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. : HU25/2018

Présenté et soutenu par :
Cherfi wadia

Le : dimanche 24 juin 2018

تأثير ارندو دوناكس في مرشح النبات المستخدم لإزالة النحاس من مياه الصرف الصحي

Jury :

Mme.	Rezag Assia	MCA	Université de Biskra	Président
Mme.	Yousef Leila	Pr	Université de Biskra	Examinateur
Mme.	Mimeche Leila	MCA	Université de Biskra	Rapporteur

Année universitaire : 2017 - 2018

الإهداء

الى كل من يؤمن بالله ربا وبالإسلام دينا وبالجزائر وطنا

بكل اخلاص امنح ثمرة تعبي وجهدي المتواضع الى كل من الى أمي وأبي العزيزين على قلبي اللذان وفرا لي الرعاية والحنان

وعلماني ان الامل والحلم يتحققان بالعمل والسهر وان الألم والأنين لا يداويهما إلا الصبر وعلماني ان جراح السنين لا تمتد مدى العمر

الى الشمعة التي احرقت نفسها عن طيب خاطر لتنير درب حياتي سندي الصامت ، رمز الحب ومنبع الحنان "أمي الغالية"

الى مصباح افكاري الذي ذلل لي الصعاب وأراد لي العلم والنجاح رمز العطاء ومنبع الصبر والثقة "أبي العزيز"

الى من اعيش في قلوبهم ويعيشون في قلبي :

الى اخوتي : اطلب من الله ان يوفقهم في دربهم.

الى كل المعلمين والأساتذة الذين كان لهم الفضل في تعليمي في كل مراحلي الدراسية.

الى كل اقاربي الى جميع اصدقائي وزملائي .

الى كل من ساعدني لانجاز هذا العمل المتواضع .

شكر وعرفان

"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

الفهرس

اهداء

شكر وعرفان

قائمة الاشكال

قائمة الجداول

ملخص

مقدمة عامة 1

الجزء الاول : الجزء النظري

الفصل الاول : تلوث المياه بالنحاس

I-1مقدمـة : 3

I-2 تعريف المعادن الثقيلة : 3

I-3 النحاس (Cu): 4

I-3-1عموميات على النحاس: 5

I-3-2الصيغة الفيزيائية والكيميائية للنحاس: 5

I-3-3 الخصائص البيولوجية: 6

I-3-4 الاستعمالات: 7

I-3-5 المصادر الطبيعية والبشرية: 7

I-3-6 سلوكه في الماء: 7

I-3-7 تواجده في جسم الإنسان : 8

I-4 تأثير المعادن الثقيلة على الصحة والبيئة 8

I-4-1 تأثير المعادن الثقيلة على الصحة : 8

I-4-2 تأثير النحاس على الصحة : 9

I-5 تأثير المعادن الثقيلة على البيئة: 10

I-5-1 تأثير النحاس على البيئة : 10

I-6 منشأ المعادن الثقيلة: 11
I-6-1 منشأ النحاس : 13
I-7 الخلاصة : 13

الفصل الثاني : تصفية المياه الملوثة بواسطة محطات المعالجة بالنباتات

II-1المقدمة 14
II-2تعريف محطات المعالجة بالنباتات: (constructed wetlands) 14
II-3تصنيف محطات المعالجة بالنباتات (الأراضي الرطبة): 15
II-4 تصنيف محطات المعالجة بالنباتات تبعا لاتجاه تدفق المياه عبر الميديا: 15
II-5المخطط العام لمحطة المعالجة بالنباتات: 16
II-6النباتات المائية المستخدمة ضمن محطات المعالجة بالنباتات: 18
II-7مرشحات النباتات : 21
II-8أحواض النباتات المستعملة في تصفية مياه الصرف الصحي: 22
II-8-1احواض النباتات ذات الجريان السطحي الحر : 22
II-8-2أحواض النباتات ذات الجريان تحت السطحي الافقي : 23
II-8-3أحواض النباتات ذات الجريان تحت السطحي الشاقولي : 24
II-8-4أحواض النباتات ذات الجريان المتنوع المهجن (أفقي + شاقولي): 25
II-9دور مختلف مكونات النظام : 26
II-9-1دور النباتات المائية في محطات المعالجة بالنباتات: 26
II-9-2دور مواد التعبئة : 27
II-9-3دور الكائنات الدقيقة (الأجسام المجهرية) : 27
II-10آليات إزالة الملوثات و فعالية أحواض المعالجة بالنباتات: 28
II-10-1آليات فصل و تحول المواد الصلبة المعلقة: 29
II-10-2 آليات فصل و تحول المواد العضوية: 31
II-10-3 آلية إزالة وفصل المعادن : 33
II-10-4آليات إزالة الازوت (النتروجين) : 33
II-10-5آليات فصل و تحول الفوسفور: 35
II-11الخلاصة : 36

الجزء الثاني : الجزء التطبيقي

الفصل الاول: طرق وادوات

I-1مقدمة : 37
I-2الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه المصرفة : 37
I-3دراسة المواد : 38
I-3-1معيار اختيار الركيزة:..... 38
I-3-2اختيار الركيزة:..... 39
I-3-2-1خصائص الحصى المستعمل في التجربة:..... 40
I-3-3النبات المستخدم في التجربة:..... 40
I-3-3-1وصف نبات ارندو دوناكس:..... 40
I-3-3-2معايير لاختيار ارندو دوناكس : 41
I-3-4اختيار الأحواض :..... 41
I-3-4-1ملء الأحواض المستعملة:..... 42
I-4الجزء المخبري:..... 42
I-4-1وصف الجهاز المستخدم :..... 42
I-4-2طريقة القياس:..... 42
I-4-3وصف وظيفي للجهاز :..... 43
I-4-4طريقة اضافة النحاس : 44
I-4-5طريقة أخذ العينات من المياه المعالجة : 45
I-5الخلاصة : 45

الفصل الثاني : تحليل ومناقشة النتائج

II-1مقدمة :..... 46
II-2قياس تركيز النحاس للمياه المعالجة :..... 46
II-3مردود الاحواض المزروعة بالنباتات :..... 49
II-4خلاصة :..... 52
الخلاصة العامة..... 53
المراجع

الجزء الاول : الجزء النظري

الفصل I: تلوث المياه بالنحاس	
الشكل (I-1): بعض الاشكال التقليدية للنحاس	5
الفصل II: تصفية المياه الملوثة بواسطة محطات المعالجة بالنباتات	
الشكل (II-1): يبين إحدى محطات المعالجة بالنباتات الطافية بالولايات المتحدة الأمريكية	15
الشكل (II-2) : يبين أنواع محطات المعالجة بالنباتات حسب اتجاه و نوع الجريان	16
الشكل (II-3): مخطط عام مع مقطع شاقولي لمحطة معالجة بالنباتات ذات الجريان الأفقي	17
الشكل (II-4): مخطط عام لمحطة معالجة بالنباتات ذات الجريان الشاقولي	17
الشكل (II-5) : النباتات المائية ضمن أحواض المعالجة بالنباتات	18
الشكل (II-6) : يبين بعض نماذج النباتات التي تعيش مغمورة بالمياه	19
الشكل (II-7): بعض أنواع النباتات الطافية الحرة	20
الشكل (II-8) : يبين بعض أنواع النباتات الطافية ذات الجذور الممتدة ضمن التربة	20
الشكل (II-9) : يبين حوض معالجة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر	22
الشكل (II-10): حوض معالجة بالنباتات بجريان تحت السطحي الأفقي	23
الشكل (II-11) : حوض معالجة بالنباتات بجريان تحت السطحي الشاقولي	24
الشكل (II-12) : حوض معالجة بالنباتات بالجريان المتنوع (المهجن)	26
الشكل (II-13): يوضح أهم العمليات التي تحصل ضمن أحواض المعالجة بالنباتات ذات الجريان الحر	31
الشكل (II-14) يوضح العمليات السائدة (فصل و تحول) على المواد العضوية ضمن حوض النبات ذو الجريان الحر	32
الشكل (II-15) : يوضح العمليات السائدة (فصل و تحول) على النتروجين ضمن حوض النبات ذو الجريان الحر	35
الشكل (II-16): مخطط يوضع عملية تحطيم المواد العضوية تحطيم المواد العضوية	36
الشكل (II-17) : يبين العمليات و التحولات التي تحصل على الفوسفور ضمن أحواض النباتات ذات الجريان الحر	37

الجزء الثاني : الجزء العملي

الفصل I: طرق وأدوات	
الشكل (I-1) : محطة المعالجة بالنباتات التابعة لقسم الهندسة المدنية والري	37
الشكل (I-2) : الحصى الرسوبي المستعمل	38
الشكل(I-3): ملء قاع الحوض بالحصى	39
الشكل (I-4) : نبات أرندو دوناكس في مرحلة التأقلم	40
الشكل (I-5): وصف مرشح النبات	41
الشكل (I-6): يوضح كيفية ملء الأحواض في التجربة (محطة التطهير لقسم الري)	42
الشكل (I-7): أقطاب الجهاز المستخدمة	43
الشكل (I-8) :جهاز متعدد الوظائف	43
الشكل (I-9) : العملية العامة للجهاز HI4522	43
الشكل (I-10): تركيز النحاس المضاف في كل حوض	44
الشكل (I-11): مرحلة اخذ العينات	45
الشكل (I-12) : اخذ العينات	45
الفصل II: تحليل ومناقشة النتائج	
الشكل (II-1): اعمدة بيانية توضح تركيز النحاس التي الحصول عليها في المرحلة الاولى	47
الشكل (II-2): اعمدة بيانية توضح تركيز النحاس التي الحصول عليها في المرحلة الثانية	48
الشكل (II-3):اعمدة بيانية توضح المردود بدلالة الزمن(المرحلة الاولى)	50
الشكل (II-4):اعمدة بيانية توضح المردود بدلالة الزمن (المرحلة الثانية)	51

