطيف الضوئي باستخدام المعادلة التالية :

$$DCO= 336*\lambda 254-0.95*R \quad , \quad R=48.8$$

الشكل (24): جهازspectrophotométrie UV-Visible

II-7-6- قياس الأس الهيدروجيني pH:

طريقة العمل :

- ضبط الجهاز.
- تشغيل جهازpH متر .
- غسل القطب بالماء المقطر .
- نضع داخل كأس بيشر صغير محلول pH =7.
- ضبط جهاز الرج على أقل سرعة.
- 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 100 مل من العينة و نضعها 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.

II-7-7- قياس الناقلية الكهربائية :

طريقة العمل:

- نغسل القطب بالماء المقطر .

- ندخل القطب داخل كأس بيشر المحتوي على العينة .
- نقرأ قيمة الناقلية الكهربائية مباشرة من الجهاز عند استقرارها.

الشكل (25): جهاز pH/ORP et CE/NaCL mètre.

II-7-8- قياس درجة الحرارة :

في قياس الحرارة استعملنا جهاز متعدد القياسات analyseur multi paramètres.

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

II-7-خلاصة:

لقد حاولنا في هذا الفصل أن نقدم المواد و طريقة العمل التي استخدمت خلال هذه الدراسة و من ناحية أخرى إعطاء نظرة عامة و مفصلة عن المراحل التي أجريت (الملء ،الزرع ، أخذ العينات و أخذ القياسات الفيزيائية و الكيميائية للمياه العادمة التي تدخل و تحرج من المرشحات المزروعة .

الفصل الثالث

نتـــــــــــائج و مناقشة

III-1- مقدمة:

في هذه التجربة قمنا باختيار مدى قدرة نبات phragmite و نبات juncus effusus على إزالة الملوثات من خلال غرسهما بطريقتين مختلفتين الأولى بالتسلسل و الثانية بالتوازي ، الهدف من هذه التجربة هو إظهار أي الطريقتين أفضل لتصفية المياه المستعملة لاستعمالها مجددا .

نتائج المعالجة مدونة فالجدول أدناه:

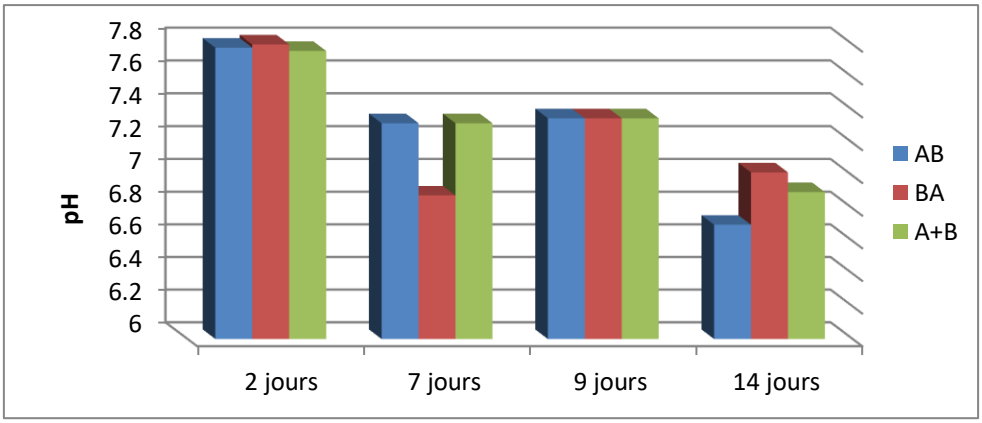
الوسائط	عدد العينات	AB	BA	A+B
pH	4	6.7	7.02	6.9
CE	4	10.35	10.8	9.81
NO_2^-	4	0	0	0.05
NO_3^-	4	0	0	0
PO_4^{3-}	4	0	0	0
NH_4^+	4	0.125	0	0.147
DCO	4	49.888	51.568	51.232

الجدول (13):النتائج المتحصل عليها للوسائط المقاسة عن نهاية الدراسة .

III-2-مناقشة النتائج:

III-2-1- تطور الأس الهيدروجيني pH:

من خلال الشكل (26) نلاحظ أن ال pH ينخفض في المياه المعالجة في مختلف الأحواض مقارنة بالمياه المستعملة ينخفض بمعدل 7.73 إلى 6.7 ، 7.02، 6.9 بالنسبة للأحواض المزروعة (phragmite، juncus effusus) ، (phragmite، juncus effusus) و (phragmite+juncus effusus). على التوالي .



