Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Civil et d'Hydraulique

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies
Hydraulique
Hydraulique Urbaine

Réf. : HU 44

Présenté et soutenu par :
FARADJI Bélgacem

Le : samedi 23 juin 2018

دور ركيزة المرشحات النباتية في إزالة الرصاص من المياه المستعملة

Jury :

Mme.	REZEG Assia	MCA	Université de Biskra	Président
Mme.	MIMECHE Leila	MCA	Université de Biskra	Rapporteur
Pr.	YOUCEF Leila	MCA	Université de Biskra	Examinateur

Année universitaire : 2017 - 2018

كلمة شكر

"الحمد لله ما دام الوجود له حمدا يبلغنا منه الرضا أبدا"

ثم لا بد لنا و نحن نخطو خطواتنا الأخيرة في الحياة الجامعية من وقفة نعود بها الى أعوام قضيناها في رحاب الجامعة مع أساتذتنا الكرام الذين قدموا لنا الكثير باذلين بذلك جهودا كبيرة في بناء جيل الغد لتبعث الأمة من جديد

و قبل أن نمضي نقدم أسمى آيات الشكر و الامتنان و التقدير و المحبة إلى الذين حملوا أقدس رسالة في الحياة

إلى الذين مهدوا لنا طريق العلم و المعرفة

إلى جميع أساتذتنا الأفاضل

"كن عالما . . فإن لم تستطع فكن متعلما ، فإن لم تستطع فأحب العلماء ، فإن لم تستطع فلا تبغضهم"

و أخص بالتقدير و الشكر:

الدكتورة و الأستاذة الفاضلة :"ميمش ليلى"

و كذلك نشكر كل من ساعد على اتمتم هذا البحث و قدم لنا العون و مد لنا يد المساعدة و زودنا بالمعلومات اللازمة لإتمام هذا البحث

إلى من زرعوا التفاؤل في دربنا و قدموا لنا المساعدات و التسهيلات و الأفكار و المعلومات، ربما دون شعورهم بذلك فلهم منا كل الشكر

الاهداء

إلى من جرع الكأس فارغا ليسقيني قطرة حب

إلى من كلت أنامله ليقدم لنا لحظة سعادة

إلى من حصد الأشواك عن دربي ليمهد لي طريق العلم

"إلى القلب الكبير أبي العزيز"

إلى نبع الحنان

إلى رمز الحب و بلسم الشفاء

"الى أملي و روحي و نبض قلبي أمي الحبيبة"

إلى القلوب الطاهرة الرقيقة و النفوس البريئة "عائلتي الكريمة"

إلى ريحانة حياتي "أختي الغالية"

إلى أخي و حبيبي و أعز صديق عندي "يوسف"

و الآن تفتح الأشرعة و ترفع المرساة لتنطلق السفينة في عرض بحر واسع مظلم و مبهم هو بحر الحياة

و في هذه الظلمة لا يضيء إلا قنديل الذكريات ذكريات الأخوة البعيدة إلى الذين أحببتهم و أحبوني

"زملائي و أصدقاء في شعبة الري و غيرها"

الملخص:

تهدف الدراسة الحالية في اثبات دور ركيزة المرشحات النباتية في إزالة الرصاص الموجود ضمن مياه الصرف الصحي لحي شتمة بولاية بسكرة و كذا معرفة قدرة نبات القيصوب الجنوبي (Phragmites australis) في الإزالة ، و قد اجريت التجربة النموذجية في المحطة التجريبية التابعة لقسم الهندسة المدنية و الري ،و تم ذلك بثلاث أحواض اسطوانية ذات سعة 30 لتر مملوءة من الأسفل الى الأعلى على سمك (38 سم) بالحصى(اربع طبقات) ،اثنين منها مزروعة بنبات القيصوب و واحد ترك كشاهد ، سقيت هذه الأحواض بالمياه الملوثة ، ثم أخذت العينات في سلسلتين لكل واحدة أربعت أيام ، و قد أظهرت النتائج انخفاض لا بأس به في تركيز الرصاص بالنسبة للشاهد(40 %)، و اما الحوضين المزروعين فقد أبدى نبات القيصوب الجنوبي كفاءته في التصفية و الخفض الكبير من تراكيز الرصاص (85 %).

كلمات دالة: الركيزة ، المرشحات النباتية ، القيصوب الجنوبي ، الرصاص.

Résumé:

Cette étude vise à démontrer le rôle de substrat des filtres de plantes pour l'élimination du plomb des eaux usées dans le quartier Chetma État Biskra et ainsi que la connaissance de la puissance de plante Phragmites australis pour l'élimination et l'expérience du modèle a été réalisée au Département de génie civil et l'hydraulique , et il a été fait dans trois bacs cylindriques avec 30 litres rempli à partir du bas vers le haut sur le gravier épaisseur (38cm) (quatre couches), deux d'entre eux a planté la plante Phragmites australis et une à reste en tant que témoin, S'agit contaminée des bacs d'eau, et ensuite les échantillons prélevés en deux séries pour chaque une 4 jour , Et Les résultats ont montré une concentration pas mal pour le plomb pour le témoin (40 %) et Quant à pour les deux bacs Implantées ont montré l'efficacité plante de Phragmites australis pour le filtre et la réduction substantielle de la concentration de plomb.(85%)

Mot-clés : substrat , filtres de plantes , Phragmites australis , plomb.

الفهرس

الملخص I

قائمة الجداول II

قائمة الأشكال III

المقدمة العامة IV

الفصل الأول I :معدن الرصاص و تأثيره على الانسان و البيئة

I.1 المقدمة..... 1

I.2 تعريف الرصاص... 1

I.3 نبذة تاريخية عن معدن الرصاص.. 2

I.3 خصائص الرصاص.. 3

I. 1.3 الخصائص الفيزيائية و الكيميائية للرصاص..... 3

I.1.3.1 الحالة الفيزيائية والمظهر الخارجي..... 3

I.2.3.1 تفسير بعض الخصائص 3

I.3.3.1 الخواص الكيميائية: 4

I.2.3 تآكل الرصاص..... 5

I.1.2.3 تآكل الرصاص في الهواء..... 5

I.2.2.3 تآكل الرصاص في الماء..... 5

I.3.2.3 السيطرة على تفاعلات التآكل..... 5

I.4 مركبات الرصاص 6

I.5 مصادر معدن الرصاص..... 7

I.1.5مصادر طبيعية..... 7

I. 2.5 مصادر سببها النشاط البشري..... 9

I .1.2.5الرصاص في الهواء..... 9

I .2.2.5 الرصاص في الماء..... 10

I .2.2.5 الرصاص في مياه الشرب..... 11

I. 3.2.5 الرصاص في التربة..... 11
I. 4.2.5 الرصاص في الغبار..... 12
6.I مختلف استعمالات الرصاص..... 13
7.I التأثيرات السمية للرصاص و مركباته..... 15
1.7.I التأثيرات الصحية الناجمة عن التسمم بالرصاص و مركباته..... 15
1.1.7.I عوامل الخطورة..... 15
1.1.7.I كيف يمكن أن يؤثر الرصاص على الانسان..... 15
2.1.7.I التسمم عند البالغين 15
3.1.7.Iالتسمم عند الأطفال 16
4.1.7.I ما مدى احتمالية تسبب الرصاص في الإصابة بالسرطان..... 16
5.1.7.I هل هناك اختبار طبي ما لتحديد ما إذا كنت قد تعرضت للرصاص أم لا..... 16
8.I اجراءات للحد من التعرض للرصاص: 17
1.8.I كيف يمكن للعائلات أن تقلل من خطر التعرض للرصاص: 17
2.8.I اجراءات لحماية البيئة من التلوث بالعناصر الثقيلة: 18
الخلاصة: 18

الفصل الثاني II: معالجة مياه الصرف الصحي بالنباتات و دور الركائز

II .1 مقدمة..... 19
II .2 نبذة تاريخية عن المعالجة بالنبات: 20
3.II مكونات احواض المعالجة بالنباتات (الاراضي الرطبة المصطنعة)..... 21
II. 1.3 الماء..... 22
2.3.II الركائز(تربة، حصى او رمل)..... 22
3.3.II النبات..... 23
1.3.3.II دور النباتات المائية..... 24
4.3.II الكائنات الحية الدقيقة..... 25
1.4.3.II دور الكائنات الحية الدقيقة..... 25
4.II أنواع أحواض المعالجة بالنباتات (الأراضي الرطبة المصطنعة)..... 26
1.4.II حوض التدفق السطحي الحر..... 26
2.4.II حوض تدفق تحت سطحي 27

1.2.4.II المرشحات المزروعة ذات التدفق العمودي.....27
2.2.4.II مرشحات مزروعة بالتدفق الأفقي.....28
3.4.II الأنظمة الهجينة.....29
5.II تصنيف الأراضي الرطبة تبعا للنباتات المستخدمة ضمنها.....29
1.5.II النباتات المائية المستخدمة ضمن محطات المعالجة بالنباتات 29
1.1.5.IIالنباتات الطافية 30
2.1.5.II النباتات المائية البارزة.....31
3.1.5.II النباتات المائية المغمورة..... 31
6.II النباتات المائية المستخدمة 32
7.II الركائز.....32
1.7.II التربة.....33
2.7.II الرمل والحصى.....34
3.7.II المواد العضوية 34
8.II آلية إزالة وفصل المعادن.....34
9.II الخلاصة 35

الفصل الثالث III: العتاد و الطرق

1.III مقدمة 36
2.III العتاد و الطرق. 37
1.2.III جمع العينات: 37
2.2.III تصميم أحواض التجربة: 38
3.2.III تجهيز الركيزة (الحصى): 38
4.2.III اختيار النبات و خصائصه:.....39
1.4.2.III اختيار النباتات المائية: 39
2.4.2.III القصب او القيصوب الجنوبي: 40
3.III تعبئة الأحواض:.....41
5.III جمع عينات المياه: 43
4.III بروتوكول التحليل: 44
1.4.III فحص الرصاص بطريقة مقياس الجهد (فرق الكمون): 44
1.1.4.III وصف الطريقة: 44

2.1.4.III وصف الجهاز:.....45
5.III الخلاصة.....46

الفصل الرابع IV: نتائج و مناقشة

1.IV مقدمة.....47
2. IV فحص تركيز الرصاص. 47
1.2.IV تحضير المحلولة الأم. 47
2.2.IV تحضير المحاليل البنت. 47
3.2.IV تحليل الماء المعالج 49
3.IV ازالة الرصاص..... 49
4.IV حساب المردود R%. 51
5.IV تحليل النتائج 54
6.IV الخلاصة..... 54

الخلاصة العامة V
قائمة المراجع VI

قائمة الجداول

الجزء الأول : الجانب النظري

الفصل الأول :معدن الرصاص و تأثيره على الانسان و البيئة

الجدول (1) يبين الخصائص الفيزيوكيميائية الرئيسية للرصاص(التسممات المهنية.
(2009).....3

الجدول (2) يبين بعض الخصائص الفيزيوكيميائية لبعض مركبات الرصاصالتسممات المهنية.
(2009).....6

الجدول (3) يبين بعض الخصائص الفيزيوكيميائية لبعض مركبات الرصاصالتسممات المهنية.
(2009).....6

الجدول (4) يبين بعض الخصائص الفيزيوكيميائية لبعض مركبات الرصاصالتسممات المهنية.
(2009).....7

الجدول (5) .محتوى بعض المعادن الخام من العناصر الثقيلة و النادرة(عصام عبد المنعم و آخرون.2012).....8

الجدول (6). يبين القيم الطبيعية لتركيز الرصاص في التربة ،الماء ، الهواء و الطعام(زياد جحى .جامعة دمشق).....9

الجزء الثاني :الجانب العملي

الفصل الثالث :العتاد و الطرق

الجدول (1).الخصائص الفيزيائية و الكيميائية للمياه المستعملة 37

الفصل الرابع : نتائج و مناقشة

الجدول (1) تشكيلة معايرة من Pb^{2+} 48

الجدول (2) يوضح فروق الكمون.....49

الجدول (3) تركيز الرصاص للتعبئة الأولى الخارج من المرشحات النباتية 50

الجدول (4) تركيز الرصاص للتعبئة الثانية الخارج من المرشحات النباتية.....51

الجدول (5) يوضح نسب إزالة الرصاص للتعبئة 1.....53

الجدول (6) يوضح نسب إزالة الرصاص للتعبئة2 54

قائمة الأشكال

الفصل الثاني : معالجة مياه الصرف الصحي بالنباتات و دور الركائز

الشكل (1) نموذج لحوض التدفق السطحي الحر[2].....26

الشكل (2) نموذج لالمرشحات المزروعة ذات التدفق العمودي[2].....27

الشكل .(3) نموذج لحوض التدفق الأفقي[2].....28

الشكل (4) نماذج عن بعض أنواع النباتات الطافية الحرة(عبد الرزاق التركماني.2009).....30

الشكل (5) يبين نموذج لنوع من النباتات الطافية ذات الجذور الممتدة داخل التربة(عبد الرزاق التركماني.2009).....30

الشكل (6) يوضح مظهر عاملللنباتات المائية بارزة(Submerged Macrophytes)(عبد الرزاق التركماني.2009).....31

الشكل (7) يبين بعض نماذج العينات التي تعيش مغمورة بالمياه(عبد الرزاق التركماني.2009).....31

الشكل (8) لرسم توضيحي لنبات القيصوب (Phragmitesaustralis)[2].....32

الفصل الثالث :العتاد و الطرق

الشكل . (1) صورة للمحطة التجريبية لقسم الري.....36

الشكل . (2) وضع النبات بالماء بعد تنقيته.....37

الشكل . (3) صورة للأحواض بعد تهيئتهم.....38

الشكل .(4) صور للأصناف الأربعة من الحصى.....39

الشكل . (5) صورة لرسم توضيحي لنبات القيصوب(Phragmitesaustralis) 41

الشكل . (6) صورة تبين بروز الجذور.....42

الشكل .(7) تبين الصور مراحل تعبئة الاحواض.....43

الشكل . (8) صور تبين التعبئة بالمياه و كذا أخذ العينة 44

الشكل . (9) نترات الرصاص 44

الشكل .(10) صور للجهاز أثناء العمل.....47

الفصل الرابع : نتائج و مناقشة

الشكل (1) صورة لقارورة المحلول الأم.....48

الشكل (2)المحاليل المشكلة من المحلول الام.....49

الشكل (3) منحنى معايرة الرصاص.....49
الشكل (4)يبين مرحلة تحليل الماء بالجهاز 50
الشكل (5) تقدير تركيز الرصاص في التعبئة 1 لأحواض الترشيح الثلاث.....51
الشكل (6) تقدير تركيز الرصاص في التعبئة 2 لأحواض الترشيح الثلاث.....52
الشكل (7) يوضح مردود إزالة الرصاص بالنسبة للتعبئة 1 53
الشكل (8) يوضح مردود إزالة الرصاص للتعبئة 2.....54

المقدمة العامة

تعد مياه الصرف الصحي من اخطر المشاكل على الصحة العامة في معظم دول العالم الثالث لأن اغلب هذه الدول لا تملك شبكة صرف صحي متكاملة بل تستعمل بعض القنوات لتصريفها مما يؤدي إلى حدوث تلوث كبير وانتشار العديد من الأمراض ،إذ تحتوي مياه الصرف الصحي على كمية كبيرة جدا من من المركبات العضوية وأعداد هائلة من الكائنات الحية الدقيقة الهوائية واللاهوائية لذلك فإذا طرحت مياه الصرف الصحي دون معالجة الى الأنهار سوف تسبب مشكلة كبيرة للبيئة (العمري، 2015).