الجزء الاول : الجزء النظري

الفصل I: تلوث المياه بالنحاس	
الجدول (I -1) : التصنيف الدوري للعناصر	4
الجدول (I-2): الصيغة الفيزيائية والكيميائية للنحاس	6
الجدول (I-3): المصادر الصناعية والزراعية للمعادن الثقيلة في البيئة	11
الجدول (I-4):اصول ومحتوى المعادن الثقيلة في الجريان السطحي	12
الجدول (I-5): معايير تفريغ النفايات السائلة في الجزائر	12
الفصل II : تصفية المياه الملوثة بواسطة محطات المعالجة بالنباتات	
الجدول (II-1): دور النباتات ضمن محطات المعالجة بالنباتات	26
الجدول (II-2) يبين أبعاد المواد الصلبة (%) ضمن مياه الصرف الخام و المياه المعالجة أولى	26

الجزء الثاني : الجزء العملي

الفصل I: طرق وأدوات	
الجدول (I-1) : الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه المصرفة	38
الجدول(I-2): يوضح نوع وقطر وسمك كل طبقة من الطبقات المستعملة في التجربة	40
الفصل II: تحليل ومناقشة النتائج	
الجدول (II-1): تراكيز النحاس المحصل عليها في المرحلة الاولى	46
الجدول (II-2) : تراكيز النحاس المحصل عليها في المرحلة الثانية	48
الجدول (II-3):المردود المحصل عليه في المرحلة الاولى (%)	49
الجدول (II-4):المردود المحصل عليه في المرحلة الثانية (%)	50

ملخص :

ان تلوث البيئة عن طريق المياه المستعملة المتغيرة في الخصائص هو مشكل ايكولوجي عظيم وهذه المياه تأتي عن طريق معظم المصانع وتطور الاشغال الصناعية التي ترمي بالمياه المستعملة في الوسط الخارجي (البيئة) وكذا في الزراعة ومع تزايد استعمال المبيدات والأسمدة والتي بدورها تحمل الكثير من الملوثات البيئة.

المعادن الثقيلة هي احد اكبر المشاكل التي يعاني منها العالم الثالث في ظل الخطر الكبير التي تسببه هذه المعادن بصفتها غير قابلة للتحول والتفكك وعليه وجب علينا التدخل من اجل تطهير المياه منها قبل رميها في الوسط الخارجي ، من اجل هذا يوجد الكثير من التقنيات لحل هذا المشكل نذكر منها محطات المعالجة بالنباتات.او مرشحات النباتات هذه الاخيرة غير مكلفة وسهلة التطبيق في الواقع. وتهدف العديد من الدراسات لزيادة إزالة المعادن الثقيلة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي.

والهدف من هذه الدراسة هو تسليط الضوء على تأثير نبات ارندو دوناكس في مرشح النبات المستخدم لإزالة النحاس من مياه الصرف. هذا العمل هو للتحقق من مدى فاعلية مرشحات النباتات والنباتات المائية على ازالة النحاس أثناء مرور مياه الصرف الصحي من خلال المرشحات. وينصب التركيز على المقارنة بين مرشحين مزروعين وأخر غير مزروع حسب زمن المعالجة.

كلمات مفتاحيه : المعادن الثقيلة ، مرشحات النباتات ، النحاس ، زمن المعالجة ، نباتات مائية.

RESUME

La pollution de l'environnement en changeant les caractéristiques des eaux usées est un problème de grande valeur écologique et cette eau passer par la plupart des usines et le développement des activités industrielles destinées utilisé dans le centre externe de l'eau (l'environnement), ainsi que dans l'agriculture, et l'utilisation accrue de pesticides et d'engrais, ce qui portent beaucoup de polluants de l'environnement.

Les métaux lourds sont l'un des plus gros problèmes du tiers monde à la lumière du grand danger qui est causée par ces métaux comme un non-transformation et de la désintégration et donc nous devons intervenir pour l'eau les nettoyer avant de jeter dans le centre en dehors, pour cela, il y a beaucoup de techniques pour résoudre ce problème, nous mentionnons Y compris les plantes de traitement des plantes Ces filtres de plantes sont les derniers. De nombreuses études supérieures visent à l'élimination des métaux.

non négociable. Ce travail réduit l'efficacité des filtres des plantes et des plantes aquatiques pour éliminer le cuivre pendant l'opération. L'accent est mis sur la comparaison des candidats plantés et non planifiés en fonction du temps de traitement.

Mots-clés: métaux lourds, filtres de plantes, cuivre, temps de traitement, plantes aquatiques.

مقدمـــــــة

لقد زادت الأنشطة البشرية إلى حد كبير من إطلاق جزيئات مختلفة في البيئة بعضها سُمي ليس فقط للنباتات والحيوانات ولكن للبشر أيضًا اليوم تواجه معظم البلدان النامية هذه المشاكل لا سيما تلك المتعلقة بمعالجة المياه المستعملة وتصريف هذه النفايات السائلة في المياه السطحية دون معالجة مناسبة هو أساس تدهورها (التخثر وفقدان التنوع البيولوجي وخزانات الكائنات الدقيقة ومسببات الأمراض) ويجعلها غير صالحة للاستهلاك البشري. من بين الملوثات الرئيسية التي تولدها الأنشطة الصناعية تسبب المعادن الثقيلة (Cu, Zn, Pb, Cr ...) مشاكل تثير القلق بشكل خاص. هذه العناصر بطبيعتها غير قابلة للتحلل البيولوجي لكونها شديدة السمية. لذلك تستمر في البيئة لفترات طويلة من الزمن وعلاوة على ذلك هناك يضاف باستمرار إلى المياه عن طريق أنشطة بشرية في الزراعة والصناعة المعدنية الخ. يمكن أن يؤثر تراكم المعادن الثقيلة في الماء والبيئة على صحة الإنسان والحياة البرية. ولذلك يبدو من الضروري استكشاف تكنولوجيات جديدة لمعالجة مياه الصرف تكون ضعيفة ومتكيفة مع واقع البلدان النامية. تعتبر التنقية النباتية أو المعالجة النباتية تقنية بديلة لمعالجة المياه العادمة ، فمن المعروف منذ فترة طويلة أن وجود الغطاء النباتي يدفع التحلل البيولوجي لمجموعة كبيرة ومتنوعة من التلوث العضوي. يتم تعريف المعالجة النباتية على أنه استخدام النباتات لإزالة أو تحويل الملوثات إلى مركبات أقل سمية. ويمكن استخدامه ضد الملوثات العضوية والملوثات غير العضوية الموجودة في الوسائط الصلبة (التربة) والسوائل (مياه الصرف والمياه السطحية) والغازية.

تمتلك تقنيات معالجة المياه العادمة المكثفة بسبب أدائها الريفي أصولًا مهمة مثل انخفاض تكلفة الإنشاء والصيانة والتكيف مع تغيرات الأحمال وانخفاض الطلب على الطاقة. تشرح هذه الخصائص الاهتمام والآمال التي يثيرها هذا النوع من التكنولوجيا في البلدان النامية لهذه الاستخدامات المختلفة عليهم أن يتعاملوا مع التلوث من أنواع كثيرة لكن المعادن الثقيلة تشكل أحد المصادر الرئيسية وبالتالي الاهتمام الخاص الذي يجب أن يُعطى للقضاء على المعادن الثقيلة النباتات ذات الأوراق الكبيرة. على الرغم من تطورها الأخير فإن هذه الأساليب متنوعة وقد تم الحصول على نتائج مشجعة لمشاكل مختلفة. ومن هذا المنظور أن الهدف من هذه الأطروحة وهو دراسة تأثير نبات ارندو دوناكس في مرشح النبات المستخدم لإزالة النحاس من مياه الصرف الصحي.

يتكون هذا العمل من دراسة فعالية تنقية هذه النباتات أثناء مرور المياه الملوثة من خلال هذه المرشحات ودراسة الفائدة منه هذه الدراسة وقمنا بذلك من خلال المقارنة بين مرشح نباتي مزروع مع مرشح نباتي غير مزروع خلال فترة زمنية محددة.

تم تقسيم العمل إلى أربعة فصول:

ركز الفصل الأول على النحاس وأصوله وتأثيره على البيئة والأشياء الحية. وفي الفصل الثاني قمنا بالتركيز على المرشحات النباتية ودورها والية الازالة وأنواع المرشحات ودور المكونات المختلفة للنظام . وخصص الفصلان الثالث والرابع على التوالي للطرق والإجراءات التجريبية ولعرض ومناقشة النتائج التي تم الحصول عليها.

الجزء النظري

الفصل الأول : تلوث المياه بالنحاس

I-1 مقدمـة :

المعادن الثقيلة موجودة بشكل طبيعي في الصخور والتربة بصفة عامة . يساهم وجود الترسبات المعدنية في تلوث المياه بالمعادن. ومع ذلك ،فإن معظمها يأتي من مداخلات من مصادر صناعية ،سواء كانت التعدين ، أو الأنشطة الصناعية القديمة ،أو الأنشطة الحالية. العناصر المعدنية المرصودة هي الحديد والكروم والزنك والنيكل وهي مفيدة للعالم الحي بكميات صغيرة جداً والمعادن الثقيلة التي لا ندري أي فائدة لها والتي لها خاصية تتراكم في السلسلة الغذائية : الزئبق و الكادميوم والرصاص والزرنيخ وما إلى ذلك.