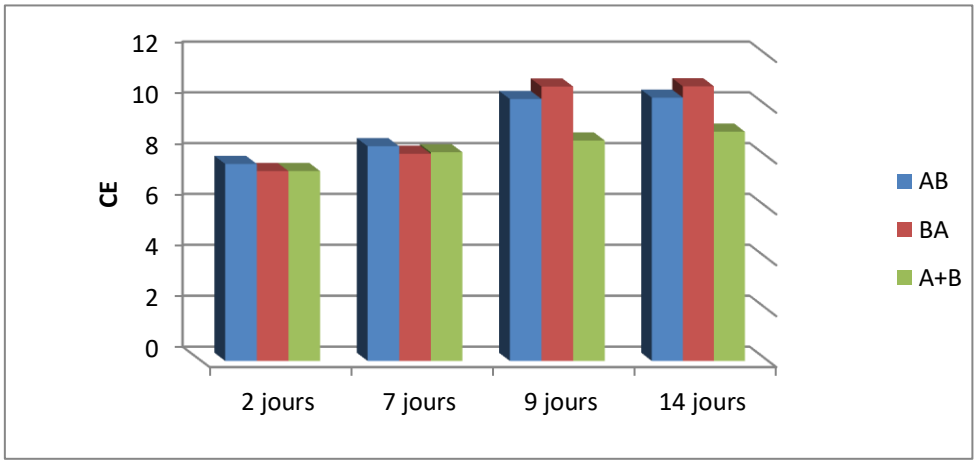
الشكل (26): تغير الpH

نلاحظ انخفاض خفيف في الأس الهيدروجيني بمرور الأيام ليصبح الوسط حمضي ، عدة عوامل تفسر هذا الانخفاض(حموضة الوسط) منها أكسدة النتريت ، أكسدة الDCO ، ينتج عنها CO_2 يؤدي بدوره إلى حموضة الوسط و أكسدة النتريت إلى نترات، و يؤدي بدوره إلى حموضة الوسط و يعود إلى سبب ذلك إلى :

- تجمع الهيدروجين نتيجة نشاط البكتيريا المسؤولة على النترجة من طرف البكتيريا .
- إنتاج أيونات H^+ من طرف النباتات لتعويض بعض الكاتيونات الداخلة في التغذية المعدنية للنبات .
- إنتاج بعض الإفرازات (أحماض عضوية) من طرف جذور النبات .

III-2-2- تطور الناقلية الكهربائية CE:

الناقلية الكهربائية في الأحواض تتزايد بمرور الأيام و بالتالي هي دائما أكبر من ناقلية المياه المستعملة ، تتزايد بمعدل4.97mS/cm إلى 10.8،10.35 و 9.01 بالنسبة للأحواض (AB)(BA)و (A+B) على التوالي .

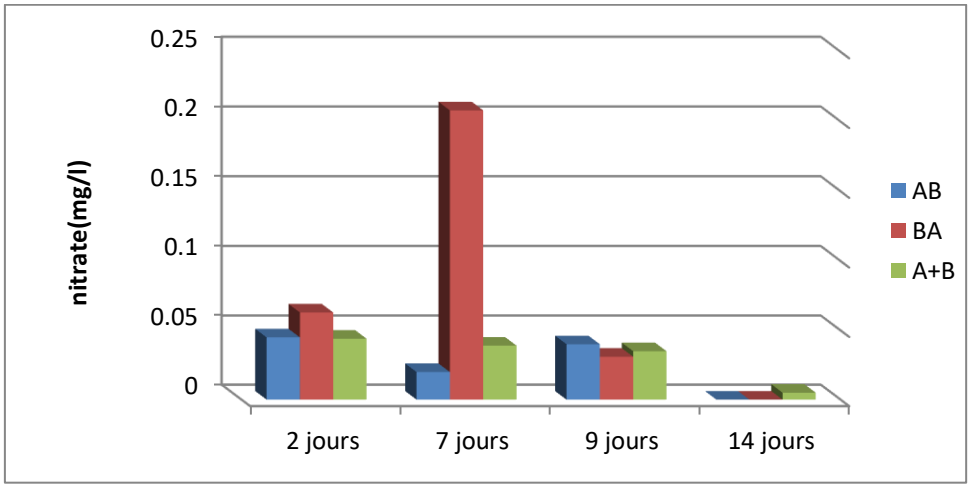


الشكل (27): تغير الناقلية الكهربائية CE

يعود سبب ارتفاع الناقلية الكهربائية نتيجة تحول المواد العضوية إلى مواد معدنية .