إن التأثير السلبي لعدم الاهتمام في معالجة مياه الصرف الصحي ينعكس على الدخل القومي واقتصاد البلاد ,ولغرض معالجة الأضرار المذكورة لابد من معالجة مياه الصرف الصحي للاستفادة منها في أغراض اقتصادية ، تعد معالجة مياه الصرف الصحي بالنظم الطبيعية طريقة علمية وفعالة جدا خاصة في التجمعات السكانية البعيدة والمنعزلة لأنها تعتمد على طرق معالجة رخيصة الثمن(Mustafa,2013) مثل المعالجة النباتية التي تعد شكلا من أشكال المعالجة البايولوجية و تعني استخدام نباتات لها قدرة معينة على التقليل من مستويات التلوث عن طريق آليات ايضية معينة يقوم بها النبات بحيث انها تؤدي الى إزالة او حجز او تحليل الملوثات المختلفة(السنجري.2011). و تمتاز مثل هذه الطرق الحيوية بأنها زهيدة التكلفة.

ان عمليات معالجة الأوساط البيئية الملوثة أصبحت تأخذ مسارا جديدا بسبب الحاجة الى طرق فعالة و اقتصادية لإزالة المعادن الثقيلة من المياه الملوثة مما أدى للبحث عن تقنيات جديدة تكون صديقة للبيئة.

ان تغيير حركة الملوثات غير العضوية مثل العناصر الثقيلة و النظائر المشعة و الملوثات العضوية و غيرها تعد ظاهرة تراكمية و ميل طبيعي في النباتات لاحتواء العناصر الثقيلة دون ظهور أعراض سمية عليها ، و من هذه العناصر معدن الرصاص والذي يعد واحد من أربع معادن تمثل الخطورة القصوى على صحة الإنسان، ويدخل الرصاص جسم الإنسان من المصادر التالية: 65% من الطعام، 20%من الماء، و15% من الهواء. حيث يحدث تمثيل حيوي لحوالي 10.5%من الرصاص الذي يتناوله الإنسان من الفم في عملية الهضم، و50.30% من الرصاص الذي يدخل الجسم عن طريق جهاز التنفس. ويفرز الرصاص بشكل أساسي مع البول وجزء من الرصاص المتمثل يتراكم في العظام. ولا يقوم الرصاص بوظائف في جسم الكائن البشري إلا أنه يسبب الكثير من الأذى عندما يدخل اليه عن طريق المياه والغذاء والهواء. ومن مصادر التلوث بالرصاص، تلك الناتجة عن عمليات التعدين والحفر في المناجم وعمليات صهر الرصاص وتصنيعه لعمل مواسير المياه والصرف الصحي والوصلات المختلفة، وفي عمليات اللحام وخاصة عند حفظ الأغذية في صفائح او بالتعليب. كذلك فإن الرصاص يدخل في صناعة كثير من

الأدوات الصحية وفي كثير من أصباغ الشعر ومساحيق التجميل وأحبار الطبعة واقلام الرصاص وبعض المبيدات، و أخطرها دهانات لعب الأطفال. وقد كانت معظم دهانات المنازل حتى عام 1960 تحتوي على عنصر الرصاص وبعد ان عرفت خطورته على صحة الإنسان بدأ من ذلك الوقت استبدالها بصبغات أخرى وقد منعت بعض الدول استخدام الرصاص في دهانات المنازل.(ST)

ويعد نبات القصب (Phragmites australis) من النباتات المائية البارزة الأكثر استخدام في الإزالة الحيوية بسب قدرتها الكبيرة عمى امتصاص المغذيات من القاع وعمود الماء وامتلاكها للرايزومات التي توفر مساحة سطحية اكبر لتحطم الملوثات بالبكتريا ,كما يعمل القصب على فرز أنزيمات قادرة على تحمل المواد العضوية الموجودة في المياه وقدرته على فرز مضادات حيوية قادرة على قتل الكائنات الممرضة في المياه (Sprecher, et. al. ,1998). وينمو القصب في معظم البلاد العربية، وهو نبات مائي يتحمل ملوحة التربة لذلك ينمو على جوانب الأودية والجداول المائية والمستنقعات.

و تمثل الركائز دعامة الغطاء النباتي للأراضي الرطبة، وتوفر مواقع التحولات الكيميائية الحيوية والكيميائية، وتوفر كذلك أماكن لتخزين الملوثات لإزالتها. وتشمل الركائز التربة والرمل والحصى والمواد العضوية.

و تأتي أهمية هذه الدراسة في كونها تلفت الانتباه في إمكانية استخدام هذه المواد في معالجة الأوساط البيئية كاتجاه حديث في عمليات المعالجات حيث تهدف الدراسة الى تقييم مدى كفاءة مواد التعبئة(الركيزة)المتواجدة ضمن أحواض المعالجة بالنباتات مثل (التربة ، المل او الحصى، المواد العضوية) في إزالة عنصر الرصاص (Pb) و ذلك باستخدام محاليل مائية قياسية مجهزة معمليا.

و قد تم تقسيم هذا العمل إلى أربعة فصول، في الفصل الأول تم فيه عرض مفصل عن الرصاص و تأثيره على الانسان و البيئة، و في الفصل الثاني قدمت فيه تقنية المعالجة بالنباتات ، و أما في الفصل الثالث تم عرض الأدوات و الطرق لتحقيق الأهداف سواء في تحضير الأحواض النموذجية(ركيزة، نبات) أو الأجهزة المخبرية في قياس التراكيز، و في آخر فصل أجرينا تحليلا للنتائج و توج العمل بخلاصة عامة.

الفصل الأول

I

معدن الرصاص و تأثيره على الانسان و البيئة

الفصل الثاني

II

معالجة مياه الصرف الصحي بالنباتات و دور الركائز

الفصل الثالث

III

العتاد و الطرق

الفصل الرابع

IV

نتائج و مناقشة

1.II مقدمة:

أنظمة المعالجة بالنباتات (الأراضي الرطبة)هي أنظمة مصطنعة تم تصميمها وبناؤها لتشمل الغطاء النباتي والأراضي الرطبة والتجمعات الميكروبية المرتبطة بها للمساعدة في معالجة مياه الصرف الصحي. وهي مصممة للاستفادة من العديد من الميزات الموجودة في الأراضي الرطبة الطبيعية، ولكن القيام بذلك في بيئة أكثر رقابة و حيث يسهل التحكم بها.

و في هذا الفصل سوف نتعرف على المكونات الأساسية لأحواض المعالجة بالنباتات (الركيزة، النباتات و الكائنات الحية الدقيقة) كما سنبين دور كل مكون.

يمكن بناء الأراضي الرطبة المصطنعة بدرجة تحكم أكبر بكثير من الأنظمة الطبيعية ، مما يسمح بإنشاء تركيبة فعالة ومدروسة جيداً من الركيزة ، ونوع النباتات ، ونمط التدفق. بالإضافة إلى ذلك ،فإن الأراضي الرطبة المصطنعة توفر العديد من المزايا الإضافية مقارنة بالأراضي الرطبة الطبيعية ، بما في ذلك اختيار الموقع ، والمرونة في التحجيم ، والأهم من ذلك ، التحكم في المسارات الهيدروليكية ووقت الاستبقاء. (Brix.1993)

ولكن تصميم هذه الأنظمة يختلف من حيث النظام التعبئة والتدفق . تم تصميم معظم الأنظمة الشائعة مع سطح ماء حر (FWS CWs) أو تدفق أفقي تحت سطح الأرض (HF CWs) ، ولكن أنظمة التدفق الرأسي (VF CWs) تزداد شعبية في الوقت الحاضر.

استخدمت الأراضي الرطبة المصطنعة تقليديا لمعالجة مياه الصرف الصحي المحلية والبلدية لكل من الصرف الصحي المنفصل والمجمع (Vymazal et al. 1998). ومع ذلك ، فمنذ أواخر الثمانينات، استخدمت الأراضي الرطبة المصطنعة للعديد من الأنواع الأخرى من المياه العادمة ، بما في ذلك مياه الصرف الزراعي (الأبقار، الدواجن، منتجات الألبان) ، مياه الصرف الصحي للصناعات الثقيلة (البوليمرات ، الأسمدة ، الكيماويات، مصافي النفط ، مصانع اللب والورق) ، مياه الرشح ومياه الصرف الصحي (المدن ، الطرق السريعة).

وبما أن العديد من مياه الصرف الصحي هذه يصعب معالجتها في نظام أحادي المرحلة ، فقد تم إدخال أنظمة هجينة تتكون من أنواع مختلفة من الأراضي الرطبة المبنية على شكل سلسلة .(.Jan Vymazal)

إن العديد من أنواع محطات المعالجة بالنباتات قد تم تطويرها خلال العشرين سنة الماضية و تحسين أدائها و لذلك فقد لاقت إقبالا جيدا عبر العالم و ذلك لحسناتها العديدة و منها:

- كلفة البناء المنخفضة.
- سهولة الإنشاء و التشغيل و الصيانة.

- تكاليف منخفضة بالنسبة للبناء و التشغيل و الصيانة بسبب سهولة تنفيذها و اعتمادها على المعالجة البيولوجية الطبيعية و عدم الحاجة للطاقة للتشغيل و الصيانة إلا في الاحتياجات الدنيا. و ليس هناك حاجة لاستخدام المواد الكيميائية أو التجهيزات الميكانيكية الاحتياطية، كما أنها لا تحتاج لكادر تشغيل خبير كما هو الحال بمحطات المعالجة التقليدية.
- الإزالة الفعالة للملوثات و العوامل الممرضة و بيوض الديدان .
- قدرتها الكبيرة على تحمل تذبذبات التدفقات بالإضافة إلى ثباتها العالي و الموثوقية في الأداء.
- الحمأة الناتجة هي الحمأة الأولية فقط.
- إعادة استخدام المياه المعالجة في ري المحاصيل كما يعاد استخدام النباتات في موسم الحصاد بعد قطعها كعلف لتغذية الحيوانات.

و يمكن تلخيص العيوب و العوامل التي تحد من استخدام محطات المعالجة بالنباتات بما يلي:

- المساحة اللازمة للمحطة تكون كبيرة مقارنة مع محطات المعالجة التقليدية.
- تتطلب مواد ملء(حصى، رمل، حجارة) بكميات كبيرة نسبيا.
- إن تحلل المواد الصلبة الخام و الكتلة الحيوية يمكن أن تؤدي إلى انسداد بعض أجزاء وسط الفلتر (الميديا) و خاصة الوسط الرملي. كما أن عدم معالجة الحمأة الأولية الناتجة بشكل مناسب يؤدي لانتشار الروائح.
- استبدال وسحل الفلترة يكون مكلفا. بحال تطلب الأمر ذلك بسب سوء التشغيل أو التصميم لهذه المحطات.
- إن الإشراف البسيط المطلوب من أجل تشغيل و استثمار هذه المحطات لا يعفي أنه من الضروري و الأساسي أن يتم إتباع الإرشادات و المعايير الهندسية الناظمة لتصميم هذه المحطات و عدم تجاوزها. كما أن الجهة المنفذة يجب أن تتمتع بالخبرة في تنفيذ هذه الأعمال. (عبد الرزاق التركماني.2009)

II .2 نبذة تاريخية عن المعالجة بالنبات:

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 سنة 1905 في استراليا و لكنها بقيت قليلة الاستخدام حتى تبناها الأوربيون واعتمد عليها منذ عام 1950 عبر الألمان ،كما استخدمها الأمريكيون منذ عام 1970. و اليوم نشهد انتشار كبير لهذا النوع من انواع المعالجة أي محطات المعالجة بالنباتات في العالم. (عبد الرزاق التركماني.2009)

أول تجارب استهدفت إمكانية معالجة مياه الصرف الصحي من قبل نباتات الأراضي الرطبة قام بها الدكتور كاتي سيدل في ألمانيا في أوائل خمسينيات القرن العشرين في معهد ماكس بلانك في بلون .

و في عام 1955 ناقش الدكتور سيدل في تقرير إمكانية "الحد من الإفراط في الإخصاب والتلوث وتغرين المياه الداخلية باستخدام نباتات معينة للسماح للمياه الملوثة لدعم الحياة مرة أخرى". ولهذا الغرض ، اقترحت حلقة شجرة الشاف "Schoenoplectus lacustris" ، بعد أن لاحظت في بحثها أن هذا النوع قادر على الاحتفاظ بكميات كبيرة من المواد العضوية من المياه الملوثة(ABIBSI Nadjet.2011).

يشمل النظام الذي طورته سيدل على سلسلة من الأسّرة التي تتكون من الرمل أو الحصى التي تدعم النباتات المائية المغمورة مثل نبات البردي و القصب الأكثر استخدامًا، وفي معظم الحالات خطة التدفق يكون عمودي .(SHERWOOD, 1993)

وكان هذا النظام هو الأساس للأنظمة الهجينة التي أحييت في نهاية القرن العشرين ومع ذلك ، كان من الصعب فهم مفهوم سيدل لتطبيق النباتات على معالجة مياه الصرف الصحي لمهندسي الصرف الصحي ، وبالتالي ، لم يكن مفاجئًا أن أول أنظمة مراقبة فصلية كاملة النطاق تم بناؤها خارج ألمانيا ، أي في هولندا.