المعادن الثقيلة هي عناصر طبيعية من قشرة الأرض. لا يمكن أن تتحلل أو أن تتكسر بدرجة صغيرة يدخلون أجسامنا عن طريق مياه الشرب والغذاء والهواء كما العناصر النادرة ،وبعض المعادن الثقيلة (مثل النحاس , السيلينيوم , الزنك) ضرورية للحفاظ على عملية التمثيل الغذائي للجسم البشري . ومع ذلك في تركيزات أعلى فإنها يمكن أن تؤدي إلى التسمم. يمكن أن يؤدي التسمم بالمعادن الثقيلة ، على سبيل المثال ، من تلوث مياه الشرب (أنابيب الرصاص على سبيل المثال) ،وارتفاع تركيزات الهواء المحيط بالقرب من مصادر الانبعاثات ،أو الداخلة عبر السلسلة الغذائية.

المعادن الثقيلة خطيرة لأنها تميل إلى التراكم الإحيائي .التراكم يعني زيادة في تركيز المادة الكيميائية في الكائن الحي البيولوجي مع مرور الوقت مقارنة مع تركيز المادة الكيميائية في البيئة. عند التعامل مع مشكلة المعادن ، يجب أن يؤخذ في الاعتبار أن هذه العناصر موجودة في بيئتنا اليومية بأشكال كيميائية مختلفة جداً ، كل منها يمكن أن يمنح خاصية معينة (الذوبان والسمية). في هذا الفصل سوف نوضح على التوالي معنى مصطلح "المعادن الثقيلة " وأسباب ومدى وجودها في البيئة وآثارها على البشر. ثم سنقدم بعض العموميات حول المعادن الثقيلة. خصوصا معدن النحاس الذي هو هدفنا من هذه الدراسة.

I-2 تعريف المعادن الثقيلة :

مصطلح المعادن الثقيلة هو عبارة عن كلمة غامضة يختلف تعريفها من مصدر لآخر. حتى الآن لا يوجد تعريف عام لها وفقا لي **Nies (1991)** و **Gadd (1992)** يمكن تصنيف هذه العناصر إلى مجموعات محترمة على أساس خصائصها ، وكلها فلزية ذات عدد ذري مرتفع ، أعلى بشكل عام من الصوديوم (Z = 11) وأي معدن يمكن أن يكون سامًا للنظام البيولوجي. في العلوم البيئية ، تكون المعادن الثقيلة المرتبطة بالتلوث وسمية السمية عموما : الزرنيخ (AS) و الكادميوم (Cd) و النحاس (Cu) و

الزئبق (Hg) و المنجنيز (Mn) و النيكل (Ni) ،الرصاص (Pd) ،و الزنك (Zn). أخيراً ،في الصناعة عموماً ، أي معدن بكثافة أكبر من 5 ،من العدد الذري العالي ويمثل خطراً على البيئة.

الجدول (I -1) : التصنيف الدوري للعناصر **(Fourest. E, 1993)**

Bloc S												Bloc p					
H		Métaux lourds de densité > 5															He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Bloc d										Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Te	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Ti	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Bloc f														
Lanthanides			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
Transuraniens			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Cf	Bk	Es	Fm	Md	No	Lr	

I-3 النحاس (Cu):

يعتبر النحاس أول معدن أستخدمه الإنسان وثانى المعادن من حيث تعدد المنافع بعد الحديد وقد تم اكتشافه منذ أكثر من (عشرة آلاف عام) قبل الميلاد. وهو عبارة عن فلز محمر اللون يتغير لونه و خصائصه عندما يتحد مع عناصر أخرى مشكلاً مركبات مختلفة ،ويأتي النحاس في المجموعة الانتقالية رقم (11) من الجدول الدوري ،رقمه الذرى (29) ووزنه الذرى (63.5) وقد اشتق أسم النحاس من الاسم اللاتنى لجزيرة قبرص (Cyprus) وسمى الخام (Cyprium) ثم حرف على مدى السنين إلى (Cyprum) وقد اشتق رمزه الكيميائي (Cu) من الحرفين الأولين لأسمه.**(Hurblut, Klein, 1982)**

- يعتبر النحاس احد أقدم المعادن البشرية له تاريخ يصل لأكثر من 10000 سنة.
- الرومان هم من أعطوا النحاس هذا الاسم . حيث وصفوه باسم (سيبريوم) خام من قبرص لان معظم النحاس جاء من قبرص .
- تم تسمية العصر البرونزي نسبة الى بدء تصنيع سبائك النحاس في ذلك العصر حيث يتم خلط النحاس بالقصدير .
- كان النحاس أول معدن يتم استخراجه وصياغته من قبل الإنسان . حيث كان يستخدم للأدوات ،والأسلحة والأشياء الفنية والحلي.

- كانت عمان معروفة في العصور القديمة باسم مجان ، وهي الكلمة السومرية للنحاس.

الشكل (I-1): بعض الاشكال التقليدية للنحاس

I-3-1 عموميات على النحاس:

يتواجد النحاس بشكل طبيعي في البيئة من حولنا . وقد استخدم الإنسان النحاس على نطاق واسع منذ القدم في مجال الصناعة والزراعة . وقد تزايد إنتاج النحاس على مر العقود الماضية نتيجة لتوافر كمياته في البيئة ،ويتواجد النحاس في العديد من الأطعمة ،ومياه الشرب وفي الهواء أيضا ، ولذا فان جسم الإنسان يمتص هذا المعدن يوميا من خلال مياه الشرب والأطعمة التي يتناولها والتنفس أيضا. هذا الامتصاص هام جدا لصحة الإنسان ،وفي نفس الوقت تناول كميات كبيرة من هذا المعدن وبتركيزات عالية ضار جدا لصحة الإنسان ،وبداية انتشار مركبات النحاس القابلة للذوبان كانت بعد استخدامه في الزراعة. أما تركيزات معدن النحاس في الهواء تكون عادة بنسب منخفضة. فأضراره التي تلحق بالإنسان من خلال التنفس لا يلتفت لها ،لكن الأشخاص التي تعيش بالقرب من أماكن صهر المعادن تتعرض لمخاطره .أما في المنازل التي تكون مواسير المياه فيها مصنعة من النحاس عند صدأها وتآكلها تبدأ مياه الشرب في التلوث. **(عبد المعز،1993)**

I-3-2 الصيغة الفيزيائية والكيميائية للنحاس:

يتميز النحاس بنقل الإلكترون بين مؤكسد قادر على تكييف الإلكترونات ومخفض يمكن أن ينتج الإلكترونات. أيونات النحاس هي مؤكسد جيد جدا . وهو معدن أحمر اللون ، مع رمز Cu ورقم ذري 29 له الموصلية الحرارية والكهربائية عالية (في درجة حرارة الغرفة ، والمعدن الوحيد الذي لديه أفضل

الموصلية الكهربائية هو الفضة). معتدل بشكل وفير في قشرة الأرض ، والنحاس غير موزعة بشكل متساو على سطح الأرض ومعظم الودائع تقع في نصف الكرة الجنوبي.

الجدول (I-2): الصيغة الفيزيائية والكيميائية للنحاس **(Habdoud, 2011)**

Symbole	Cu
Masse atomique	63.546g/mol
Structure électronique	$1S^2\ 2S^6\ 2P^6\ 3S^6\ 3D^{10}\ 4S^1$
Isotopes	Cu^{63} (69.2%) ; Cu^{65} (30.8%)
Densité	8.92 (selon une autre source 8.8 à 15°C et 8.36 à 100°C)
Température de fusion	1084°C
Température d'ébullition	2305°C
Résistivité	1.7347 micro ohm par cm à 20°C
Coefficient de poisson	0.34 à 20°C
Solubilité dans l'eau a 30°C après 6 j ours	170.10^{-6}g/l
Solubilité dans l'eau a 30°C après 29jours	180.10^{-6}g/l

I-3-3 الخصائص البيولوجية:

في جرعة منخفضة جدا ،يعتبر النحاس عنصرا أساسيا للإنسان والحيوان ،ويشارك في العديد من المسارات الأرضية ،بما في ذلك تكوين الهيموجلوبين ونضج العادلات. بالإضافة إلى ذلك ،فهو عامل مشترك محدد للعديد من الإنزيمات و البروتينات المعدنية الهيكلية. **(OMS ICPS. 1998)**

إنها ذات أهمية قصوى في الحفاظ على العمليات البيولوجية. في الرخويات ،يحتوي الدم على الصباغ التنفسي القائم على النحاس.