III-2-3- تطور النتريت :

تركيز النتريت في المياه المستعملة يتغير مع الزمن بمردور تنقية يصل إلى 100% ،100% و88.6% بصفة عامة تركيز النتيرت في المياه المستعملة يتغير و يكون أكبر من تركيز NO_2^- في المياه المعالجة حيث ينخفض تركيز NO_2^- 0.273ملغ/ل في المياه المستعملة إلى 0 ، 0 و 0.05 في الأحواض (AB)(BA)و (A+B) على التوالي .

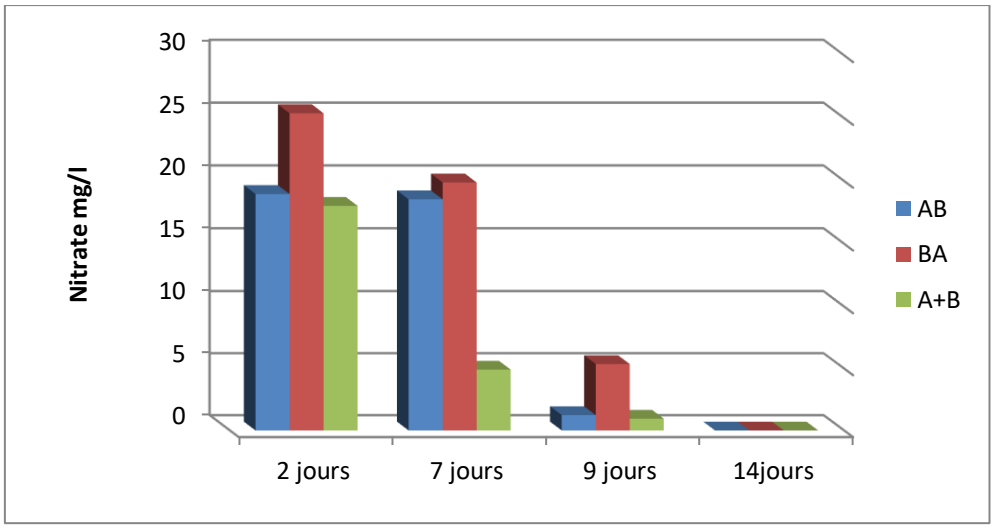


الشكل (28): تغير النتريت NO_2^-.

انخفاض NO_2^- يعود إلى طبيعة النبات المستخدم (نبات ذو أوراق) هذه النباتات لها خاصية امتصاص O_2 من الجو و يتم نقله عن طريق الأوراق إلى السيقان إلى الجذور ،هذا الأكسجين ينشط البكتيريا التي تعمل على تحويل NO_2^- إلى NO_3^- في منطقة الجذور تسمى هذه العملية بالنترجة .

III-2-4- تطور النيترات:

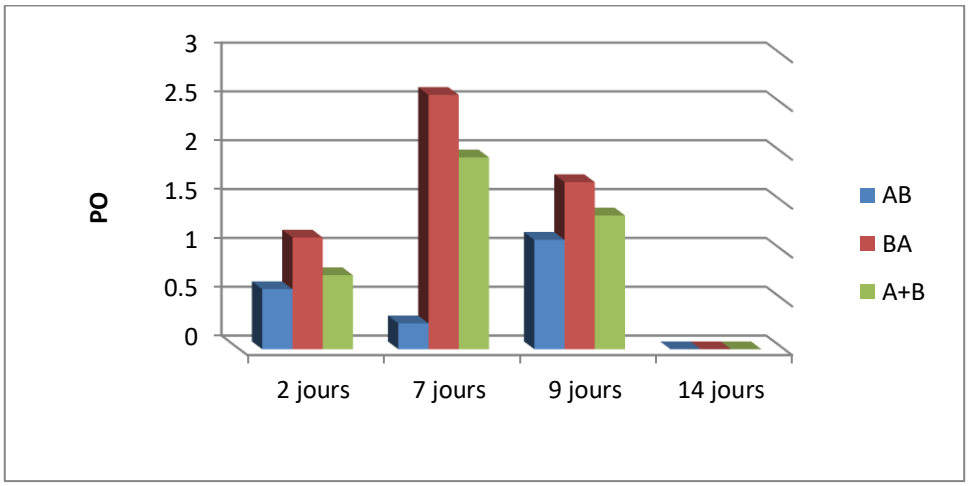
من خلال الشكل أدناه نلاحظ أن تركيز النيترات يتناقص في الأحواض المعالجة مقارنة بالمياه المستعملة حيث ينخفض تركيز NO_3^- من 2.45 ملغ/ل إلى 0 ملغ/ل في جميع الأحواض .