وفقا لبوليت وآخرون (2004) ؛ تعد تقنية مرشح النباتات لمعالجة مياه الصرف المنزلية إحدى تقنيات التطوير الحديثة. ظهرت هذه التقنية العلاجية في فرنسا في الثمانينيات من القرن التاسع عشر ، وقد شهدت زيادة في نموها منذ عام 1997. ويعد الطلب القوي الحالي على هذا النوع من محطات المعالجة من المسؤولين المنتخبين حقيقيًا. إنها تقنية موثوقة وسهلة الاستخدام تسهل إلى حد كبير إدارة حمأة المجاري ، والتي ، علاوة على ذلك ، تحظى بقبول جيد من قبل السكان بسبب أهليتها الجيدة لتكامل المناظر الطبيعية. وبالتالي ، يوصى بها بشدة للمجتمعات الصغيرة والبلدان ذات الموارد المالية المنخفضة.

3.II مكونات احواض المعالجة بالنباتات (الاراضي الرطبة المصطنعة):

أولا تكون احواض المعالجة بالنباتات مصممة بشكل مدروس، من أهم مكوناتها الماء ، والركيزة ، والنباتات الوعائية الأكثر شيوعًا. يمكن التلاعب بهذه المكونات في بناء أرض رطبة. حيث تتطور مكونات أخرى هامة مثل مجتمعات الميكروبات واللافقاريات المائية ، بشكل طبيعي.

1.3.II الماء:

ومن المرجح أن تتشكل الأراضي الرطبة حيث توجه التضاريس المياه السطحية إلى الأحواض الضحلة وحيث تحمي طبقة تحتية غير منفذة نسبياً المياه السطحية من الانجراف إلى الأرض. يمكن إنشاء هذه الظروف لبناء الأراضي الرطبة. يمكن بناء أرض رطبة في أي مكان في المناظر الطبيعية عن طريق تشكيل سطح الأرض لجمع المياه السطحية وختم الحوض للحفاظ على المياه.

تعتبر الهيدرولوجيا أهم عامل تصميم في الأراضي الرطبة المبنية لأنها تربط جميع الوظائف في الأراضي الرطبة ولأنها غالباً ما تكون العامل الرئيسي في نجاح أو فشل أراضي رطبة موصولة. في حين أن الهيدرولوجيا للأراضي الرطبة المبنية لا تختلف اختلافاً كبيراً عن المياه السطحية والمياه القريبة من السطح (ABIBSI N ,2011)، إلا أنها تختلف في عدة جوانب هامة:

- إن التغيرات الطفيفة في الهيدرولوجيا يمكن أن يكون لها تأثيرات كبيرة على الأراضي الرطبة وفعاليتها العلاجية.
- بسبب المساحة السطحية الكبيرة للمياه وعمقها الضحل ، يتفاعل نظام الأراضي الرطبة بشدة مع الغلاف الجوي من خلال هطول الأمطار والبخار الناتج عن النضح (فقد الماء المجمع عن طريق التبخر من سطح الماء والخسارة من خلال النتح بواسطة النباتات)
- تؤثر كثافة الغطاء النباتي في الأراضي الرطبة بشدة على الهيدرولوجيا ، أولاً ، عن طريق عرقلة مسارات التدفق حيث تجد المياه طريقها المتعرج عبر شبكة السيقان والأوراق والجذور والريزومات ، وثانياً ، عن طريق منع التعرض للرياح والشمس .DUPOLDT and al (1995)

2.3.II الركائز(تربة، حصى او رمل):

وتشمل الركائز المستخدمة لبناء الأراضي الرطبة التربة والرمل والحصى والصخور والمواد العضوية مثل السماد. ثم تتراكم الرواسب والقمامة في الأراضي الرطبة بسبب سرعات المياه المنخفضة والإنتاجية العالية النموذجية للأراضي الرطبة. تعتبر الركائز والرواسب والقمامة مهمة لعدة أسباب:

- دعم العديد من الكائنات الحية في الأراضي الرطبة.
- نفاذية الركيزة يؤثر على حركة المياه من خلال الأراضي الرطبة.
- يحدث العديد من التحولات الكيميائية والبيولوجية (خاصة الميكروبية) داخل الركائز.
- توفر الركائز التخزين للعديد من الملوثات.

- تراكم القمامة يزيد من كمية المواد العضوية في الأراضي الرطبة. توفر المادة العضوية مواقع لتبادل المواد والارتباط الميكروبي ، وهي مصدر للكربون ، مصدر الطاقة الذي يحرك بعض التفاعلات البيولوجية المهمة في الأراضي الرطبة.

يتم تغيير الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة والركائز الأخرى عندما تغمرها المياه.
في الركيزة المشبعة ، يستبدل الماء غازات الغلاف الجوي في المساحات المسامية ويستهلك الأيض الميكروبي الأكسجين المتاح. بما أن الأكسجين يستهلك بسرعة أكبر منه. يمكن استبداله بالانتشار من الغلاف الجوي ، وأصبحت ركائز الأكسجين (بدون الأكسجين). هذه البيئة المختزلة مهمة في إزالة الملوثات مثل النيتروجين والمعادن(DUPOLDT and al. (1995)

3.3.II النبات:

تعتبر كل من النباتات الوعائية (النباتات العليا) والنباتات غير الوعائية (الطحالب) مهمة في الأراضي الرطبة المبنية. التمثيل الضوئي بواسطة الطحالب يزيد من محتوى الأكسجين المذاب في الماء والذي يؤثر بدوره على المغذيات والمعادن.
في حين أن الأراضي الرطبة هي أنظمة معالجة في المقام الأول ، إلا أنها توفر فوائد غير ملموسة عن طريق زيادة جماليات الموقع وتعزيز المناظر الطبيعية. بصريا ، تعد الأراضي الرطبة بيئات غنية بشكل غير عادي. من خلال إدخال عنصر المياه إلى المناظر الطبيعية ، والأراضي الرطبة المبنية ، بقدر ما الأراضي الرطبة الطبيعية. إضافة التنوع إلى المناظر الطبيعية. ويزيد تعقيد شكل ولون وحجم وانبساط النباتات والنوع الموجود في حواف ومنحدرات حواف الأشكال الأرضية من الجودة الجمالية للأراضي الرطبة. يمكن بناء الأراضي الرطبة المبنية بأشكال منحنية تتبع الخطوط الطبيعية للموقع ، وبعض الأراضي الرطبة لمعالجة المياه لا يمكن تمييزها ، للوهلة الأولى ، عن الأراضي الرطبة الطبيعية.
تفاعل النباتات الوعائية تساهم في معالجة المياه العادمة والجريان السطحي بعدد من الطرق:

- أنها تستقر ركائز والحد من تدفق channelized.
- أنها تبطئ سرعات المياه ، مما يسمح باستقرار المواد المعلقة.
- استهلاك الكربون ، والمغذيات ، والعناصر النزرة وتدرجها في أنسجة النباتات.
- نقل الغازات بين الغلاف الجوي والرواسب.
- تسرب الأكسجين من الهياكل النباتية تحت السطح يخلق microsites الأكسجين داخل الركيزة.
- نظمها الجذعية والجذرية توفر مواقع للملحقات الميكروبية.
- عندما تموت تتحلل وتفرش لتصبح مادة عضوية.

عادة ما تزرع الأراضي الرطبة المبنية بالنباتات الطارئة (النباتات غير الخشبية التي تنمو مع جذورها في الركيزة .والسيقان والأوراق خارجة سطح الماء). تشمل النباتات الشائعة المستخدمة في الأراضي الرطبة التي تم إنشاؤها ، البرندس ، و البردي ، والقصب ، وعددًا من الأنواع ذات الأوراق العريضة . DUPOLDT and al. (1995))

1.3.3.II دور النباتات المائية:

ناهيك الجانب الجمالي ، تساهم النباتات الكبيرة بشكل غير مباشر في تدهور المواد الصلبة العالقة (TSS) في النفايات السائلة الخام .

يسمح نمو الجذور بتنظيم الموصلية الهيدروليكية الأولية. إن قياس الحبيبات الصغيرة للركيزة (الرمل أو الحصى) بالإضافة إلى المساهمة المهمة للمواد العضوية تؤدي إلى انسداد المرشح. يحد نمو الجذر من هذه المخاطر من خلال تشكيل مسام أنبوبي على طول الجذور النامية. ومع ذلك ، في فلاتر التدفق الأفقي، لا ينبغي أن يتجاوز التوصيل الهيدروليكي نسبة المواد الأصلية. (POULET et al,2004).

الغطاء الورقي هو منظم حراري له تأثير على غلات التنقية في المناخات الباردة.

يتم رفض كميات صغيرة من الأكسجين من الأجزاء الهوائية في قمة جذور النباتات ، ولكنها غير كافية للمساهمة وحدها في تلبية احتياجات الأكسجين من الكتلة الحيوية الجرثومية ، المسؤولة عن التدهور .(POULET et al,2004)

يزيد نمو الجذور من سطح التعلق من أجل تطوير الكائنات الدقيقة وتفاعلات الهواطل. بالإضافة إلى هذه الزيادة في المساحة السطحية النشطة ، هناك بالتأكيد عامل موثق بشكل سيء جدًا لتحفيز النشاط ، أو حتى تنوع وكثافة الكائنات الدقيقة ، التي تشارك في طرق مختلفة في عمليات المعالجة. إنه مفهوم معروف جيدا في الهندسة الزراعية ويمكن تلخيصه في الشكل التالي: "التربة المزروعة غنية بيولوجيا ونشطة من تربة عارية". ومن المرجح أن تكون الأنسجة الجذرية وإفرازاتها أكثر ملاءمة للكائنات الحية الدقيقة من الركائز المعدنية الخاملة (POULET et al,2004). - يؤثر دور الأيض النباتي (استيعاب العناصر الغذائية) على المعالجة بشكل أو بآخر اعتمادًا على الأسطح المعنية ، أما إذا كان المرشح العمودي لا يكاد يذكر ، فإن الأسطح الأكبر المشاركة في المرشحات الأفقية يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار في الموازنات ، ولكن يجب أن تكون على الأكثر 20٪ للنيتروجين و 10٪ للفسفور. كل هذه العناصر غير قابلة للتصدير بشكل مباشر في صقر الكتلة الحيوية ، ولكنها أيضاً محاصرة في نظام الجذر الذي لم يُدرس بعد مصيره على المدى الطويل ، أي 10-15 سنة. (POULET et al,2004)

4.3.II الكائنات الحية الدقيقة:

السمة الأساسية للأراضي الرطبة هي أن وظائفها يتم تنظيمها إلى حد كبير من خلال الكائنات الدقيقة وعمليات الأيض الخاصة بها (Wetzel 1993). وتشمل الكائنات الحية الدقيقة البكتيريا والخمائر والفطريات والأوليات والطحالب. الكتلة الحيوية الميكروبية هي حوض رئيسي للكربون العضوي والعديد من العناصر الغذائية.و النشاط الميكروبي:

- يحول عددا كبيرا من المواد العضوية وغير العضوية إلى مواد غير ضارة أو غير قابلة للذوبان.
- يغير شروط الحد / الأكسدة (الأكسدة) من الركيزة وبالتالي يؤثر على قدرة المعالجة في الأراضي الرطبة.
- تشارك في إعادة تدوير المغذيات.

بعض التحولات الميكروبية هي هوائية (أي أنها تتطلب الأكسجين الحر) في حين أن البعض الآخر هو اللاهوائي (فهي تحدث في غياب الأكسجين الحر). العديد من الأنواع البكتيرية هي اللاهوائيات الاختيارية، أي أنها قادرة على العمل تحت كل من الظروف الهوائية واللاهوائية استجابة للظروف البيئية المتغيرة.

تتكيف الكائنات الميكروبية مع التغيرات في المياه التي يتم توصيلها إليها. يمكن لسكان الميكروبات أن يتوسعوا بسرعة عندما يُعرض عليهم مواد مناسبة تحتوي على الطاقة. عندما تصبح الظروف البيئية غير مناسبة ، تصبح العديد من الكائنات الحية الدقيقة نائمة ويمكن أن تظل خاملة لسنوات (هيلتون 1993).

يمكن أن يتأثر المجتمع الميكروبي في الأراضي الرطبة التي تم إنشاؤها بمواد سامة ، مثل مبيدات الآفات والمعادن الثقيلة ، ويجب توخي الحذر لمنع إدخال هذه المواد الكيميائية بتركيزات ضارة DUPOLDT and al. (1995)

1.4.3.II دور الكائنات الحية الدقيقة:

تتكاثر البكتيريا بشكل خاص في المواد الرطبة في بيئة رطبة. صحيح "مقص البيولوجي" أنها تحولها إلى جزيئات غير ضارة. يتم تآكل تدهور المواد العضوية ونزع النيتروجين في منطقة الجذر من النباتات حيث يتم تنفيذ العلاج من قبل الكائنات الحية الدقيقة. إن انبعاث الأكسجين من جذور النباتات الكبيرة يخلق مناطق تتأكسد حول الجذور. يتحلل معظم المحتوى العضوي لمياه الصرف الصحي إلى ثاني أكسيد الكربون (CO_2) والمياه في هذه المناطق باستخدام الأكسجين باعتباره آخر متقبل للإلكترونات. بالإضافة إلى أكسدة الأمونيا إلى النترات بواسطة البكتيريا. ارتجاف في هذه المناطق. على مسافة من الجذور السطحية يتم تقليل الأكسجين الحر ، ولكن تبقى النترات موجودة (منطقة الأكسجين).