I-3-4 الاستعمالات:

النحاس هو أحد المعادن الأكثر استخدامًا بسبب خواصه الفيزيائية وموصلاته الكهربائية والحرارية. في الحالة المعدنية ، يستخدم النحاس بشكل رئيسي في الكهرباء ، في صناعة المعادن من أجل تركيب السبائك. في شكل أملاح النحاس ،فإنه يستخدم في الصناعة ،الزراعة و أخيرا في صناعة المستحضرات الصيدلانية ، النحاس يمكن أن يعمل كمحفز ، كمثبت كيميائي أو في التحليل الكهربائي ، فإنه يمكن أن يدخل تكوين أصباغ يستخدم في التصوير الفوتوغرافي ، وأخيرا ، يمكن أن يكون عامل مانع الصدأ أو مادة حافظة للأخشاب وفي الزراعة يستخدم النحاس في تكوين المنتجات مثل مبيدات الفطريات أو المبيدات الحشرية ،على سبيل المثال ،خليط بوردو المستخدم في معالجة الكروم .أخيرا يمكن استخدامه كمطهر خارجي. **(Cassereau, 2001)**

I-3-5 المصادر الطبيعية والبشرية:

النحاس موجود في البيئة بطريقة شاملة. ويقدر تركيزها في قشرة الأرض بنحو 70 مل جرام . نقل الرياح من غبار التربة. تعتبر الثورات البركانية ، وتحلل النباتات ، وحرائق الغابات والهباء البحري هي المصادر الطبيعية الرئيسية للتعرض. المصادر البشرية الرئيسية هي النحاس والمعادن بشكل عام ،وصناعة الأخشاب وحرق النفايات المنزلية وحرق الفحم والنفط والغاز وتصنيع الأسمدة الفوسفات. في الماء ،ويأتي النحاس لجزء كبير من تآكل التربة عن طريق الأنهار (68%) ،والتلوث من كبريتات النحاس (13%) وتصريف مياه الصرف الصحي التي لا تزال تحتوي على النحاس ، حتى بعد العلاج . يعتبر استخدام أكسيد النحاس الصخري CuO كعنصر فعال في الدهانات المانعة للقاذورات مصدرا هاما للتقديم في مناطق الميناء. **(عبد المعز،1993)**

I-3-6 سلوكه في الماء:

في البيئة المائية يوجد النحاس في شكل جسيمي ،غرواني ومذاب. أكسيد النحاس (Cu_2O) غير قابل للذوبان في الماء من ناحية أخرى ، النحاس قابل للذوبان بشكل طفيف في حامض ويذوب ببطء في ماء الأمونيا. إن أشكال $CuSO_4$ و $Cu(OH)_2$ و $CuCl_2$ قابلة للذوبان في الماء. وهي تميل إلى تكوين معقدات ذات قواعد قوية مثل الكربونات والنترات والكبريتات والكلوريدات. يتم إدخال النحاس في شكل الجسيمات في المحيطات. وبسرعة الامتصاص على الرواسب الغنية بالجذور ،مثل هيدروكسيدات الحديد والمنغنيز يمكن لمستويات التواجد أن تصل إلى قيم عالية جدًا في المناطق الواقعة تحت تأثير المساهمات.

(Bisson et *al*.,2005)

I-3-7 تواجده في جسم الإنسان :

✓ **الامتصاص :**

يتم امتصاص النحاس من الأصل الغذائي في المعدة والأمعاء ، ويتم امتصاص النحاس بعد مضاعفاته على الأحماض الأمينية.

✓ **التوزيع :**

يتم تخزين النحاس أساسًا في الكبد بتركيزات تتراوح بين 10 و 50 جزءًا في المليون من الوزن الجاف بشكل عام (باستثناء الحيوانات المجترة وبعض الأسماك ذات تركيزات النحاس في الكبد تتراوح بين 100 إلى 400 جزء في المليون من الوزن الجاف)**.(Cassereau, 2001)**

✓ **الإفراز :**

الطريق الرئيسي للقضاء على النحاس هو الإفراغ ، والقضاء البول منخفضة. تعتمد السمية على الكائنات البحرية على الشكل الكيميائي للنحاس وحالتها المؤكسدة. تؤثر الخصائص الفيزيائية الكيميائية للوسط (درجة الحموضة والصلابة) على درجة التفكك بين الأشكال المعدنية والأيونية. النحاس المعقد أقل سمية من النحاس في الحالة الأيونية.

I-4 تأثير المعادن الثقيلة على الصحة والبيئة

I-4-1 تأثير المعادن الثقيلة على الصحة :

تتراكم المعادن الثقيلة في الجسم وتسبب تأثيرات سامة في فترة قصيرة أو على المدى الطويل يمكن أن تؤثر على النظام ، وظائف الكلى والكبد والجهاز التنفسي. آثار المعادن الثقيلة على الجهاز العصبي المركزي وأعراضها هي:

- **الأعراض التي تؤثر على الأعصاب:**
  - تخضر اليدين
  - الشعور بحرق مستمر مع نوم الأطراف السفلية
  - ارتجاف طفيف في اليدين
- **الأعراض التي تؤثر على الرأس**
  - نزيف اللثة
  - اللثة التي تتراجع عن وضع عظمة الفك العلوي
  - تتحرك الأسنان

- رائحة الفم الكريهة
- خراج شفوي
- الدوار

- **الأعراض التي تؤثر على الجهاز الهضمي:**

- الحساسية الغذائية ، وخاصة للبيض والحليب
- المغص

- **الأعراض التي تؤثر على القلب:**

- عدم انتظام ضربات القلب بسبب ترسب المعادن الثقيلة في الأعصاب السيطرة على النشاط القلب

I-4-2 تأثير النحاس على الصحة :

النحاس هو مادة كثيرة الاستخدام لذالك فانه يوجد الكثير من المصادر الفعلية لنفايات النحاس . يتواجد النحاس بشكل طبيعي في البيئة من حولنا , وقد استخدم الإنسان النحاس على نطاق واسع منذ القدم حيث تم تطبيقه في مجال الصناعة والزراعة وقد تزايد إنتاج النحاس على مر العقود الماضية نتيجة لتوافر كمياته في البيئة.

يتواجد النحاس في العديد من الأطعمة حيث يمكن أن يتواجد النحاس كمادة ملوثة في الطعام خاصة في المحار والكبد والفطر والبندق والشوكولا. باختصار فان أي عملية متقدمة أو وعاء يستعمل مادة النحاس قد تلوث المنتج كالطعام والشراب والماء. تشير مواصفات هيئة الصحة العالمية والمواصفات الأوروبية إلى الحد القياسي للكروم في ماء الشرب يجب أن لا يزيد 1.0 ملجم/ لتر بينما أقصى حد مسموح به في مياه الري هو 0.2 ملجم /لتر. ولذا فان جسم الإنسان يمتص هذا المعدن يوميا من خلال الشرب وتناول الأطعمة ومن خلال التنفس أيضا هذا الامتصاص هام جدا لصحة الإنسان ، وفي نفس الوقت تناول كميات كبيرة منه وبتركيزات عالية يكون ضار جدا بصحة الإنسان. تستقر مركبات النحاس في الماء او في جزيئات التربة ،أما مركباته القابلة للذوبان فمازالت هي التي تشكل الخطر الأعظم لصحة الإنسان ، وبداية انتشار المركبات النحاسية القابلة للذوبان كانت بعد استخدامه في الزراعة . اما تركيزات معدن النحاس في الهواء تكون عادة بنسب منخفضة ،فأضراره التي تلحق بالإنسان من خلال التنفس لا يلتفت إليها ،لكن الأشخاص التي تعيش بالقرب من أماكن صهر المعادن تتعرض لمخاطره. أما في المنازل التي تكون مواسير المياه فيها مصنعة من النحاس ،عند صداها وتأكلها تبدأ مياه الشرب في التلوث.

يسبب زيادة تركيز النحاس في الجسم البشري الأمراض التالية :

- التعرض على المدى الطويل لمعدن النحاس يسبب تهيج الأنف والفم والعيون كما يسبب الصداع وألام المعدة ،الدوار، القيء،الإسهال .
- تناول كميات كبيرة من النحاس عن عمد قد يؤدي إلى ضمور الكلى والكبد ومن ثم حالات من الفئة البشرية ،إما كونه احد مسببات السرطان فلم يتوصل العلم الى ذالك بعد ، وهناك مقالات علمية تشير إلى الصلة بين التعرض الطويل للتركيزات النحاس العالية وبين انخفاض القدرة الذكائية لبعض المراهقين الصغار .
- التعرض الصناعي لأدخنة النحاس تؤدي الى إصابة الإنسان (بحمى الدخان المعدنية **fume Fever-métal**) مع تغير في الأغشية المخاطية للأنف ، إما التسمم المزمن منه يصيب الإنسان بمرض ويلسون **(Wilson disease)** وتتمثل إعراضه في التلف الكبدي ، تلف خلايا المخ، إمراض الكلى ، ترسبات النحاس في القرنية .**(http://www.ineris.fr//)**

I-5 تأثير المعادن الثقيلة على البيئة:

في التربة الصالحة للزراعة ، ترتبط التركيزات العالية للمعادن بشكل عام بوجود المياه الجوفية المحتوية على المعادن وكذلك استخدام بعض الأسمدة والمواد الكيميائية الزراعية. في الظروف القاسية ، قد تصبح التربة الصالحة للزراعة غير مناسبة للمحاصيل المخصصة للاستهلاك البشري ، حيث أن هذه المحاصيل سوف تتراكم معادن عند مستويات أعلى من تلك التي تعتبر مقبولة من قبل منظمة الصحة العالمية. **(http://www.ineris.fr//)**

I-5-1 تأثير النحاس على البيئة :