الشكل (29): تغير النيترات NO_3^-.

III-2-5- تطور الأورتوفوسفات:

نلاحظ انخفاض في تركيز مقارنة بالمياه المستعملة

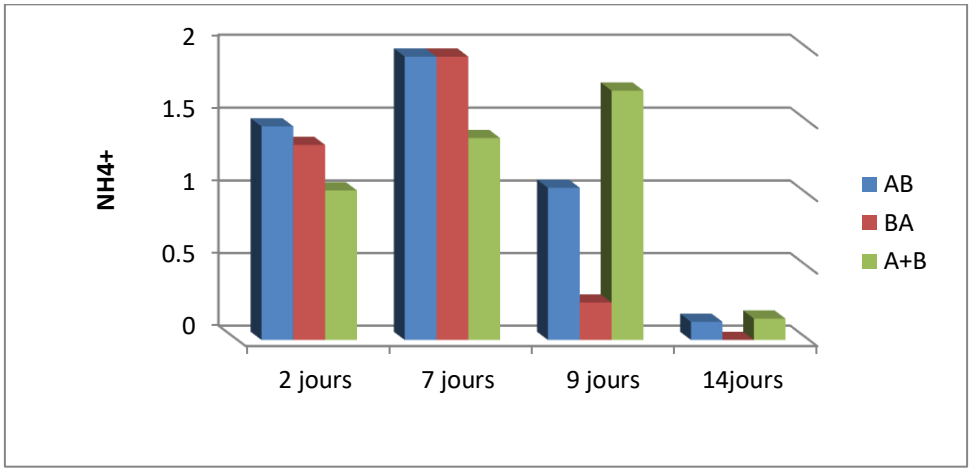


الشكل (30): تغير الأورتوسفات PO_4^{3-}.

انخفاض تركيز الفوسفور في المياه المعالجة يعود إلى نوعية الحصى، تساعد على امتصاص PO_4^{3-} ، ارتفاع إزالة أورتوسفات في الأحواض سببه تفاعل البكتيريا و النبات و امتصاص PO_4^{3-} من طرف النبات لاحتياجاته الفيزيولوجية.

III-2-6- تطور الأمونيوم:

الشكل (31) يبين أن محتوى NH^{4+} في مياه الصرف الخام يتناقص مع مرور الزمن في الأحواض المزروعة حيث ينخفض بمعدل 3.523ملغ/ل إلى 0.125 ،0 و 0.147 ملغ/ل في الأحواض (AB)(BA)و(A+B) على التوالي .

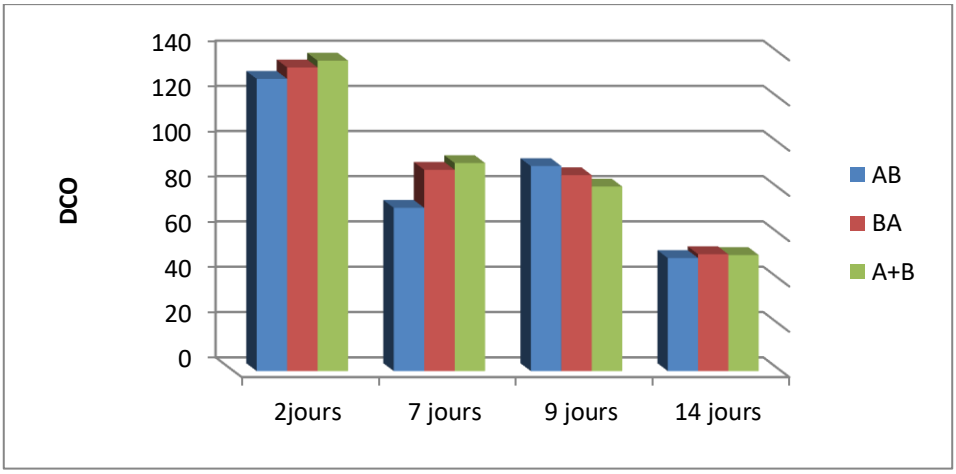


الشكل (31):تغير الأمونيوم NH^{4+} .