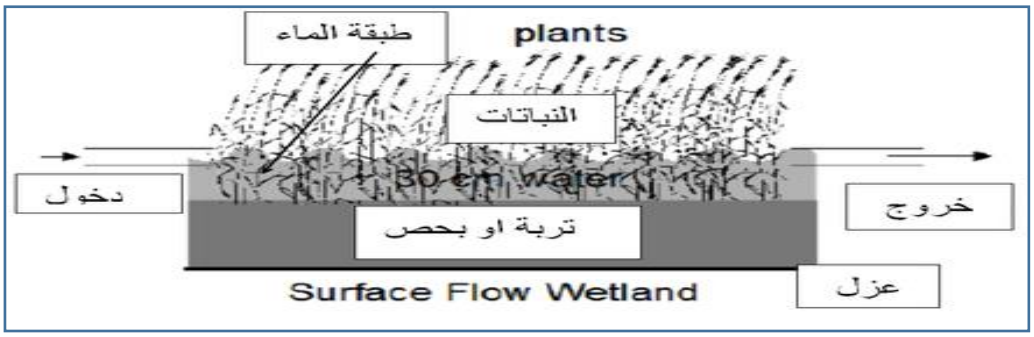
هنا يمكن أن يحدث تدهور المادة العضوية عن طريق إزالة البكتيريا. من خلال هذه العمليات يتم تحويل النترات إلى نيتروجين (N_2) ، والذي يتبخر إلى الغلاف الجوي. في منطقة الجذور ، يمكن تحلل المادة العضوية لاهوائيًا إلى ثاني أكسيد الكربون (CO_2) والميثان (CH_4) من خلال عمليات التخمير. إن الوجود المتزامن للمناطق المؤكسدة والناكسة والخمسية والتفاعل بين الأنواع المختلفة من عمليات التحلل الميكروبي في هذه المناطق ، ضروري لتحلل المادة العضوية وإزالة المغذيات بكفاءة في المنطقة. جذور النباتات حيث يتم العلاج. بالإضافة إلى هذه التفاعلات قد تكون مواتية لتحلل المركبات الثابتة ، مثل الهيدروكربونات المكلورة (TIEDJE et al, 1983).

4.II أنواع أحواض المعالجة بالنباتات (الأراضي الرطبة المصطنعة):

هناك عدة أنواع من الأراضي الرطبة المصطنعة: الأراضي الرطبة ذات التدفق السطحي ، والأراضي الرطبة ذات التدفق الجوفي ، والأنظمة الهجينة التي تدمج الأراضي الرطبة للتدفقات السطحية والجوفية. يمكن أيضًا دمج أنظمة الأراضي الرطبة المصطنعة مع تقنيات المعالجة التقليدية. وتناقش أنواع الأراضي الرطبة المشيدة المناسبة لمياه الصرف الصحي المنزلي ، ومياه الصرف الزراعي ، وتصريف مناجم الفحم ، وجريان المياه العاصفة في التجفيف الناجم عن المياه المستعملة.. (DUPOLDT and al. (1995)

1.4.II حوض التدفق السطحي الحر:

يتكون حوض التدفق السطحي (SF) من حوض يصل عمقه الى حوالي 40 سم ،يحتوي تربة أو مواد أخرى لدعم جذور النباتات ، وهيكل يتحكم في الماء للحفاظ على عمق ضحل. ان المستنقعات السطحية تشبه الى حد كبير المستنقعات الطبيعية من ناحية جمالية و أخرى علاجية(DUPOLDT and al. (1995)).



الشكل II (1) نموذج لحوض التدفق السطحي الحر[2]

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 (العابد ابراهيم). تتمثل مزايا مستنقعات التدفق السطحي في أن رأس المال وتكاليف التشغيل منخفضة ، وأن أعمال الإنشاء والتشغيل والصيانة بسيطة. العيب الرئيسي لأنظمة تدفق السطح هو أنها تتطلب مساحة أكبر من الأنظمة الأخرى. (DUPOLDT and al. (1995)

2.4.II حوض تدفق تحت سطحي :

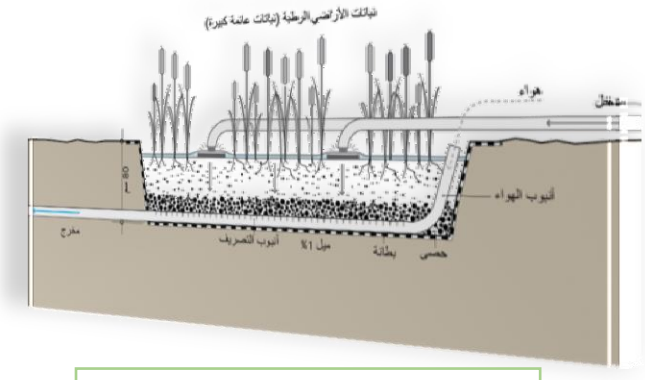
يتكون حوض التدفق تحت السطح (SSF) من حوض تحت الأرض مع طبقة من الصخور أو الحصى المسامية. يتم تعيين مستوى الماء للبقاء تحت سطح الركيزة. في معظم الأنظمة في الولايات المتحدة ، يكون مسار التدفق أفقيًا ، على الرغم من أن بعض الأنظمة الأوروبية تستخدم التدفق العمودي. تدعى أنظمة التدفق تحت السطحي بواسطة عدة أسماء: السرير المغمور بالنباتات ، طريقة منطقة الجذر ، مرشح الصخور الميكروبية ، ومرشح الصخور الميكروبية. نظم تصفية النباتات الصخرية (مصنع - أنظمة تصفية الصخور).

بسبب الضغوط الهيدروليكية التي تفرضها الطبقة التحتية ، تكون مرشحات التدفق تحت السطحي أكثر ملاءمة لمياه الصرف عند تركيزات المواد الصلبة المنخفضة وتحت ظروف التدفق الموحد. تم استخدام مرشحات التدفق تحت السطحي في كثير من الأحيان لتقليل الطلب الأوكسجين الكيميائي الحيوي (BOD_5) لمياه الصرف المنزلية. (DUPOLDT et al,.1995.). يوجد نوعان من المرشحات المزروعة وفقًا لاتجاه التدفق:

1.2.4.II المرشحات المزروعة ذات التدفق العمودي:

تعتمد آليات التنقية الرئيسية على الجمع بين العديد من العمليات تحت الظروف الهوائية، والتي تتم على التوالي على مرحلتين من العلاج في سلسلة على الأقل.

- مرشحات التدفق العمودي هي تغذية سطحية ، حيث ينساب السائل العمودي رأسياً من خلال الطبقة التحتية ؛



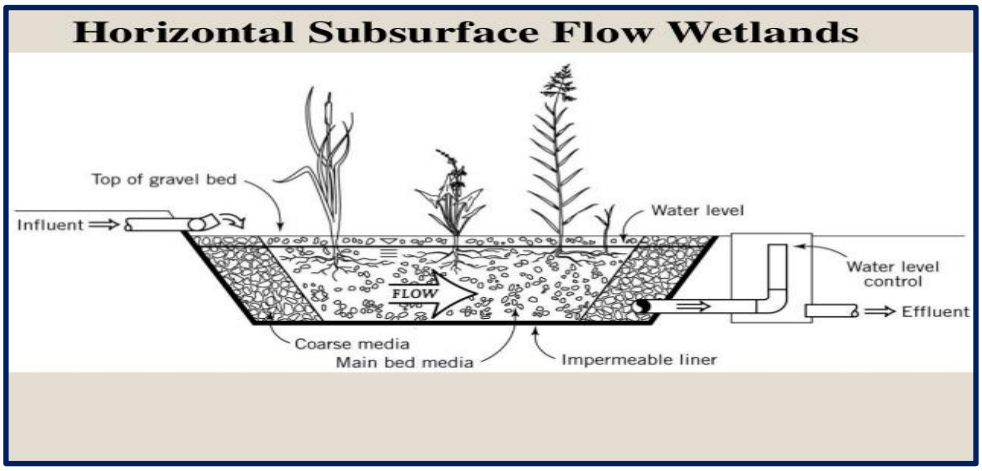
الشكل II (2) نموذج ل المرشحات المزروعة ذات التدفق العمودي [2]

- يتم الاحتفاظ الفعلي للمواد الصلبة العالقة على سطح المرشحات ؛
- يسمح هذا النوع من الأجهزة بتخزين وتمعدن الحمأة في أول مرشح معالجة الحمأة ؛
- يتحقق التحلل البيولوجي للمواد الصلبة الذائبة بواسطة الكتلة الحيوية البكتيرية الهوائية المثبتة على الدعم غير المشبع.

بالنسبة لمسائل قدرة الأكسجين ، تساهم المرشحات في المرحلة الأولى أساسًا في تدهور جزء الكربون بينما تنهي المرحلة الثانية تحلل هذا الجزء ويمكن أن تسمح بالنترجة التي ستكون دالة لظروف الأكسجين ، درجة الحرارة ودرجة الحموضة (بوليت وآخرون ، 2004).

2.2.4.II مرشحات مزروعة بالتدفق الأفقي:

لا يتم تشغيل المرشحات الأفقية على السطح ، مثل المرشحات العمودية. تدخل مياه الصرف الصحي المصفاة عن طريق التراب مباشرة إلى سرير المرشح. ولذلك من الضروري إزالة المخلفات السائلة، قبل المادة المعلقة ، إما عن طريق المصفق الذي يوضع في اتجاه المنبع ، أو من خلال مرحلة الترشيح الرأسية الأولى.



الشكل .II .(3) نموذج لحوض التدفق الأفقي [2]

تتحلل المواد الصلبة الذائبة في كتلة الترشيح بواسطة الكتلة الحيوية البكتيرية المثبتة على الدعم. عادة ما يكون مستوى الماء في مرشح أفقي ثابتًا. التهوية محدودة بسبب عدم وجود حركة خط التشبع ، وهي ضعيفة جدا من خلال الانتشار الغازي. العرض الأوكسجيني منخفض بالمقارنة مع إجمالي الطلب.

إن نقص الأكسجين يحد من تدهور تلوث الكربون والنيتروجين ، وأكسدة الكربون العضوي والأمونيوم ، وبالتالي يحد من نمو البكتيريا التغذوية وغيرية التغذية (POULET et al، 2004).

3.4.II الأنظمة الهجينة جريان متنوع (أفقي + شاقولي):

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 لأنها مهواة و عملية إزالة النترجة في الأحواض الأفقية أين يكون غياب الأكسجين اللازم لهذه العملية. 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 أين نجد تسلسل أحواض أفقية متبوعة بأحواض شاقولية.(العابد ابارهيم.2015)

الأحواض الأفقية تعمل على إزالة المواد الأفقية العالقة و المواد العضوية أما الأحواض الشاقولية لها تهوية أحسن تعمل على عملية النترجة ثم إعادة تدوير المياه من جديد لإزالة النترجة داخل و من عيوب هذه الطريقة إنها تحتاج إلى مضخات مبرمجة. (العابد ابارهيم.2015)

5.II تصنيف الأراضي الرطبة تبعا للنباتات المستخدمة ضمنها(عبد الرزاق التركماني.2009):

- محطة المعالجة ذات النباتات الطافية (Floating plants)
- محطة المعالجة ذات النباتات المغمورة(Submerged plants)
- محطة المعالجة بالنباتات ذات الجذور المغمورة و السوق الظاهرة (Rooted emergent plants)

1.5.II 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 . وفي عام1920 قام العالم البيئي Arber أربر 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) و هذه الأنواع تتلخص في مايلي :

II.1.1.5النباتات الطافية (Floating plants):

وهي التي تكون جميع أو بعض أعضائها الخضرية طافية:

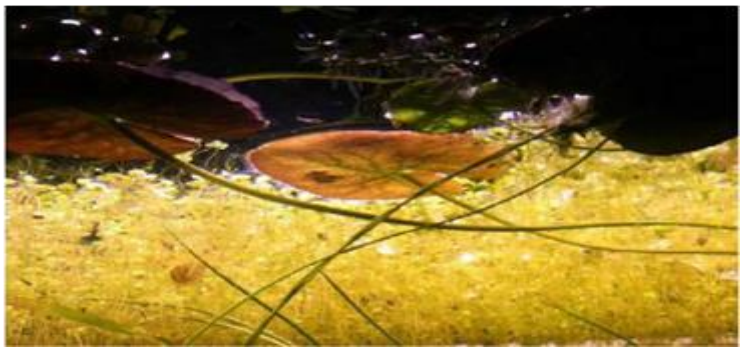
النباتات الطافية الحرة:

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 . وأمثلة على هذا النوع .

الشكل II (4) نماذج عن بعض أنواع النباتات الطافية الحرة- عبد الرزاق التركماني(2009)

النباتات الطافية ذات الجذور الممتدة داخل التربة:

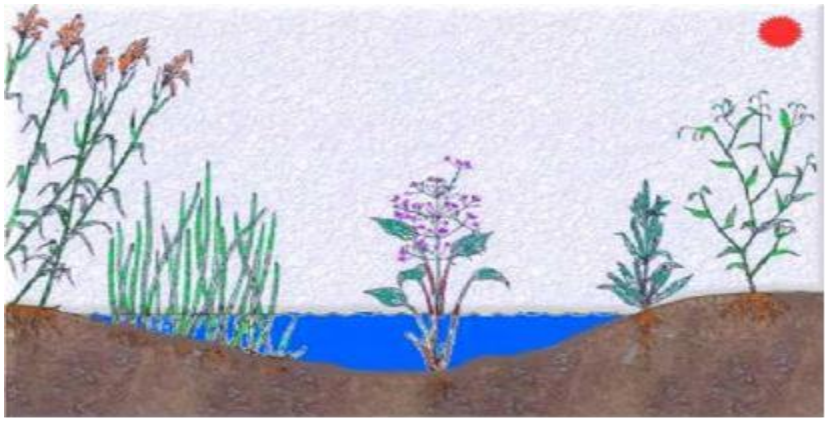
هذه النباتات الطافية قادرة على بلوغ القاع عبر سيقانها الطويلة حيث تنمو جذورها ضمن قاع الحوض.