الإنتاج العالمي من النحاس لا يزال في ازدياد. في الأساس ، يتم العثور على المزيد والمزيد من النحاس في البيئة. تودع الأنهار حماة ملوثة بالنحاس على ضفافها بسبب تصريف مياه الصرف الصحي. يدخل النحاس الهواء بشكل رئيسي أثناء احتراق الوقود الأحفوري. يبقى في الهواء لفترة طويلة قبل أن يستقر عند هطول المطر. ومن ثم وجدت أساسا في الأرض. نتيجة لذلك ، قد تحتوي التربة على كمية كبيرة من النحاس بعد تسوية النحاس في الهواء. يمكن إطلاق النحاس في البيئة من المصادر الطبيعية والأنشطة البشرية. بعض الأمثلة على المصادر الطبيعية هي: الغبار المنبعث من الرياح ، تعفن النباتات ، حرائق الغابات ، وانتشار قطرات مياه البحر.وقد تم بالفعل إعطاء بعض الأمثلة على النشاط البشري الذي يساهم في تشتت النحاس. وتشمل الأمثلة الأخرى التعدين وإنتاج المعادن وإنتاج الأخشاب وإنتاج الأسمدة الفوسفاتية. كما يتم تفريق النحاس من قبل كل من العمليات الطبيعية والبشرية. يتم توزيعه على نطاق

واسع جدًا في البيئة. وغالبا ما توجد بالقرب من المناجم والمرافق الصناعية ومقالب القمامة وآلات التخلص من القمامة ، عندما يوجد النحاس في التربة ، فإنه يرتبط بقوة بالمواد العضوية والمعادن. ونتيجة لذلك ، فإنها لا تسافر إلى حد بعيد وتكاد لا تدخل المياه الجوفية. في الماء السطحي ، يمكن للنحاس أن يسافر مسافات طويلة ، سواء كانت معلقة على جسيمات الطين أو كأيون حر. لا يتم تدمير النحاس في البيئة ، ونتيجة لذلك ، يمكن أن تتراكم في النباتات والحيوانات عندما تكون موجودة في التربة ، على التربة الغنية بالنحاس ، فقط عدد محدود من النباتات فرص للبقاء على قيد الحياة. لهذا السبب لا يوجد الكثير من التنوع النباتي بالقرب من الصناعات الرافضة للنحاس. بسبب التأثيرات على النباتات ، يشكل النحاس تهديدًا خطيرًا لإنتاج الأراضي الزراعية. يمكن أن يؤثر النحاس تأثيراً خطيراً على ما يحدث في الأراضي الزراعية ، وهذا يتوقف على حموضة التربة ووجود المادة العضوية. على الرغم من هذا ، لا تزال تستخدم الأسمدة المحتوية على النحاس. **(Arris.S, 2008)**

I-6 منشأ المعادن الثقيلة:

وتتمثل المبادئ الصناعية الملوثة في الكيمياء والتعدين وصناعة الصلب وتصنيع المعالجة السطحية للكادميوم (النيكل ، الزجاج) والتصوير وتصنيع واستخدام المبيدات الحشرية والقرطاسية وصناعات الطلاء. وصناعة السيراميك.

الجدول (I-3): المصادر الصناعية والزراعية للمعادن الثقيلة في البيئة **(Brignon .J.M, et *al*, 2004)**

utilisation	Les métaux lourds
Batteries et autre appareils	Ti, Hg, Pb, Zn, Mn, Ni
Pigment et peintures	Ti, Hg, Pb, Zn, Mn, Ni, Cd
Verre	As, Zn, Sn
engrais	Hg, Pb, Mn, Cd, Al, As, Cr
Matières plastiques	Cd, Sn, Pb
Textiles	Cr, Fe, A
raffinerie	Ni, Pb, Fe, Mn, Zn

الجدول (I-4):اصول ومحتوى المعادن الثقيلة في الجريان السطحي**(Brignon .J.M, et *al*, 2004)**

Element	Teneur moyenne (mg/l)	Origin	Phase
Pb	0.1 a 0.8	-Industriel 35% -pluies 50%	Solides en suspensions
Zn	0.3 a 0.8	-Industriel 35% -pluies 30%	Dissoute
Cu	0.2 a 0.3	- dégradation des toits	Dissoute et solides

وجود المعادن الثقيلة موجود إما في التصريف المباشر في النظم الإيكولوجية البحرية وفي المياه العذبة أو التدفق غير المباشر كما هو الحال في مدافن النفايات الجافة والرطبة وجريان المياه الزراعية. المصادر الطبيعية الهامة تشمل النشاط البركاني ، تجويف القارات وحرائق الغابات.

الجدول (I-5): معايير تفريغ النفايات السائلة في الجزائر **(Chapman .D ,1996)**

Métal	Concentration (mg/L)
Al	3
Cd	0.2
Cr (total)	0.5
Fe	3
Mg	1
Hg	0.01
Ni	0.5
Pb	0.5
Cu	0.5
Zn	3

تنقل المياه المعادن الثقيلة وإدراجها في سلاسل الغذاء (الطحالب والأسماك وغيرها). على الرغم من أن المعادن الثقيلة غالبا ما تكون موجودة بكميات ضئيلة ، إلا أنها خطيرة للغاية ، حيث أن سميتها تتراكم إحيائيا في الجسم.

I-6-1 منشأ النحاس :

النحاس هو معدن يستخدم بشكل كبير في السبائك ، من بينها النحاس (النحاس والزنك) البرونز (النحاس والقصدير) ، وشريط الكوت (النحاس والزنك والنيكل) ، وفي الصناعة الكهربائية. كما أنها منتشرة على نطاق واسع في شبكات التوزيع بسبب مقاومتها للتآكل ، وتستخدم أملاح النحاس على نطاق واسع في الزراعة كمبيد للحشرات ، ومبيدات الحشرات ، وفي الصناعات النسيجية ، وتصنيع الصباغ ، معالجة السيراميك.**(Muftah. H., et *al* , 2010)**

I-7 الخلاصة :

بسبب خصائص النحاس المادية المثيرة للاهتمام يستخدم النحاس على نطاق واسع جدا من قبل البشر. هذا الاستخدام يغير بشكل كبير توزيعها والأشكال الكيميائية التي توجد بها في الأجزاء المختلفة من البيئة أي أنها تعزز المخاطر المستمرة على البيئة والصحة البشرية بسبب سميتها. مما يستوجب التخلص من هذه المادة. هناك العديد من الطرق ولكن في هذا الموضوع اخترنا طريقة المعالجة بمرشحات النبات.

الفصل الثاني : تصفية المياه الملوثة بواسطة محطات المعالجة بالنباتات

II-1 المقدمة

تعد مياه الصرف الصحي من اخطر المشاكل على الصحة العامة في معظم دول العالم الثالث ، نظرا لانتشارها الكبير في هاده الدول لأن أغلب 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 المركبات العضوية وأعداد هائمة من الكائنات الحية الدقيقة الهوائية و اللاهوائية والمعادن الثقيلة لذلك فإذا طرحت مياه الصرف الصحي دون معالجة إلى الوديان و الأنهار سوف تسبب مشكلة كبيرة للبيئة وعليه توجب حل هذه المشاكل للحد من انتشار الامراض المختلفة.

II-2 تعريف محطات المعالجة بالنباتات: (constructed wetlands)

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 او رملي او 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 ازالة الملوثات من مياه المجاري الخام المعالجة بشكل اولي وبالتالي تحسين مواصفات المياه المعالجة النهائية قبل تصريفها إعادة استخدامها . كما أنها تصنف كمرحلة معالجة ثانوية أو ثالثة حسب الاستخدام للأحواض المختلفة (ذات جريان تحت سطحي وسطحي) 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. **(عبد الرزاق التركماني ,2009)**

II-3 تصنيف محطات المعالجة بالنباتات (الأراضي الرطبة):

يمكن تصنيف الأراضي الرطبة تبعا للنباتات المائية المستخدمة ضمنها أو تبعا لنوع جريان مياه المجاري عبرها:

تصنيف الأراضي الرطبة تبعا للنباتات المستخدمة ضمنها:

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

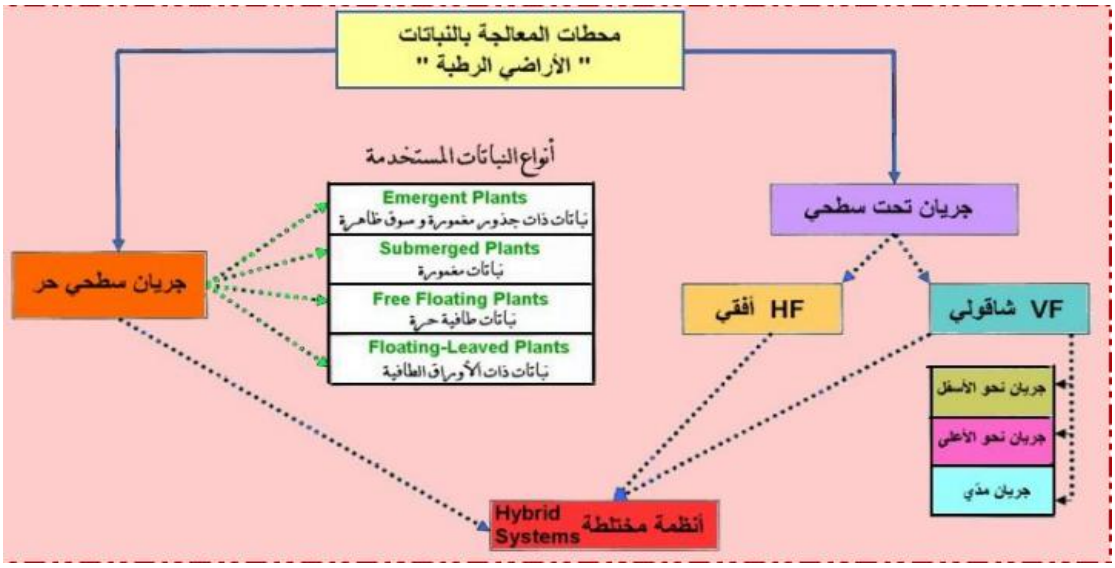
الشكل (II-1): يبين إحدى محطات المعالجة بالنباتات الطافية بالولايات المتحدة الأمريكية

(عبد الرزاق التركماني ,2009)

II-4 تصنيف محطات المعالجة بالنباتات تبعا لاتجاه تدفق المياه عبر الميديا:

- محطة المعالجة ذات الجريان السطحي الحر Free water surface و يرمز لها (FWS).
- محطة المعالجة ذات الجريان تحت السطحي الأفقي Subsurface horizontal flow و يرمز لها (SHF or HF).