انخفاض تركيز NH^4 يعود إلى تحول النيتروجين إلى نيتريت ثم إلى نيترات وفقا للعوامل الفيزيائية .

III-2-7- تطور الطلب الكيميائي للأكسجين:

الشكل32يبين تطور الطلب الكيميائي للأكسجين DCO ،التركيز ينخفض في المياه المعالجة مقارنة بالمياه المستعملة بمعدل 146.32ملغ/ل إلى 95.92،76.096و 88.528 ملغ/ل في الأحواض (AB)(BA)و(A+B)على التوالي .



الشكل (32): تغير DCO.

انخفاض الDCO سببه وجود النبات الذي يوفر شروط فيزيولوجية يؤمن الأكسجين للوسط عن طريق الأوراق إلى السيقان بواسطة الكائنات البكتيرية التي تسبب أكسدة DCO.

III-3 - خلاصة:

حاولنا في هذا الفصل المقارنة أي الطريقتين التي قمنا بزراعة كل من نبات (phragmite) و نبات(juncus effusus)

بها في تصفية المياه المستعملة إلا أن النتائج متقاربة جدا و مشجعة لاستعمال الأحواض المغروسة لهذا الغرض ، إذن نسبة النشاط متقاربة في الطريقتين .

الخـــــــــــــاتمة

خاتمة :

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

لهذا قمنا بتحضير أحواض تجريبية وضع بها نبات القصب phragmite و نبات السمار junsus effusus لتحديد دورهما خلال التجربة التي 14 يوم من 2020/02/25إلى غاية 2020/30/2/10 .

يظهر عملنا هذا بوضوح قدرة كل من نبات القصب phragmite و نبات السمار junsus effusus على تنقية مياه الصرف الصحي سواء كانا مزروعين على التوالي أو بالتوازي بالنسبة :

التلوث العضوي الآزوتي حيث وصلت نسبة إزالة NO_2^- 100% في الحوضين (BA)،(AB) و 81.68% في الحوض (A+B) و إزالة NO_3^- 100% في حميع الأحواض .

التلوث العضوي الفوسفوري حيث وصلت نسبة إزالة PO_4^{3-} 100% في الحالتين .

التلوث العضوي حيث وصلت نسبة إزالة DCO 62%، 60.69% و 60.95% في الأحواض (BA)،(AB) ،(A+B) على التوالي .

أظهرت النتائج المتحصل عليها أن نسبة النشاط متساوية في كلا الحالتين و هما طريقتين ناجحتين في هذا المجال ، كما أن النوعين المستخدمين في الدراسة لهما فعالية كبيرة في المعالجة .

الطريقتين التي زرعت بهما كل من phragmite وjunsus effusus في هذه الدراسة أثبتتا كفاءتهما و قدرتهما على تحقيق المواصفات المرغوبة لتنقية مياه الصرف الصحي عن طريق إنقاص نسبة الملوثات و العوامل الممرضة و الوصول إلى الحدود المسموحة لاستخدام المياه الناتجة من أحواض المعالجة بالنباتات .

المراجع:

المراجع باللغة العربية:

[12] أبو سعد م. نجيب ابراهيم ،200، التلوث البيئي و دور الكائنات الدقيقة ايجابيا و سلبيا دار الفكر العربي - القاهرة ، ص:6-132

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

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

[23] عبد الرزاق التركماني ،(2009)

[25] عبد الرزاق التركماني ،(2009)محطات المعالجة بالنباتات ، دليل تخطيط و تصميم و تنفيذ محطات المعالجة بالنباتات ،شبكة خبراء المياه السوريين ، ص : 22-28

[33] (حوراء م -2017)

المراجع باللغة الأجنبية :

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

[2] 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

[3] 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.

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

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

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

[7] 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

[8] 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

[9] 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.

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

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

[13] 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

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

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

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

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

[20] 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.

[21] 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

[22] Laatra.(M,2013)

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

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

[27] Riemer,1989

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

[29] 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.

[30] 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.

[31] 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.

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

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

[35] 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.

[36] 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.

[37] 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.

[38] 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

[39] 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.

[40] 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.

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

[42] 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.

[43] 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.

[44] 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.

[45] 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

[46] 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

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