الشكل II (5) يبين نموذج لنوع من النباتات الطافية ذات الجذور الممتدة داخل التربة- عبد الرزاق التركماني(2009)

2.1.5.II النباتات المائية البارزة Emergent Macrophites :

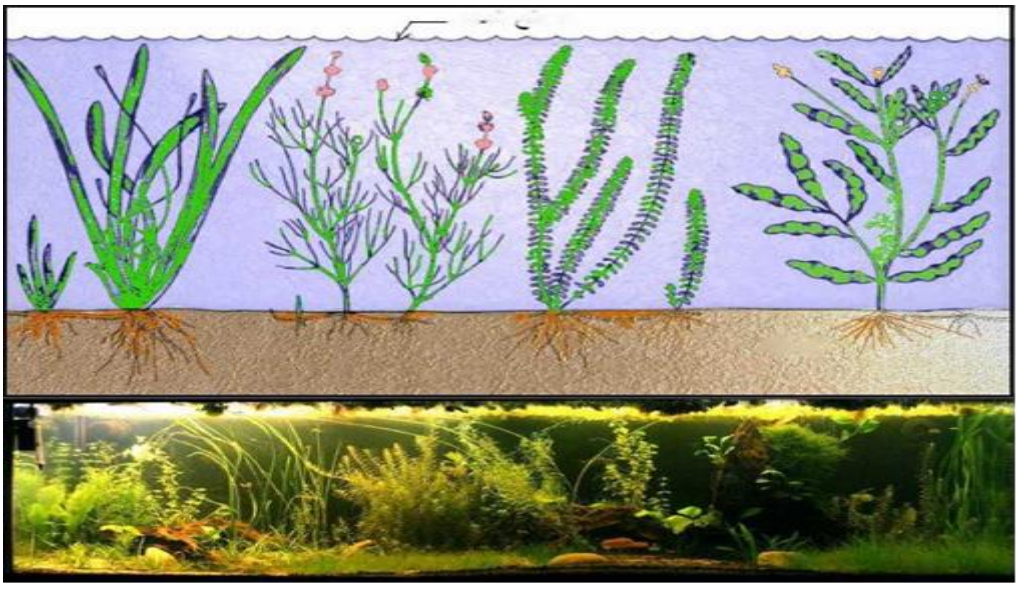
وهي التي تكون جميع أو بعض أعضائها الخضرية بارزة أو منبثقة خارج سطح الماء . ومن الأمثلة على هذه النباتات القصب Phragmites ونبات (Typha) .



الشكل II (6) يوضح مظهر عام للنباتات المائية بارزة Submerged Macrophytes- عبد الرزاق التركماني(2009)

3.1.5.II النباتات المائية المغمورة كليا في الماء(Submerged Macrophytes):

وهي التي تنمو كليا 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.



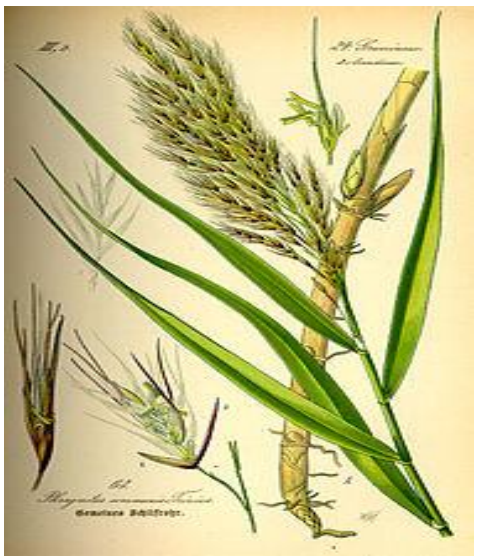
الشكل II (7) يبين بعض نماذج العينات التي تعيش مغمورة بالمياه- عبد الرزاق التركماني(2009)

6.II النباتات المائية المستخدمة:

القصب:

القيصوب أو الغاب أو البردي أو البوص (باللاتينية: Phragmites) جنس نباتي ينتمي إلى الفصيلة النجيلية ويضم أنواعًا عشبية معمرة. هو نبات عشبي معمر له ساق قائمة وساق أخرى زاحفة وهذه الساق تكون كثيرة التشعب، وتغطي الفروع الفتية بغمد الأوراق التي تكون مغططة طولياً وتحيط بالساق. والنورة ذات محاور طويلة تكون بنية اللون أو بنفسجية لها شكل بيضوي أو متطاول ويحمل المحور أشعاراً طويلة حريرية. وينمو القيصوب في معظم البلاد العربية، وهو نبات مائي يتحمل ملوحة التربة لذلك ينمو على جوانب الأودية والجداول المائية والمستنقعات.

النطاق:	حقيقيات النوى
المملكة:	النباتات
الشعبة:	مستورات البذور
الطائفة:	أحاديات الفلقة
الرتبة:	القبئيات
الفصيلة:	نجيلية
الأسرة:	Arundinoideae
القبيلة:	Arundineae
الجنس:	Phragmite



الشكل II (8) لرسم توضيحي لنبات القيصوب (**Phragmites australis**) [2]

ويعد نبات القصب Phragmites australis من النباتات المائية البارزة الأكثر استخدام في الإزالة الحيوية بسب قدرتها على الكبيرة امتصاص المغذيات من القاع وعمود الماء وامتلاكها للرايزومات التي توفر مساحة سطحية اكبر لتحطم الملوثات بالبكتريا ،كما يعمل القصب على فرز أنزيمات قادرة على تحلل المواد العضوية الموجودة في المياه وقدرته على فرز مضادات حيوية قادرة على قتل الكائنات الممرضة في المياه.(باسم الخفاجي و آخرون.2016)

7.II أنواع الركائز المستخدمة في أحواض المعالجة بالنباتات:

تمثل الركائز دعامة الغطاء النباتي للأراضي الرطبة، وتوفر مواقع التحولات الكيميائية الحيوية والكيميائية، وتوفر كذلك أماكن لتخزين الملوثات لإزالتها. وتشمل الركائز التربة والرمل والحصى والمواد العضوية.

1.7.II التربة:

ان العديد من أنواع التربة مناسبة للأراضي الرطبة المبنية. تشمل خصائص التربة التي يجب أخذها في الاعتبار عند اختيار التربة سعة تبادل الأيونات الموجبة الشحنة (CEC) ، ودرجة الحموضة ، والتوصيل الكهربائي (EC) ، والملمس ، والمواد العضوية للتربة.

يؤثر الرقم الهيدروجينيpH للتربة على توافر المعادن الثقيلة والمغذيات والاحتفاظ بها. يجب أن يكون الرقم الهيدروجيني للتربة يتراوح بين 6.5 و 8.5.

يؤثر التوصيل الكهربائي (EC) في التربة على قدرة النباتات والميكروبات على معالجة المواد المتدفقة إلى الأراضي الرطبة المبنية. تعتبر التربة ذات EC أقل من4 µS/cm. أفضل كوسيط نمو.

تمثل المساحة السطحية لجسيمات التربة و "الشحنة الكهربائية على أسطح جسيمات التربة جزءًا كبيرًا من نشاط التربة". في شمال شرق الولايات المتحدة ، تحمل معظم التربة شحنة سالبة صافية ، وبالتالي توفر مواقع ربط للكهرباء الساكنة للأيونات الموجبة الشحنة (cations) ، مثل Ca^{+2} و Mg^{+2} و Fe^{+2} و Al^{+3} و Mn^{+2}. يمكن أن تتبادل هذه الأيونات الموجبة الشحنة على سطح التربة مع الأيونات الموجبة الشحنة الأخرى في محلول التربة ، ومن هنا تبادل مصطلح الكاتيون .

(CEC) يقيس قدرة التربة على حمل أيونات موجبة الشحنة حيث يتغير بشكل كبير بين أنواع مختلفة من التربة. يجب أن تكون CEC للتربة التي ستستخدم كوسط زراعة أكبر من 15m éq/g من التراب.

إن قدرة التربة على إزالة الملوثات والاحتفاظ بها هي دالة على ملامسة التربة والمياه. التربة الرملية أو الجسيمة لها قيم K (مسامية) عالية حيث يتحرك الماء بسرعة خلالها. وعلى النقيض ، فإن القوام الأكثر نعومة للتربة الطينية أو الطمييية يعزز اتصالاً أطول بمياه التربة. يتدفق من خلال التربة العضوية المتحللة بشكل جيد ومعظم الطين بطيء.

يجب أن توفر التربة مادة عضوية كافية. لتغذية نمو النبات والنشاط الميكروبي ، خاصة أثناء بدء التشغيل. غالباً ما تكون الأراضي الرطبة مبنية من التربة غير الخصبة في الموقع ، ويجب إدخال التعديلات العضوية ، مثل السماد أو النفايات النباتية أو أوحال المجاري ، في الركيزة.

يؤثر نسيج التربة على نمو الجذور والاحتفاظ بالملوثات. فالتربة الرملية الخشنة لها احتمالات ضعيفة لاحتجاز الملوثات. هذه النوع يحافظ على النباتات بشكل جيد ولكنها منخفضة في المغذيات. وقد ثبت أن إضافة المواد العضوية إلى تربة رخامية خشنة يحسن بقاء النباتات ونموها خلال السنوات الأولى من الزراعة العضوية.

يجب تجنب التربة الكثيفة ، مثل الطين والصخر الزيتي ، لأنها يمكن أن تمنع تغلغل الجذور ، و لأنها تفتقر إلى المغذيات ، ولها ناقلية هيدروليكية منخفضة.

يمكن استخدام التربة ذات الطين العالي في المواد المغذية لها ، ولكنها قد تكون مناسبة للأراضي الرطبة المستخدمة لمياه الصرف الغني بالمغذيات ، مثل مياه الصرف الزراعي والمنزلي. سوف تكون هناك حاجة القبول العضوي. تتمتع التربة التي تحتوي على قدر كبير من الألمنيوم القابل للاستخراج بإمكانيات أكبر على استيعاب الفوسفور مقارنة بالتربة العضوية ، مما يجعلها مناسبة تمامًا لمعالجة المياه العادمة المنزلية.

على الرغم من أنها شائعة في الأراضي الرطبة الطبيعية ، إلا أنها غير محبذة. يمكن التخلص من طعم الأحماض العضوية التي تساهم في انخفاض الرقم الهيدروجينيpH. أيضا ، عندما تغمرها المياه يكون لها نسيج ناعم وفضفاض لا يستطيع توفير الدعم الكافي للنباتات.

يجب تحليل التربة قبل استخدامها في الأراضي الرطبة. معلومات خاصة بالموقع على الموصلية الهيدروليكية ونفاذية الموقع. يجب أن تتضمن تحليلات التربة في المختبر محتوى الصلصال ، ونوع الطين ، ونسبة المواد العضوية ، والمحتوى المعدني.(1995) .DUPOLDT and al

2.7.II الرمل والحصى:

الأراضي الرطبة المشيدة لاستقبال مياه تحتوي على تركيزات عالية من المغذيات ، مثل مياه الصرف المنزلية والزراعية. يمكن بناؤها بالرمل أو الحصى. الرمل هو بديل رخيص الثمن للتربة ويوفر نسيجًا مثاليًا. يمكن استخدام الحصى أيضًا. وقد استخدمت العديد من الأراضي الرطبة المحلية لمياه الصرف الصحي في الولايات المتحدة وسائل تتكون من الحصى المتوسط إلى الصخور الخشنة. أصبحت الرمال والحصى بسرعة بالغة الأهمية.(1995) .DUPOLDT and al

3.7.II المواد العضوية:

استُخدمت المواد العضوية الثابتة ، مثل السماد الفطر المستنفد ، ونشارة الخشب ، فضلات الدجاج ، كعناصر عضوية. يوفر مصدرا للكربون لدعم النشاط الميكروبي. هذه المواد مطلوبة لمعالجة الأكسجين ، وهي ضرورية لعمليات معالجة معينة ، مثل تقليل النترات وتحييد التصريف الحمضي للمجاري. DUPOLDT and al. (1995)

8.II آلية إزالة وفصل المعادن

توجد المعادن في المياه الملوثة على شكلين شكل مذاب وشكل جزئي، الشكل الجزئي يزال عن طريق التصفية، أما بالنسبة للشكل المذاب فيوجد طريقتين لإزالته:

الطريقة الأولى : تترسب 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 ترسيبها مع المعادن الثقيلة على شكل هيدروكسيد الحديد.

الخلاصة:

يتبن لنا في هذا الفصل و استنادا على ابحاث كثيرة قام بها مجموعة من الباحثين في هذا المجال، مدى فعالية نظام المعالجة بالنباتات المائية أو ما يعرف بالأراضي الرطبة المصطنعة في تنقية و تطهير مياه الصرف الصحي .

و لقد حاولنا تقديم فكرة عن أنواع الأحواض و ابراز دور كل من النبات و الركيزة و الكائنات الحية الدقيقة في آليات القضاء على الملوثات و المعادن من مياه الصرف الصحي.

و قد أثبتت هذه النظم كفاءتها في التطهير و هي فعلا تعتبر كبديل للنظم الأخرى التي تكلف الكثير ،الا أنها تحتاج الى مساحات شاسعة لأداء وظيفتها على أكمل وجه.

1.III مقدمة:

ان هذا الشطر من العمل أنجزناه في محطة الأعمال التجريبية التابعة لقسم الهندسة المدنية و الري بجامعة محمد خيضر – بسكرة ، وكذلك في مخبر لرغيد.

لقد اقترحنا نوع من النباتات المائية الشهيرة المستخدمة ضمن محطات المعالجة بالنباتات الا وهي نبات القيصوب (Phragmites austoralis) للقضاء على المعادن الموجودة في مياه الصرف الصحي ،لكن هدفنا الرئيسي هو معرفة دور الركيزة في ذلك، و لقد وصفنا الطرق والمواد المستخدمة.

الشكلIII. (1) صورة للمحطة التجريبية لقسم الري

2.III العتاد و الطرق:

1.2.III جمع العينات:

جمعت العينات النباتية للقصب (Phragmites australis). من المحطة فقط، خلال فصل الشتاء أواسط شهر فيفري 2018،حيث أنها توجد بوفرة هناك، و من ثم تم غسل هذه النباتات بالماء للتخلص من المواد العالقة و الطين المتواجد على الجذور، بعد ذلك قمنا بوضعها في دلاء مملوءة بماء الحنفية الى حين بروز جذور جديدة.

الشكل III. (2) وضع النبات بالماء بعد تنقيته

أما بالنسبة لعينات المياه فجمعت من واد المالح الواقع بين مدينة بسكرة و مدينة سيدي عقبة (ولاية بسكرة)، الذي تصرف فيه مياه الصرف الصحي لحي شتمة..المعدة لشغل المرشحات المزروعة. يتم عرض الخصائص الفيزيائية الكيميائية لهذه المياه في الجدول (1).التالي.

الجدول III (1).الخصائص الفيزيائية و الكيميائية للمياه المستعملة

pH	CE (Us/cm)	DBO5 (mg/l)	DCO (mg/l)	MES (mg/l)	T C°	NH_4^+ (mg/l)	NO^{-3} (mg/l)
7.95	2.69	-	345	17	29	41.11	8.42

2.2.III تصميم أحواض التجربة:

صممت الأحواض كذلك في فصل الشتاء من شهر فيفري 2018.في المحطة التجريبية التابعة لقسم الهندسة المدنية و الري – جامعة محمد خيضر – بسكرة.(Station n° 2).