- محطة المعالجة ذات الجريان تحت السطحي الشاقولي Subsurface vertical flow وعادة ما يرمز لها . (SVF or VF).
- محطة المعالجة ذات الجريانات المتنوعة (أفقي + شاقولي .. الخ)Hybrid system

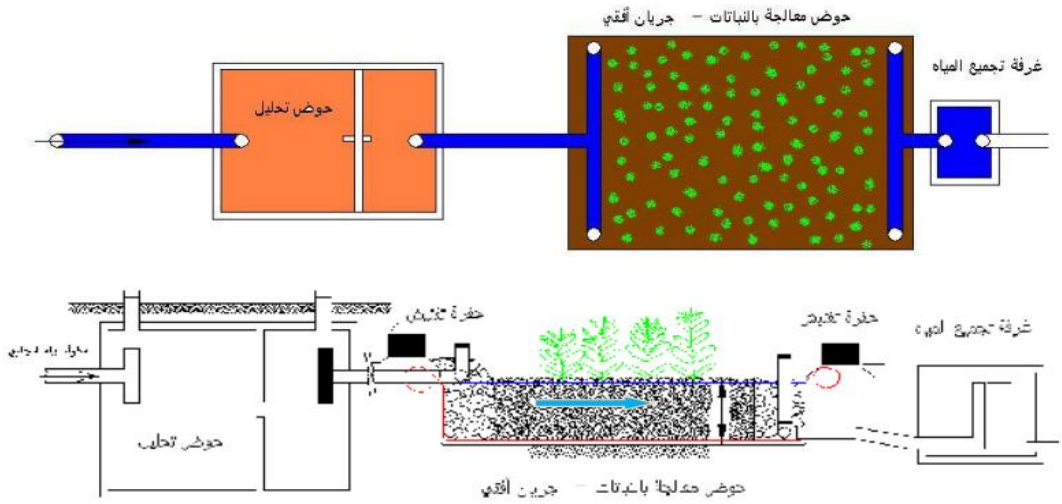


الشكل (II-2) : يبين أنواع محطات المعالجة بالنباتات حسب اتجاه و نوع الجريان **(عبد الرزاق التركماني ,2009)**

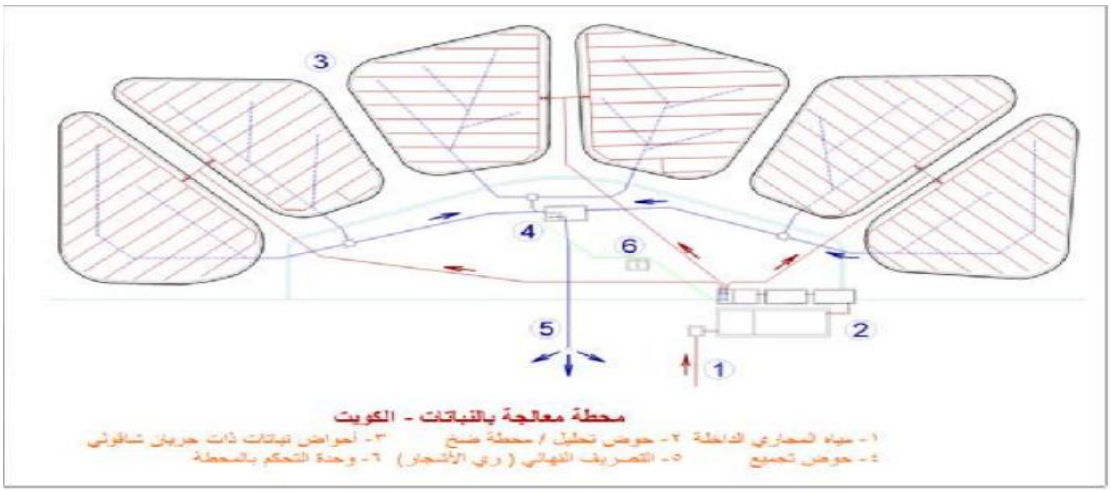
II-5 المخطط العام لمحطة المعالجة بالنباتات:

تتنوع طريقة توزيع أحواض المعالجة بالنباتات حسب رأي المصمم و تبعا" لعوامل تصميمية و غير تصميمية و لكن المخطط الأكثر شيوعا لمحطة المعالجة بالنباتات يتضمن في البداية معالجة أولية عبر استخدام أحواض التحليل أو أحواض أمهوف (أو أحواض ترسيب أولية) بالإضافة إلى حوض إزالة الرمال والدهون إن تطلب الأمر ذلك . ومن ثم تمر المياه الخارجة من المعالجة الأولية إلى أحواض المعالجة بالنباتات ذات الجريان تحت السطحي (أفقي أو شاقولي) للمعالجة الثانوية و بعدها تمر المياه إلى وحدة المعالجة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر و التي تعتبر كمرحلة إنضاج وتهدف إلى تحسين المواصفات النهائية للمياه المعالجة . هناك العديد من خيارات تسلسل أحواض المعالجة و أبسط هذه الخيارات هو وجود سلسلة واحدة للمعالجة (حوض تحليل أو حوض أمهوف، حوض معالجة بالنباتات ذو الجريان الأفقي تحت السطحي) و تتطلب محطة المعالجة بالنباتات وجود حفر تفتيش لمراقبة نوعية المياه قبل حوض المعالجة بالنباتات و بعده. و هذا الخيار هو المناسب عندما يكون المطلوب فقط تخفيض المواد العضوية و المواد الصلبة المعلقة . إن وصول المياه المراد معالجتها إلى الأحواض الشاقولية يتم عبر الضخ لتسريع دخول المياه عبر وسط الفلتر خلال فترة قصيرة على عكس ما يحث بالأحواض

الأفقية و الأحواض ذات الجريان السطحي الحر حيث تدخل المياه بالراحة و من المنصوح به بالنسبة لتغذية الأحواض الشاقولية FV أن يتم توزيع التدفق على أحواض متوازية بالتناوب مما يعطي فترة راحة أكبر للحوض بعد كل مرحلة تحميل بالمياه الملوثة إن النظام الذي يستعمل مزيجاً من الأحواض المتتالية ذات الجريانات تحت السطحية الأفقية و الشاقولية يعتبر الأكثر فاعلية في تنقية المياه الملوثة. الشكل (II-3) و الشكل (II-4) يظهران المخطط العام للأحواض ذات الجريان الأفقي و الشاقولي. **(عبد الرزاق التركماني ,2009)**



الشكل (II-3): مخطط عام مع مقطع شاقولي لمحطة معالجة بالنباتات ذات الجريان الأفقي**(عبد الرزاق التركماني ,2009)**



الشكل (II-4): مخطط عام لمحطة معالجة بالنباتات ذات الجريان الشاقولي **(عبد الرزاق التركماني ,2009)**

II-6 النباتات المائية المستخدمة ضمن محطات المعالجة بالنباتات:

تلعب النباتات المائية عدة أدوار ضمن أحواض المعالجة بالنباتات المائية و كلن الدور الرئيسي للنباتات المائية هو طبيعة عملها كمحفزات لعمليات التنقية إن عملية التنقية تنتج عن مزيج من العمليات الميكروبية و الكيميائية و الفيزيائية إن النباتات لا تلعب دورا هاما في الإزالة المباشرة لبعض المكونات مثل النتروجين و الفسفور أو المواد العضوية ولكن يمكن الحديث عن المساهمة بالتخلص من 10-20 % منها أثناء فترة نمو النباتات . و بنفس الوقت فان النباتات تعطي دعما فعالا للنمو البكتيري على الجذمور النباتي (بمنطقة الجذور) كما أن الهواء يتم توجيهه إلى منطقة الجذور ضمن النبات بواسطة آليات متعددة كما أن النباتات تلعب دورا في الحفاظ على الناقلية الهيدروليكية ضمن الأحواض و هذا يمنع الجريانات القصيرة من الحدوث. **(Kone ,2002)**

الشكل (II-5) : النباتات المائية ضمن أحواض المعالجة بالنباتات **(Kone ,2002)**

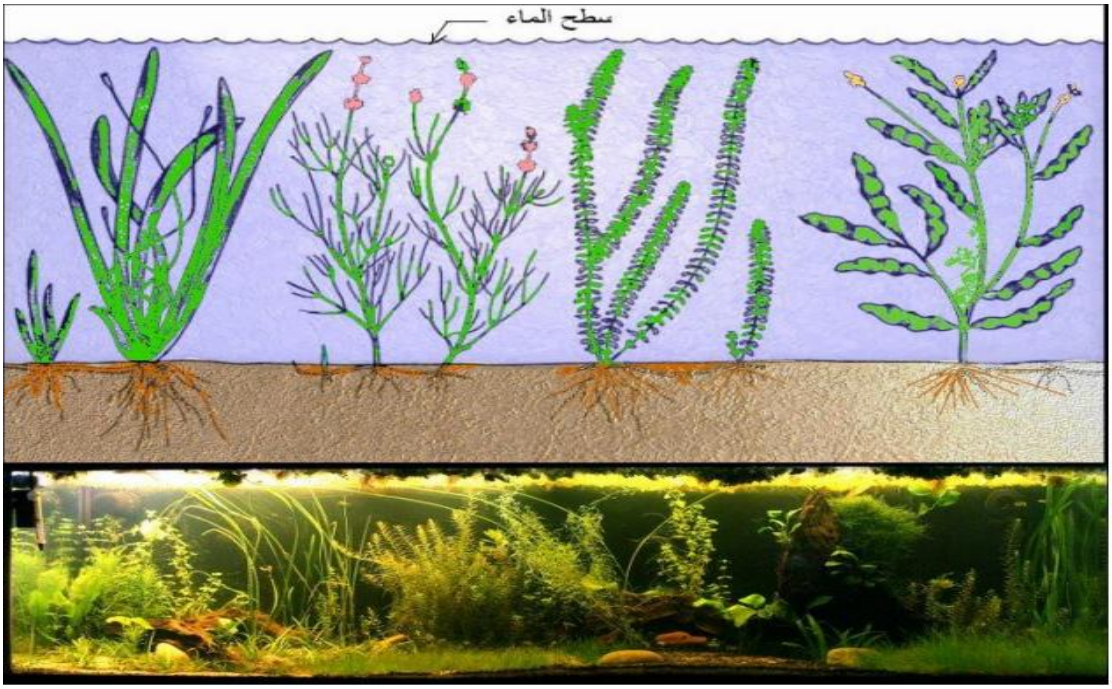
- **النباتات المائية بارزة : (Emergent Macrophytes)**

و هي النباتات الكبيرة ذات الجذور المغمورة و السوق الطويلة و الأوراق الظاهرة وتعتبر هذه النباتات 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 القصب (Phragmites) و نبات (Typha). إن الجذور و السوق الأرضية (Rhizomes) في هذه النباتات توجد بشكل دائم ضمن منطقة الترسبات و بحالة لاهوائية و هي بحاجة للحصول على الأكسجين من الهواء عبر أجزاء النبات الهوائية لاستمرار النمو. و بشكل مشابه فإن الأوراق التي تكون تحت سطح الماء عليها أن تكون قادرة على التنفس اللاهوائي لفترة قصيرة حتى تتأمن البيئة الجوية الهوائية (Aerial Habitat) لاسيما و أن محتوى الأكسجين ضمن الماء منخفض جدا إذا ما قورن بالهواء الجوي.**(Al-mayah, et *al*. 1991)**

- **النباتات المائية الغاطسة :(Submerged Macrophytes)**

و هي نباتات كبيرة مغمورة بالماء و هي تنمو بمختلف الأعماق شرط وصول الضوء اليها و تنتمي إلى مجموعة النباتات متغايرة الأطوار (Heterogenous Group) كما يبدو في الشكل (II-6) . إن وجودها ضمن المياه بشكل دائم و ضعف الضوء ضمن المياه أدى إلى حدوث تغييرات في بنيتها بحيث أضحت تتكيف مع النمو و التكاثر ضمن المياه و هي مغمورة. **(Al-mayah, A. A. 1994)**



الشكل (II-6) : يبين بعض نماذج النباتات التي تعيش مغمورة بالمياه **(Al-mayah, A. A. 1994)**

- **النباتات المائية الطافية : (Floating Leaved Macrophytes)**

و هي النباتات الطافية ذات الأوراق و تتضمن النباتات الطافية الحرة أو الطافية ذات الجذور.

❖ **النباتات الطافية الحرة :**

هذا النوع من النباتات يعيش على سطح الماء و لها أنواع كثيرة حسب الظروف البيئية المناسبة وإبلاغ ما تكون النبتة على سطح الماء و جذورها تمدد ضمن الماء و هذه الجذور إما أن تكون قصيرة او طويلة نوع ما و هناك نوع من هذه المجموعة يدعى Eichhornia crassipes و يتصف بأنها النبات الأسرع نموا في العالم. وأمثلة على هذا النوع: Eichhorina crassipes (Water hyacinth) , Lemnaceac (Duck weeds) **(Al-mayah, et *al*. 1991)**

الشكل (II-7): بعض أنواع النباتات الطافية الحرة **(Al-mayah, et *al*. 1991)**

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

هذه النباتات الطافية قادرة على بلوغ القاع عبر سوقها الطويلة حيث تنمو جذورها ضمن قاع الحوض و يتراوح عمق الماء لمثله النباتات بين 0.5 إلى 3 متر تقريبا ". و هذه النباتات متكيفة مع حركة المياه و لذلك فهي تتمتع بالمرونة الكافية اتجاه الاجتهادات المختلفة الناشئة ضمن الوسط المائي. و تتميز هذه النباتات بعمرها القصير (30-50 يوم) و يمكن أن تتجدد دورة حياتها حوالي أربعة مرات بالسنة ، و من الأمثلة عليها نذكر: Nuphar or Nymphaea, Brassenia, Potamogeton natans

الشكل (II-8) : يبين بعض أنواع النباتات الطافية ذات الجذور الممتدة ضمن التربة **(Al-mayah, et *al*. 1991)**

II-7 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 ، يتم عرض مزايا وعيوب وكذلك تطبيقاتها أدناه.

❖ مميزاتها

- 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 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 علما أن بيوض الديدان الشائعة في منطقتنا لا تزال بطرق المعالجة الميكانيكية (حماة منشطة ، تهوية مطولة)
- قدرتها الكبيرة على تحمل تذبذبات التدفقات بالإضافة إلى ثباتيتها العالية 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

❖ مساوئها

- 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 وسط 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.

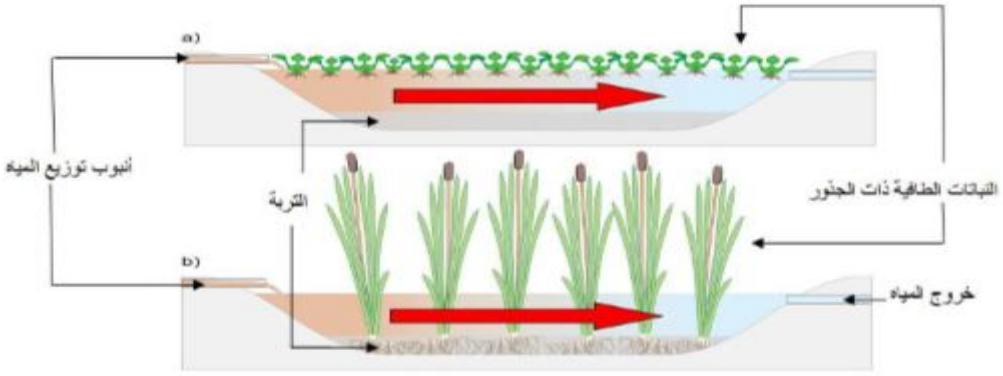
II-8 أحواض النباتات المستعملة في تصفية مياه الصرف الصحي:

هناك أربعة أنظمة تستعمل في معالجة المياه المستعملة

- ✓ 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 "

II-8-1 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.



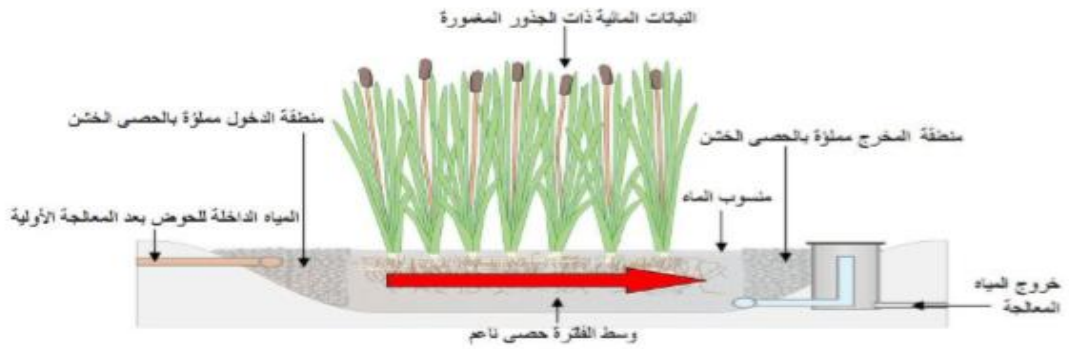
الشكل (II-9) : يبين حوض معالجة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر**(عبد الرزاق التركماني (2009,**

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.