اذ استخدمنا 3 أحواض من البلاستك القوي اسطوانية الشكل سعة كل واحد 30 لتر ، تم تجهيز كل الأحواض بحنفية في أسفل السطح الجانبي .كما هو موضح في الصورة.

الشكلIII. (4) صورة للأحواض بعد تهيئتهم

3.2.III تجهيز الركيزة (الحصى):

الركيزة المستخدمة في دراستنا هي من نوع الحصى الرسوبي .

أولا قمنا بجمع الحصى بمختلف أحجامها ثم غربلتها بعد ذلك فرزناها الى 4 أصناف ،و من ثم انتقلنا الى عملية الغسل و كررنا ذلك عدة مرات (لتفادي أي خطأ أثناء التحليل في المخبر) ثم فرشناها و عرضناها للشمس لكي تجف.

الشكل III. (5) صور للأصناف الأربعة من الحصى

بعد كل تعبئة، يتم رش المرشحات للتخلص من جميع الشوائب (الأملاح والمواد العضوية والنفايات والشحوم) المتبقية في الخزانات.

إن الحصى المستخدم لملء المرشحات هو من أصل غريني وفقًا لـ (Mimeche et al.، 2010) ويتم اختياره لأنه يستوفي الشروط التالية:

- توفير احتياطي مغذ.
- يسمح بتبادل الغازات بين الهواء والجذور.
- يوفر الدعم المهم للنبات.
- يكون نافذا بدرجة كافية لتجنب انسداد.
- يكون متوفر محليًا (من أجل تقليل التكاليف).

4.2.III اختيار النبات و خصائصه:

1.4.2.III اختيار النباتات المائية:

ويستند اختيار النباتات المزروعة على خمسة معايير هامة و هي: التكيف مع الظروف المحلية والمناخية لـ (منطقة بسكرة)، ومعدل نمو سريع، وسهولة تصدير الكتلة الحيوية المنتجة ونظام جذر كبيرة . كما ذكرنا أعلاه ، فإن النباتات التي تم اختبارها هي القيصوب (Phragmites australis).

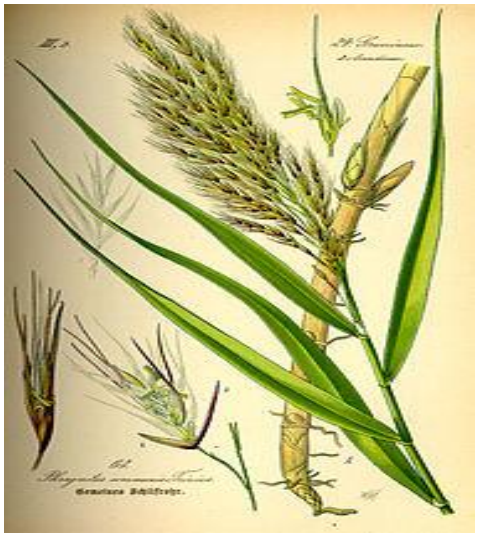
تنتمي النباتات المائية المختارة إلى مجموعة من helophytes وتتميز بشكل خاص بأنظمة جذورها النشطة جدًا وقادرة على التحمل و لو كان الجزء العلوي من النبات مجففا (تستطيع هذه النباتات حتى تحمل فترات الجفاف).

حاولنا اختيار نباتات ذات تراكم مفرط، والتي تمتص وتجمع كميات كبيرة من ايونات المعادن وأيضا أن تتكيف مع أوساط شبه قاحلة. ووقع الاختيار على (القيصوب)، والنباتات التي تم اختبارها في منطقة بسكرة من قبل فريق البحث نفسه يتكون كل من الاساتذة "دبابش محمود ،ميمش ليلى ،صغيري نورا، بن عمور نسيمة". وقد أظهرت هذه النباتات كفاءة كبيرة في إزالة أنواع مختلفة من الملوثات من مياه الصرف الصحي في المناطق الحضرية والصناعية. مما يبرر اختيارهم لدراسة إمكانية الحد من الرصاص.

2.4.2.III القصب او القيصوب الجنوبي:

القيصوب أو الغاب أو البردي أو البوص (باللاتينية: Phragmites) جنس نباتي ينتمي إلى الفصيلة النجيلية ويضم أنواعًا عشبية معمرة. هو نبات عشبي معمر له ساق قائمة وساق أخرى زاحفة وهذه الساق تكون كثيرة التشعب، وتغطي الفروع الفتية بغمد الأوراق التي تكون مغططة طولياً وتحيط بالساق. والنورة ذات محاور طويلة تكون بنية اللون أو بنفسجية لها شكل بيضوي أو متطاول ويحمل المحور أشعاراً طويلة حريرية. وينمو القيصوب في معظم البلاد العربية، وهو نبات مائي يتحمل ملوحة التربة لذلك ينمو على جوانب الأودية والجداول المائية والمستنقعات.(wikipedia)

النطاق:	حقيقيات النوى
المملكة:	النباتات
الشعبة:	مستورات البذور
الطائفة:	أحاديات الفلقة
الرتبة:	القبئيات
الفصيلة:	نجيلية
الأسرة:	Arundinoideae
القبيلة:	Arundineae
الجنس:	Phragmite



الشكل III. (6) صورة لرسم توضيحي لنبات القيصوب(Phragmites australis)

ويعد نبات القصب Phragmites australis من النباتات المائية البارزة الأكثر استخدام في المعالجة الحيوية بسب قدرته الكبيرة على امتصاص المغذيات من القاع وعمود الماء وامتلاكها للرايزومات التي توفر مساحة سطحية اكبر لتهدم الملوثات بالبكتريا ،كما يعمل القصب على فرز أنزيمات قادرة على تحلل المواد العضوية الموجودة في المياه وقدرته على فرز مضادات حيوية قادرة على قتل الكائنات الممرضة في المياه.(باسم الخفاجي .2016)

الانتشار :

ينتشر في كثير من مناطق العالم من استراليا الر أوروبا و أمريكا الشمالية و حتى في الدول العربية.

التأقلم :

القيصوب الجنوبي من أهم النباتات التي تنتشر في البيئات المائية العذبة مثل شواطئ البحيرات و ضفاف الأنهار و المصاريف. يتميز القيصوب بسرعة الانتشار نظرا لتأقلمه و قدرته الفائقة على التنافس ، فهو يتميز بالسيادة على النباتات المائية المصاحبة له لذا يعتبر نباتا مجتاحا في كثير من البلدان .

الوصف النباتي :

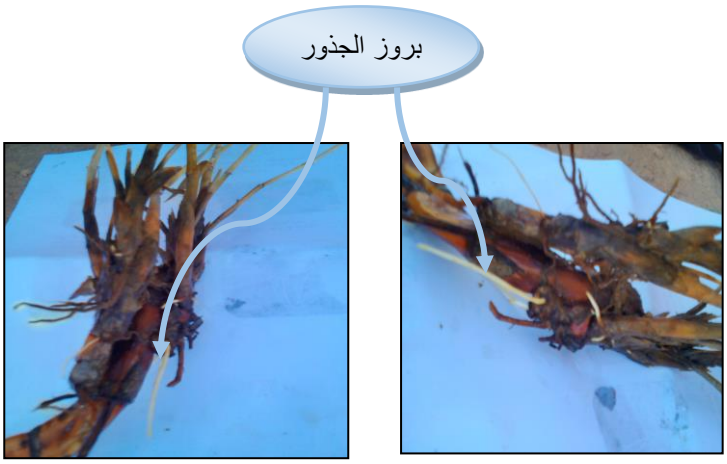
القيصوب نبات معمر ينتشر عن طريق الجذامير و يصل ارتفاعه إلى 3 أمتار النبات ذو مجموع خضري وفير وذو إنتاجية عالية في وحدة المساحة. تنتهي الساق بقمة تسمى الشمراخ يحتوي على العديد من الفروع، كل فرع ينتهي بتجمع زهري يسمى السنيبلات. ومن الأمثلة على هذه النباتات القصب(Phragmites australis) ونبات (Typha). إن الجذور والسوق الأرضية (Rhizomes) في هذه النباتات توجد بشكل دائم ضمن منطقة الترسبات وبحالة لا هوائية و هي بحاجة للحصول على الأكسجين من الهواء عبر أجزاء النبات الهوائية لاستمرار النمو. وبشكل مشابه فان الأوراق التي تكون تحت سطح الماء عليها ان تكون قادرة على التنفس اللاهوائي لفترة قصيرة حتى تتأمن البيئة الجوية الهوائية (Aerial habitat) لاسيما وان محتوى الأكسجين ضمن الماء منخفض جدا إذا ما قورن بالهواء الجوي.

استخداماته البيئية:

يستخدم القيصوب في معالجة مياه الصرف الصحي وإزالة الروائح الكريهة منها وتنقيتها في كثير من البلدان الأوربية مثل بريطانيا والدانيمارك. يزرع أيضا على جوانب الطرق وضفاف المجاري المائية لمنع انجراف التربة.

3.III تعبئة الأحواض:

بعد بروز الجذور الجديدة



الشكلIII. (7) صورة تبين بروز الجذور

تأتي الى مرحلة تعبئة الأحواض:

تملئ الاحواض الحصى الرسوبي(الأصناف الأربعة المفرزة) طبقة تلو طبقة بالترتيب من الأسفل الى الاعلى. الحوض الأول يزرع بكثافة تقدر بحوالي 15قصبة في الحوض، وأما الثاني سيبقى كشاهد.

الركائز التي تزرع فيها النباتات المائية ، وتشكل المرشح القائم على الحصى ، وتعبأ الاحواض البلاستيكية.

تنقسم البطانة إلى 4 طبقات ، من الأسفل إلى الأعلى. (الشكل)

- الطبقة الاولى (3 سم) حصى: حبيبات من 40 إلى 80 ملم
- الطبقة الثانية (10 سم) حصى خشن أو حصى: مقاس الحبيبات من 20 إلى 40 ملم.
- الطبقة الثالثة متوسطة الحجم (10 سم): مقاس الحبيبات من 5 إلى 10 ملم
- الطبقة الرابعة (15 سم) من الحصى الناعم: مقاس الحبيبات من 1 إلى 5 ملم.

الشكل III. (8) تبين الصور مراحل تعبئة الاحواض

بعد تعبئة الأحواض بالركيزة وزرع النباتات التي تم ريها في المقام الأول بماء الصنبور ثم بعد 15 يومًا ، قمنا بريها مع ثلث من مياه الصرف و 3\2 من مياه الشرب ، بعد 3 أيام 3\2 مياه عادمة و 3\1 مياه شرب (تم تنفيذ هذه الطريقة لكي تتكيف النباتات تدريجياً) وفي النهاية قمنا بتصريف الأحواض وملئها بالمياه العادمة.

5.III جمع عينات المياه:

بعدما صار المرشح النباتي جاهز للتجربة، ملأنا الاحواض بالمياه ، و قبل الشروع في اخذ العينات نبقي المياه داخل الاحواض لحوالي 24 ساعة.

- ✓ تاريخ التعبئة الاولى الاحواض بالمياه كان في يوم: 18 مارس 2018.

زمن مكوث المياه 4 أيام متتابعة، و كان الأخذ الأول للعينات من يوم 19 مارس 2018 (بحيث يكون الأخذ العينات ثلاث مرات في اليوم)

- ✓ تاريخ التعبئة الثانية للأحواض بالمياه المستعملة كان في يوم 15 فيفري 2018.

زمن مكوث المياه داخل الاحواض 4 أيام متتابعة ،و كان الأخذ الأول للعينات من يوم 16 أفريل 2018 (بحيث يكون الأخذ العينات ثلاث مرات في اليوم).

الشكل III. (9) صور تبين التعبئة بالمياه و كذا أخذ العينة -

من أجل زيادة تركيز الرصاص في المياه المستعملة ،

أضفنا كمية قليلة من مسحوق نترات الرصاص

و ذلك بعد حساب قيمة الكمية المراد اضافتها عبر العمليات الحسابية التالية:

الشكل III. (10) نترات الرصاص

1) 1mol de $Pb(NO_3)_2$ → 1mol de Pb

X → 1g de Pb

2) $207.2+ [14+ (16\times3)] \times2$ → 207.2 g

X → 1g

3) $X= \frac{207.2+[14+(16\times3)]\times2}{207.2} = 1.598$ g $Pb(NO_3)_2$

4) لأجل تركيز قدره 100مغ/ل من $Pb(NO_3)_2$:

1.598 g Pb (NO3)2 → 1000 mg

X → 100mg

X= 0.1598 g للتر الواحد

الحوض المجهز وسع لكمية من المياه قدرها 10.5 لتر، اذن سنستعمل لكل حوض قيمة قدرها

→ $0.1598\times10.5= 1.6779$ g de Pb $(NO_3)_2$.

4.III بروتوكول التحليل:

1.4.III فحص الرصاص بطريقة مقياس الجهد (فرق الكمون):

1.1.4.III وصف الطريقة:

تعتمد أساليب قياس الجهد على قياس فرق الكمون الكهروكيميائي لأي محلول في غياب التيار الكهربائي. ثم يتم الحصول على تركيز أيون بدلالة الجهود المقاسة في غشاء القطب الخاص بكل أيون.

المعدات اللازمة لتنفيذ هذه الأساليب بسيطة وتتطلب قطب مرجعي وقطب قياس ونظام لقياس الجهود الكهروكيميائية.

يجب أن تكون معروفة من القطب المرجعي ويجب ألا تعتمد على تكوين المحلول. يجب أن تظل ثابتة أيضًا. يجب أن تكون الأقطاب المرجعية المثالية قابلة للانعكاس ، وتعطي جهود ثابتة مع مرور الوقت ، وتعود إلى الجهود الأصلية بعد استخدامها. ولكن مثل هذه الأقطاب الكهربائية غير موجودة ، فإن الأقطاب الكهربائية

الأكثر استخدامًا هي الأقطاب الكهربائية من كالوميل أو كلوريد الفضة. أقطاب القياس المستخدمة لتحليل المعادن الثقيلة هي أقطاب مع غشاء سائل أو بلاستيكي.

أ) تتميز طرق Potentiometric بالعديد من المزايا: فهي بسيطة وبالتالي غير مكلفة. بالإضافة إلى ذلك ، تكون أجهزة القياس التي تستخدم هذه الطرق محمولة بشكل عام. هذه الطرق سريعة أيضًا ، ومن ثم يمكن استخدامها كطرق عبر الإنترنت: عادةً ما يستغرق القياس بضع دقائق حتى يكتمل.
جهاز قادر على قياس العديد من المعادن الثقيلة ، إن اختيار هذا القطب يعتمد أيضا على السرعة والدقة المطلوبة، ومدى تركيز ونوع العينة ومكان القياس.(مراد .2014)

ب) عيوب طريقة potentiometric: يتطلب استخدام الأقطاب الكهربائية تحقيق المعايرة. لذلك من الضروري استخدام حلول للتركيزات المعروفة. بالإضافة إلى ذلك ، للكشف عن وجود معدن ثقيل ، فمن الضروري استخدام قطب كهربائي محدد لكل الأيونات. لذلك من الضروري أن نعرف مسبقا أي الأيونات من المحتمل أن تكون موجودة في المحلول. هناك أيضا مشكلة في الانتواع: طرق قياس الجهد تسمح بقياس المعادن فقط في شكل أيونات.

وأخيرًا ، يتم أحيانًا تقييد أداء هذه التقنية من خلال التداخلات. يمكن أن يحدث هذا بسبب الاختلافات في درجة الحموضة أو درجة الحرارة ، على سبيل المثال ، ولكن هذه التدخلات ليست مهمة بشكل عام.(مراد.2014)

2.1.4.III وصف الجهاز:

الجهاز المستخدم لتحديد تركيز المعادن الثقيلة هو من نوع HI4521 و HI4522. هذه هي أدوات المهنية مع شاشة LCD الرسوم البيانية لقياس الرقم الهيدروجيني PH ،فرق كمون أيونات الأكسدة (HI422 فقط) ، الناقلية ، درجة الحرارة ، يمكن تكوين العرض في قناة واحدة أو مزدوجة في وضع الاحتفاء:

المعلومات الأساسية فقط ، ومعلومات الممارسة المخبرية الجيدة ، ووضع الرسم البياني وتاريخ الذاكرة. (BRAHAM HASSIBA 2016)

الشكل III. (11) صور للجهاز أثناء العمل

الخلاصة :

في هذا الفصل حاولنا تقديم فكرة عن العتاد و طرق التحليل التي استخدمناها في اجراء هذه الدراسة ، و قدمنا كذلك جانب آخر يبرز تفاصيل التجربة المنجزة (التعبئة ،جمع العينات و زمن الأخذ).

النتائج المتحصل عليها حسب وسائل التحليل هذه سيتم توضيحها وتفسيرها ومناقشتها في الفصل التالي.

1.IV مقدمة:

بعد تحديد خصائص النبات والمواد المستعملة في النموذج التجريبي، في هذا الفصل سنقوم بحساب العائد (مردودية) للنبات لتحديد فعالية النباتات لتخفيض تركيز الرصاص و مقارنتها بالشاهد لمعرفة دور الركيزة في التخفيض كذلك .

2. IV فحص تركيز الرصاص:

1.2.IV تحضير المحلولة الأم:

من أجل معايرة الرصاص سنستعمل محلولا معلوم التركيز.

الشكل IV (1) صورة لقارورة المحلول الأم

2.2.IV تحضير المحاليل البنت:

بداية من المحلول المقاس ذو التركيز 1000 ملغ / لتر ، تم إعداد مجموعة من الحجل ذات سعة 100 مل ، كما هو موضح في الجدول التالي.

الجدول IV(1) تشكيلة معايرة من Pb^{2+}

تركيز Pb^{2+} (ملغ/ل)	1	50	100	150	200	250
الحجم المسكوب من المحلول الأم(مل)	0.1	5	10	15	20	25

تحقيق تشكيلة المعايرة للرصاص من خلال جهاز متعدد الوظائف الذي يعطي فرق الكمون في Mv:

- إضافة مؤشر من الرصاص مل (محلول الام)
- اكماله بالماء المقطر الى غاية 100مل.

- وضع الأقطاب الكهربائية و قراءة فرق الكمون من خلال شاشة Mv

الشكل IV (2)المحاليل المشكلة من المحلول الام

الجدول IV (2) يوضح فروق الكمون

تركيز الرصاص بـ (مغ/ل)	1	50	100	150	200	250
فرق الكمون (Mv)	-286.4	-150.9	-125.5	-111.7	-90.1	-82.6

انشاء منحنى المعايرة:

الشكل IV (3) منحنى معايرة الرصاص

3.2.IV تحليل الماء المعالج :

- سحب كمية 20 مل من العينة.
- إضافة 0.4 مل من مؤشر الرصاص .
- غمس القطبين الكهربائيين في الحوجلة ثم قراءة النتيجة على شاشة الجهاز.

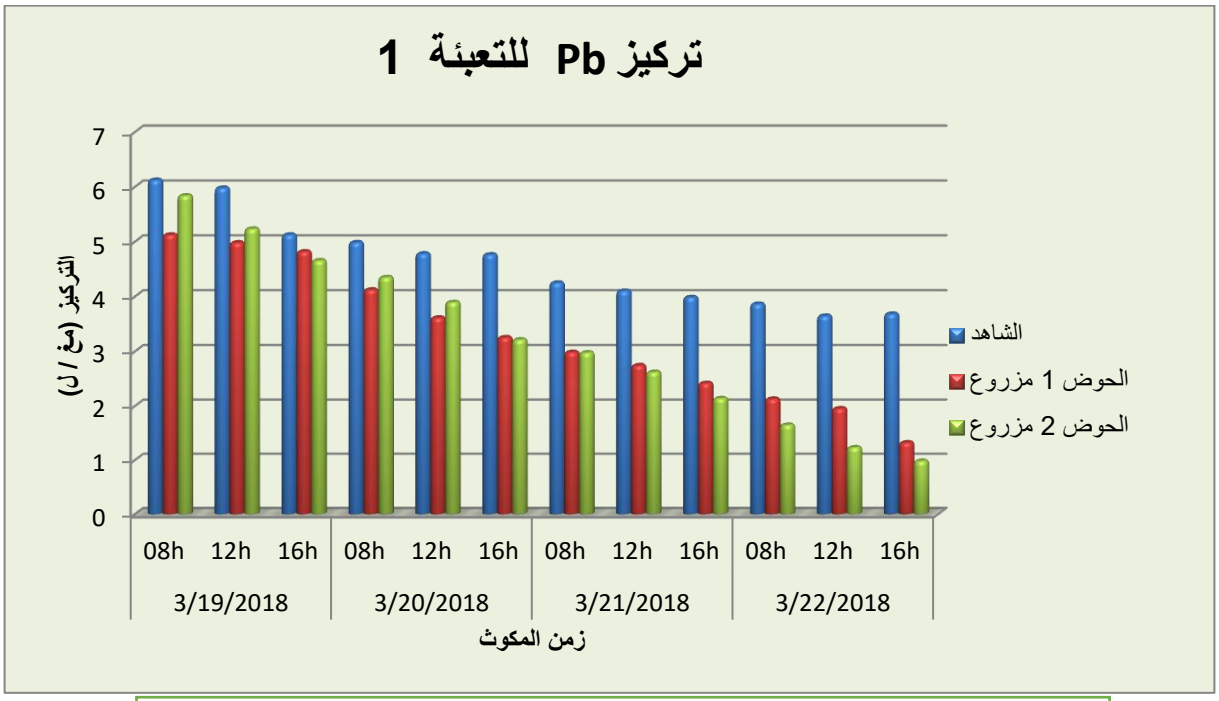
الشكل IV (4)يبين مرحلة تحليل الماء بالجهاز

3.IV ازالة الرصاص:

قيمة تركيز الرصاص في الماء (في التعبئة الأولى و الثانية) هي: 6.24 (مغ/ل).

الجدول IV (3) تركيز الرصاص للتعبئة الأولى الخارج من المرشحات النباتية (مغ/ل)

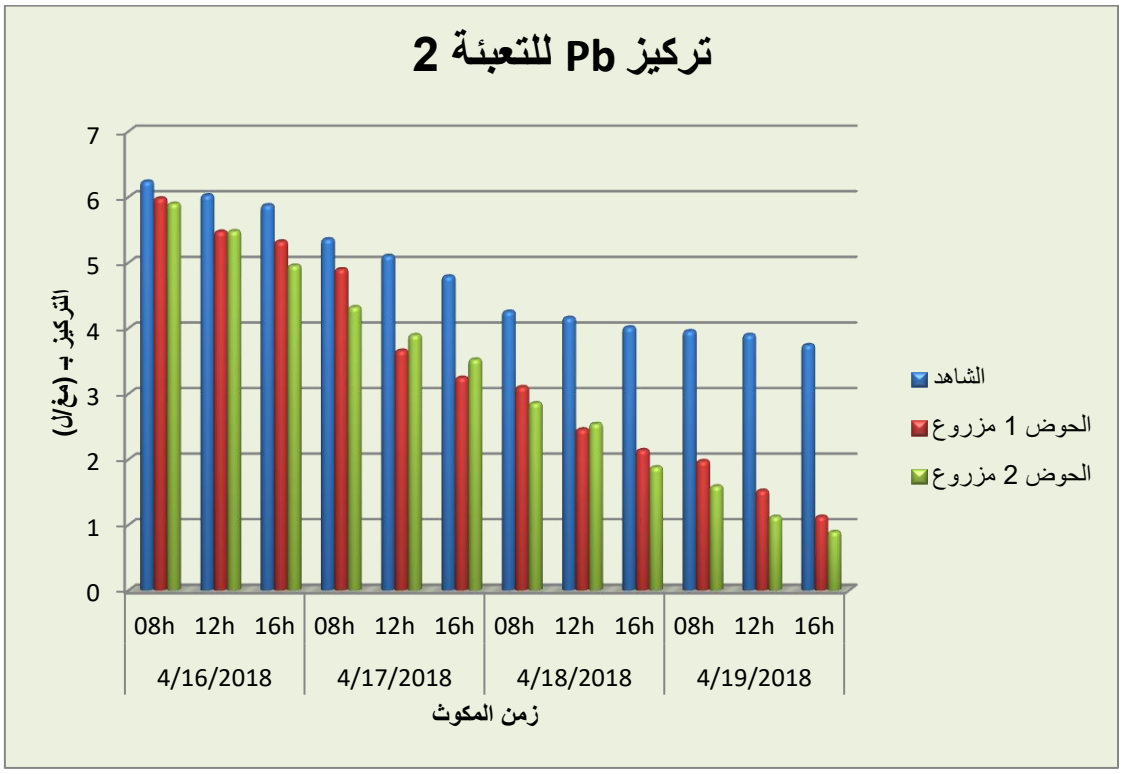
التاريخ	وقت السحب (بالساعة)	الشاهد	الحوض 1 مزروع	الحوض 2 مزروع
3/19/2018	08h	6.124	5.127	5.841
	12h	5.981	4.984	5.234
	16h	5.127	4.821	4.657
3/20/2018	08h	4.987	4.125	4.351
	12h	4.782	3.614	3.897
	16h	4.765	3.254	3.214
3/21/2018	08h	4.251	2.987	2.978
	12h	4.102	2.745	2.624
	16h	3.987	2.421	2.142
3/22/2018	08h	3.864	2.132	1.651
	12h	3.647	1.954	1.234
	16h	3.684	1.324	0.984



الشكل IV (5) تقدير تركيز الرصاص في التعبئة 1 لأحواض الترشيح الثلاث

الجدول IV (4) تركيز الرصاص للتعبئة الثانية الخارج من المرشحات النباتية (مغ/ل)

التاريخ	وقت السحب (بالساعة)	الشاهد	الحوض 1 مزروع	الحوض 2 مزروع
4/16/2018	08h	6.234	5.978	5.896
	12h	6.024	5.471	5.478
	16h	5.874	5.321	4.952
4/17/2018	08h	5.354	4.898	4.321
	12h	5.102	3.657	3.894
	16h	4.789	3.245	3.521
4/18/2018	08h	4.251	3.102	2.857
	12h	4.157	2.457	2.541
	16h	4.012	2.142	1.879
4/19/2018	08h	3.954	1.974	1.587
	12h	3.897	1.521	1.124
	16h	3.742	1.124	0.892



الشكل IV (6) تقدير تركيز الرصاص في التعبئة 2 لأحواض الترشيح الثلاث

النتائج المتوسطة لتراكيز الرصاص في المياه المعالجة بعد زمن مكوث دام 4 أيام لكلا التعبئتين بكثافة 15 ساق للحوض ،موضحة في الجداول (3) و (4) ، و الأشكال (5) و (6) .

- في التعبئة الأولى كان تركيز الرصاص الداخل الى المرشح النباتي هو 6.24(مغ/ل)

و أما عند خروجه من المرشح لاحظنا انخفاضا واضح في التراكيز.

- بالنسبة للتعبئة الثانية فنفس الشيء كما في الأولى.

4.IV حساب المردود R%:

$$R\% = ((C_0 - C_i)/C_0) * 100\%$$

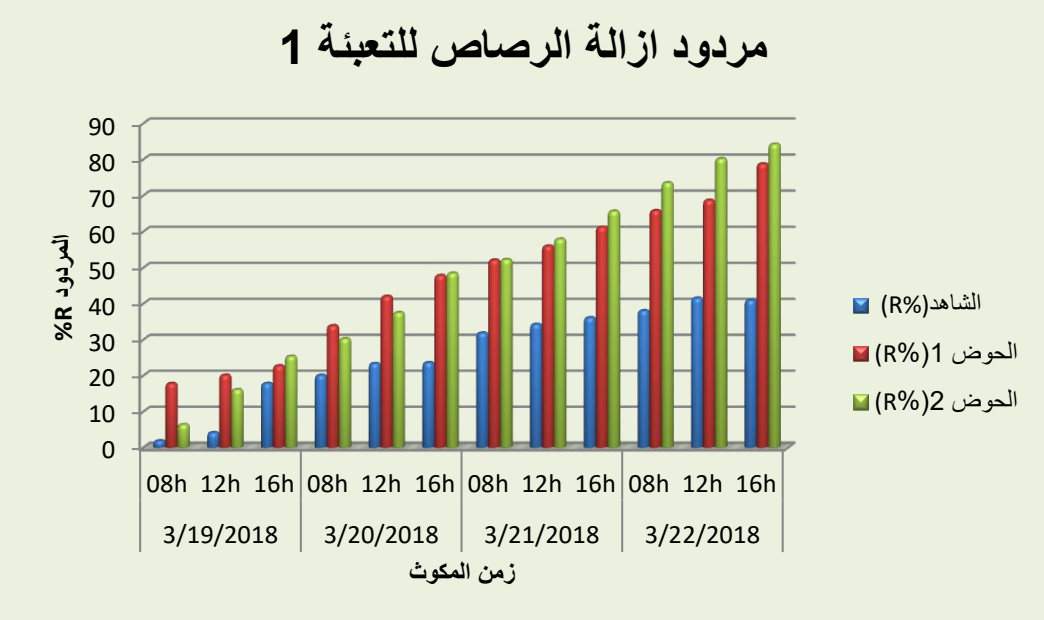
R%: المردود (le rendement %)

C_0: التركيز الابتدائي للرصاص

C_i: التركيز عند كل أخذ.

الجدول IV(5) يوضح نسب إزالة الرصاص للتعبئة 1

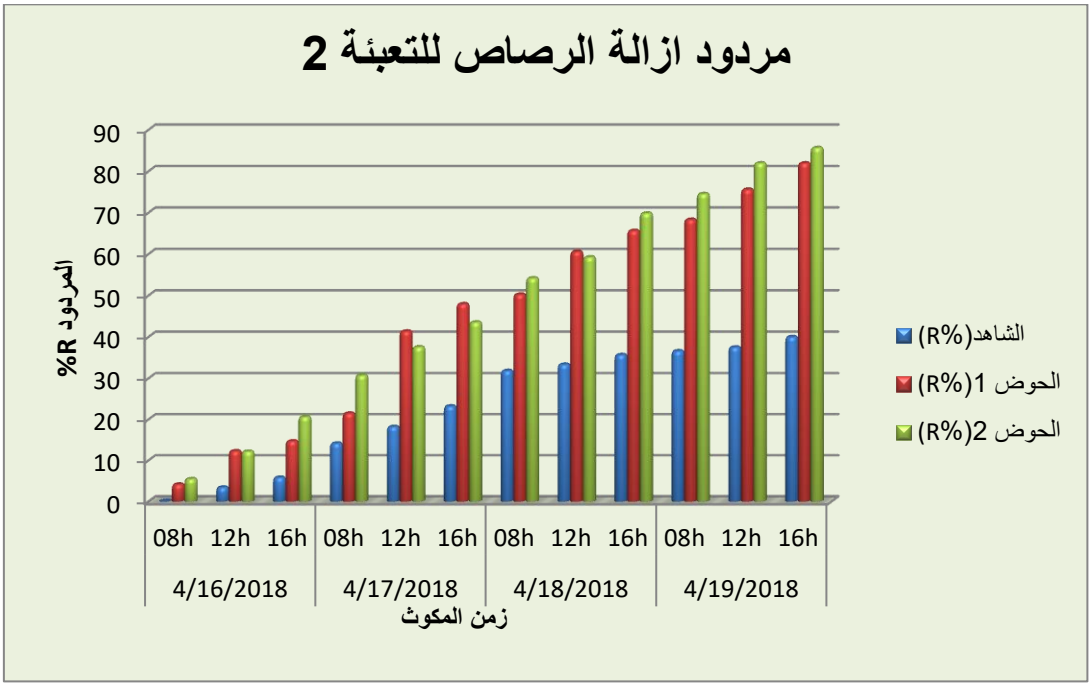
اليوم	الساعة	الشاهد(R%)	الحوض 1(R%)	الحوض 2(R%)
3/19/2018	08h	1.85897436	17.8365385	6.39423077
	12h	4.15064103	20.1282051	16.1217949
	16h	17.8365385	22.7403846	25.3685897
3/20/2018	08h	20.0801282	33.8942308	30.2724359
	12h	23.3653846	42.0833333	37.5480769
	16h	23.6378205	47.8525641	48.4935897
3/21/2018	08h	31.875	52.1314103	52.275641
	12h	34.2628205	56.0096154	57.9487179
	16h	36.1057692	61.2019231	65.6730769
3/22/2018	08h	38.0769231	65.8333333	73.5416667
	12h	41.5544872	68.6858974	80.224359
	16h	40.9615385	78.7820513	84.2307692



الشكل IV (7) يوضح مردود إزالة الرصاص بالنسبة للتعبئة الأولى

الجدول IV (6) يوضح نسب إزالة الرصاص للتعبئة 2

اليوم	الساعة	الشاهد(R%)	الحوض 1(R%)	الحوض 2(R%)
4/16/2018	08h	0.09615385	4.19871795	5.51282051
	12h	3.46153846	12.3237179	12.2115385
	16h	5.86538462	14.7275641	20.6410256
4/17/2018	08h	14.1987179	21.5064103	30.7532051
	12h	18.2371795	41.3942308	37.5961538
	16h	23.2532051	47.9967949	43.5737179
4/18/2018	08h	31.875	50.2884615	54.2147436
	12h	33.3814103	60.625	59.2788462
	16h	35.7051282	65.6730769	69.8878205
4/19/2018	08h	36.6346154	68.3653846	74.5673077
	12h	37.5480769	75.625	81.9871795
	16h	40.0320513	81.9871795	85.7051282



الشكل IV(8) يوضح مردود إزالة الرصاص للتعبئة 2

5.IV تحليل النتائج :

بالنسبة للمردود إزالة الرصاص R% نلاحظ تصاعد واضح من خلال الشكلين (5)و (6) مما يدل على الازالة الفعالة للمعدن .

- ✓ فبالنسبة للشاهد كان مردوده في الازالة لكلا التعبئتين على الترتيب 40.96 % و40.03 % لأجل زمن مكوث دام 4 أيام.
- ✓ الحوض (1) بلغ مردوده في كلا التعبئتين على الترتيب 78.78 % و 81.98 %. لأجل زمن مكوث دام 4 أيام.
- ✓ الحوض (2) بلغ مردوده في كلا التعبئتين على الترتيب 84.23 % و 85.70 % لأجل زمن مكوث دام 4 أيام.

بصفة عامة نلاحظ أن نسبة انخفاض الرصاص داخل الحوض معتبرة اذ نلاحظ أنه يساهم في انقاص تراكيز الملوثات . و نلاحظ ان الركيزة داخل الحوض تقوم بحجز الرصاص على سطح الحصى المستعملة و بوجود الكائنات الحية الدقيقة في المياه المصرفة تسمح بتحلل المواد العضوية و تحرير المعادن(الرصاص).URBANC-BERCIC O. (1997)

و لكن هذه الأخيرة تبقى متواجدة في الوسط GESBERGR M et al ,(2005)

أما في الأحواض ذات النباتات فيكون دور الركيزة مزدوج

إضافة الى ما ذكر سابقا فهي تمثل الدعامة للنبات حسب ما ذكر ABISSY M., MANDI L. (2010)

و أما النبات الذي يقوم بإمداد الوسط بالأوكسجين عن طريق حركاته المتمايلة و يرتبط عمله بالكائنات الحية المتواجدة في الماء المستعمل ، و بالنسبة للجزء الجذري للنبات فيعمل على تحليل المواد العضوية و تحرير المعادن و لكن في هذه الحال يمتص النبات المعادن المحررة.SEGHAIRI,N et al, (2013)

6.IV الخلاصة:

مما سبق لاحظنا انخفاض لا بأس به في تراكيز الرصاص بالنسبة للشاهد و وصل الى نسبة 40 % من إزالة الرصاص ، و أما بالنسبة للحوضين الأخريين فكان الانخفاض كبيرا و فد بلغ نسبة إزالة 85%.

و من خلال هذا نلاحظ أن للركيزة دورا مهما بما أنها تساهم في خفض نسبة الملوث(الرصاص) بنسبة تصل الى 40 %.

الخاتمة :

إن عملنا هذا يبين دور الركيزة و قدرة نبات القيصوب الجنوبي (Phragmites australis) في تنقية مياه الصرف الصحي و بالخصوص خفض أو إزالة معدن الرصاص .

فقد أظهرت النتائج المتحصل عليها أن نسب إزالة معدن الرصاص في الحوض غير المغروس أي الشاهد بلغت حوالي 40 % و كانت نتائج لابأس بها بالنسبة لحوض غير مغروس(ركيزة + كائنات حية دقيقة) و أما بالنسبة للحوضين المغروسين بالنبات (Phragmites australis) فقد بلغ مردود إزالة الرصاص حدود 85 %.

إن الهدف المرجو في هذه الدراسة هو إظهار دور الركيزة في إزالة المعادن الثقيلة (الرصاص) الموجودة ضمن المياه المستعملة الحضرية ، حيث كان زمن مكوث الماء أربعة أيام داخل الأحواض كاف للتخفيض من تراكيز معدن الرصاص بشكل مقبول.

و من جهة أخرى أظهرت الدراسة أيضا أن وجود النبات له تأثير إيجابي على العامل أو النشاط البيولوجي ، فالنتائج المحصل عليها أظهرت بوضوح التخفيض الكبير في تراكيز الرصاص

إن العامل الأساسي المؤثر على النشاط البيولوجي هو وجود الركيزة و النبات و الكائنات الحية إضافة الى تطور النبتة في حد ذاتها.

الركيزة أثبتت دورها و كذلك نبات القيصوب الجنوبي (Phragmites australis) أثبت كفاءته وقدرته على تحقيق المواصفات المرغوبة لتصفية مياه المستعملة، عن طريق خفض نسبة المعادن الثقيلة والعوامل الممرضة، و الوصول إلى الحدود المسموحة لاستخدام المياه الناتجة من أحواض المعالجة بالنباتات في الزراعة (سقي الأشجار والفواكه والحبوب).

قائمة المراجع

المراجع الأجنبية:

- **Abibsi, N.,(2011)**, Réutilisation des eaux usées épurées par filtres plantes (phytoépuration) pour l'irrigation des espaces verts application à un quartier de la ville de Biskra. Université Mohamed Khider Biskra.
- **Abissy M., Mandi L. (2010).** Utilisation des plantes aquatiques enracinées pour le traitement des eaux usées urbaines : cas du roseau. Revue des sciences de l'eau, Rev. Sci . Eau 12/2 (1999), pp 285-315
- **Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2007)**. Toxicological Profile for lead (Update). Atlanta, GA: U.S. Department of Public Health and Human Services, Public Health Service.
- **Boulkrah ,H .,(2008),** étude comparative de l'adsorption des ion sur différents adsorbant. Mémoire Magister en chimie Université de Skikda ,Algérie
- CHAPTER 2 PROPERTIES OF LEAD(3)
- **Dupoldt and al. (1995)** , hand book of constructed wetlands.
- **Gesbergr M., Elkinsb V., Lyons R., Goldmanc R. (2005).** Role of aquatic plants in wastewater treatment by artificial wetlands. Wat. Res., **20** (3), p 363-368.
- **Hans, B. (1986)** : treatment of wastewater in the rhizosphere of wetland plants the root-zone method
- **J.Vymazal ,M Greenway ,K Tonderski, H Brix, Ü Mander. (1998)**, Constructed Wetlands for Wastewater Treatment.
- **Marie, C .(2008)**. devenir du plomb dans le système sol-plante .cas d'un sol contaminé par une usine de recyclage du plomb et de deux plantes potagères (Fève et Tomate)
- **Mourad B (2014)** :Plomb et sante humaine. Université Mohamed Khider Biskra
- **Nriagu, J. and Pacyna, J. (1988)**. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. Nature, 333:134-139
- **Nriagu, J.O. (1978)**. Lead in soils, sediments, and major rock groups. In :Biogeochemistry of Lead in the Environment : Part A, Ecological Cycles, ed. J.O. Nriagu. Elsevier/North Holland Biomedical Press, New York.

- **Nriagu, J.O. (1978)**. Lead in the atmosphere. In :Biogeochemistry of Lead in the Environment : Part A, Ecological Cycles, ed. J.O. Nriagu. Elsevier/North-Holland Biomedical Press, New York
- **OECD regulation (1993)**, risk reduction monographs Paris, France.
- **Poulet, J. B., Terfous, A., DAP, S. et Ghenaim, A. (2004)** : station d'epuration a lit filtrants plantes de macrophytes. Courier du savoir n° 05 juin 2004. Université Mohamed Khider Biskra.
- **Seghairi ,N., Mimeche. , L Debabeche,M. (2013)**. Elimination du cuivre contnu dans les eaux usées industrielles utilisant un filtre planté de tamarix. Courier de savoir. Université de Biskra. Vol .14, 2013
- **Shewood, (1993)** : bsurface constructed wetlands for wastewater treatment a technology assessment. ed epa. USA
- **Urbanc-Bercic O. (1997)**. Investigation in to the use of constructed reed beds for muicipal waste dump leachate treatment. Wat. Sci. Tech., 29, (4), pp 289-294. U.S Environmental Protection Agency. 1990- National sewage sludge survey: availability of information and data, and anticipated impacts on proposed regulations, proposed rule. U.S. Fed. Register, 55, 47209-47283
- **Wetzel, R. G., 1993**. Constructed wetlands: scientific foundations are critical. pp 3-7 in Constructed Wetlands for Water Quality Improvement, G.-A. Moshiri (ed.). CRC Press, Boca Raton, FL

المراجع العربية:

- التسممات المهنية الناتجة عن الرصاص و مركباته .منشورات المعهد العربي للصحة و السلامة 2009.
- **العابد ابراهيم.(2015)**:معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بنباتات محلية .جامعة قاصدي مرباح -ورقلة.
- **باسم يوسف الخفاجي و دنيا عذاب كاظم. رازق غازي نغيمش. (2016)**: استخدام نبات القصب في تنقية مياه فضلات المجاري في مدينة الناصرية. قسم علوم الحياة- كلية العلوم- جامعة ذي قار.
- **زياد جحى** . دراسة وجود الرصاص في التربة في أماكن مختلفة من محافظتي دمشق وريف دمشق كأحد مؤشرات التلوث البيئي. جامعة دمشق.

- **عبد الرزاق التركماني.(2009)**: دليل تخطيط و تصميم محطات المعالجة بالنباتات.
- **عصام أحمد عبد المنعم و أحمد بن إبراهيم التركي،(2012)**. العناصر الثقيلة مصادرها و أضرارها على البيئة. اصدار مركز الأبحاث الواعدة في المكافحة الحيوية و المعلومات الزراعية.

- www.startimes.com(1)
- www.wikipidia.com.(2)