II-8-2 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. 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.**(Vymazal jan, et *al*. 2008)**



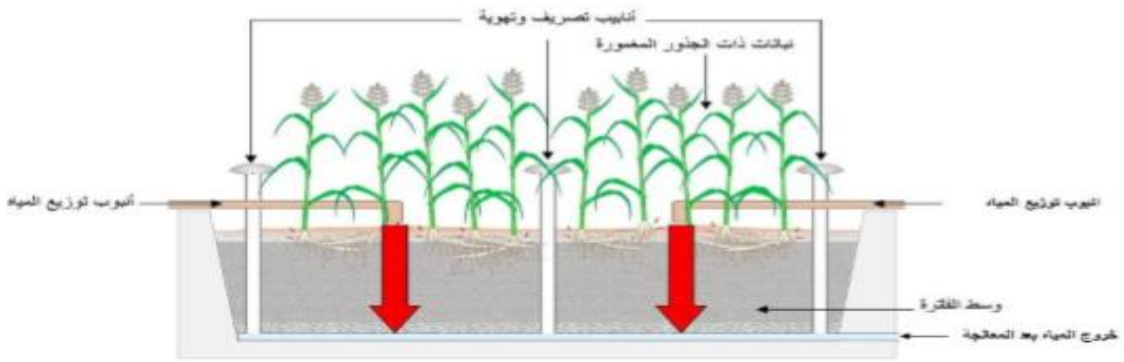
الشكل (II-10): حوض معالجة بالنباتات بجريان تحت السطحي الأفقي **(Vymazal jan, et *al*. 2008)**

(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 ظهرت هذه الطريقة باستعمال الرمل و لكنها غير واسعة الانتشار.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. **(Brixh. , 1990)**

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 ،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. **(Armstrong j., 1988)**

II-8-3 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 (II-11) : حوض معالجة بالنباتات بجريان تحت السطحي الشاقولي **(Boutin c, et *al.* 1997)**

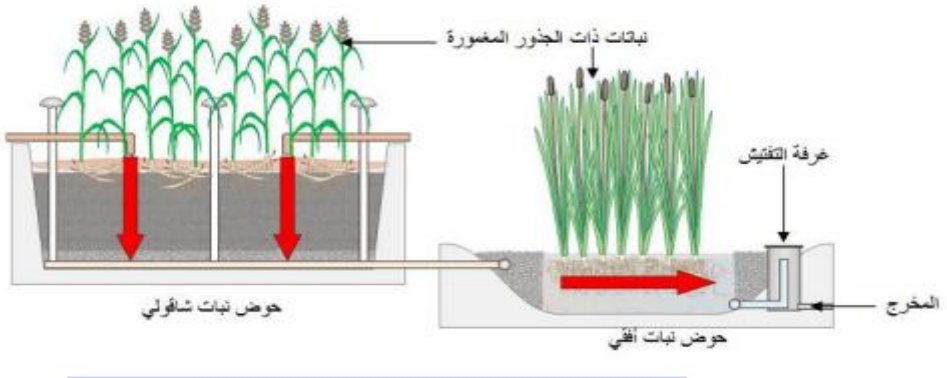
يتم جمع المياه المعالجة عبر شبكة أنابيب سفلية للتصريف أو عبر طرق أخرى منها تهوية القنوات من السطح مباشرة أو باستعمال مضخات أو عن طريق النباتات حيث تمتص الاكسجين من الهواء إلى أسفل الحوض ويوزع عن طريق الجذور وتتم تغذية الحوض بشكل متقطع بحيث أن الفراغات بين الوسط الرملي أو الحصوي في فترة الراحة تعود وتمتلئ 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. **(Boutin c, et *al*. 1997)**

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).

II-8-4 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. **(Fabio masi & Nicola martinuzzi, 2006)**



الشكل (II-12) : حوض معالجة بالنباتات بالجريان المتنوع (المهجن) **(Boutin c, 1987)**

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. **(Vyzamal J., et. *al.* 1998)**

II-9 دور مختلف مكونات النظام :

II-9-1 دور النباتات المائية في محطات المعالجة بالنباتات:

الجدول (II-1): دور النباتات ضمن محطات المعالجة بالنباتات **(العابد ابراهيم ,2015)**

خصائص النبات	الأهمية في المعالجة
أنسجة النبات المحاطة بالهواء الجوي	▪ ضوء خفيف ← نمو منخفض للعوالق النباتية ▪ تأثير التغير الطفيف بالمناخ ← العزل الحراري أثناء طقس الشتاء ▪ سرعة الريح المنخفضة ← تخفض من خطر قلع النباتات بقوة الريح ▪ منظر جمالي لمحطة المعالجة ▪ تخزين المغذيات ضمنها
أنسجة النبات المغمورة بالماء	▪ تأثير الترشيح ← تطرد إلى الخارج المواد المترسبة الكبيرة ▪ سرعة المياه المنخفضة ← زيادة معدل الترسيب ▪ تؤمن مساحة سطحية لنمو الطبقة البيولوجية Biofilm ▪ تطرح الاكسجين المنحل للوسط المائي مما يزيد التحلل الهوائي للملوثات ▪ تستهلك المغذيات
الجذور وأشباه الجذور(الجذمور) ضمن وسط الفلتر أو التربة	▪ تؤمن ثباتية سطح الفلتر (التربة) ▪ تمنع الوسط من الانسداد في الأحواض ذات الجريان الشاقولي ▪ تحرر الأكسجين مما يساعد على النترجة ▪ تستهلك المغذيات ▪ تحرر مضادات حيوية

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):

II-9-2 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 بحتـة و سهلة و لكن من الناحية البيولوجية معقدة. حيث استنتج 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. **(Ronner. 1994)**

II-9-3 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. **(العابد ابراهيم ,2015)**

II-10 آليات إزالة الملوثات و فعالية أحواض المعالجة بالنباتات:

هناك عمليات معقدة بحيث تتنوع من عمليات بيولوجية إلى فيزيائية و كيميائية تجري ضمن أحواض المعالجة بالنباتات و ذلك من اجل تحسين مواصفات المياه الخارجة من الحوض. هذه الآليات تعتمد على التفاعلات المتبادلة بين مياه المجاري و الكائنات الدقيقة و النباتات و وسط الفلترة.

يتم أكسدة المواد العضوية و تحليلها لمواد بسيطة و منتجات ثانوية و ذلك عبر الطبقة الرقيقة البيولوجية التي تتشكل على سطوح مادة الفلتر و على سوق و جذور النباتات و التي تحتاج لتتكون مدة تصل بين ثلاثة إلى ستة شهور. كما أن المواد الصلبة المعلقة فيتم حجزها عبر عمليات الترسيب و الفلترة و من ثم يتم تحلل الجزء العضوي منها بينما يبقى الجزء الغير عضوي محجوز ضمن الفلتر. بالنسبة للمغذيات فإن عمليات النترجة تكون منخفضة في الأحواض ذات الجريان الأفقي بسبب قلة الأكسجين اللازم لذلك بينما تحصل النترجة بشكل جيد ضمن أحواض المعالجة ذات الجريان الشاقولي بسبب توفر الأكسجين ، و يتم استنفاذ (إستهلاك) قسم من النتروجين عبر النباتات و أما الفسفور فيتم التخلص من جزء منه عبر الامتصاص الكيميائي له عبر وسط الفلتر و جزء أقل يمتص عبر النباتات. كما يتم التخلص من أغلبية العوامل الممرضة عبر حجزها ضمن مادة الفلتر عبر عمليات ترسيب و الفلترة و الامتصاص أو عبر افتراسها من قبل كائنات متنوعة أو بالموت الطبيعي، و تتراوح نسبة إزالتها بين 90-99.9% . إن فاعلية الإزالة ضمن هذه الأحواض تعتمد بشكل أساسي على معدل التحميل السطحي الهيدروليكي و على نوع مادة وسط الفلترة. و كلما زادت درجة حرارة موقع المحطة كلمة زادت فاعلية إزالة المواد العضوية عبر التحلل البيولوجي.

و على العموم فإن الآليتان الرئيسيتان في أغلب أنظمة المعالجة بالنباتات هي عمليات فصل المواد الصلبة من السوائل (Liquid/Solid Separations) و عمليات تحول الملوثات و المكونات ضمن مياه المجاري (Constituents Transformations). تتضمن عمليات الفصل كل من الترسيب بالثقالة و الفلترة و الامتصاص و الادمصاص و التبادل الشاردي و التعرية و الترشيح. أما عمليات التحول فربما تتضمن التفاعلات الكيميائية و تفاعلات الأكسدة و الإرجاع و تفاعلات الحموضة والأسس و عمليات التخثير و الترسيب بالإضافة إلى مختلف التفاعلات البيوكيميائية (ههوائية –أنوكسية – لاههوائية). إن مجمل هذه التفاعلات و عمليات التحول تقود إلى إزالة جزء من الملوثات بالإضافة إلى حجز قسم منها ضمن وسط الأحواض. هذه المواد المحجوزة تتعرض لعمليات تحول في بنيتها و تركيبها و هذه التغييرات تؤدي غرض المعالجة بشكل فعال و على سبيل المثال فالتحول البيوكيميائي للمواد العضوية

يؤدي إلى تحويلها كتلة خلوية جديدة بالإضافة إلى منتجات أخرى مثل الغازات كثاني أكسيد الكربون و غاز الميتان. **(عبد الرزاق التركماني ,2009)**

II-10-1 آليات فصل و تحول المواد الصلبة المعلقة:

إن نوع مادة الفلتر و أبعاد الثقوب و الفراغات و المسامية و مساحة الحوض و سماكة الفلتر و المواد المترسبة ضمن الحوض تعتبر العوامل الأساسية التي تؤثر بعمليات فصل المواد الصلبة المعلقة عن المواد الصلبة المنحلة تتضمن المواد الصلبة المعلقة الجزيئات التي أبعادها أكبر من مئة ميكرون و حتى واحد ميكرون.

المياه المعالجة أوليا و الداخلة لأحواض النباتات تحوي كمية هامة من المواد الصلبة المعلقة كما هو واضح من الجدول (II-2).

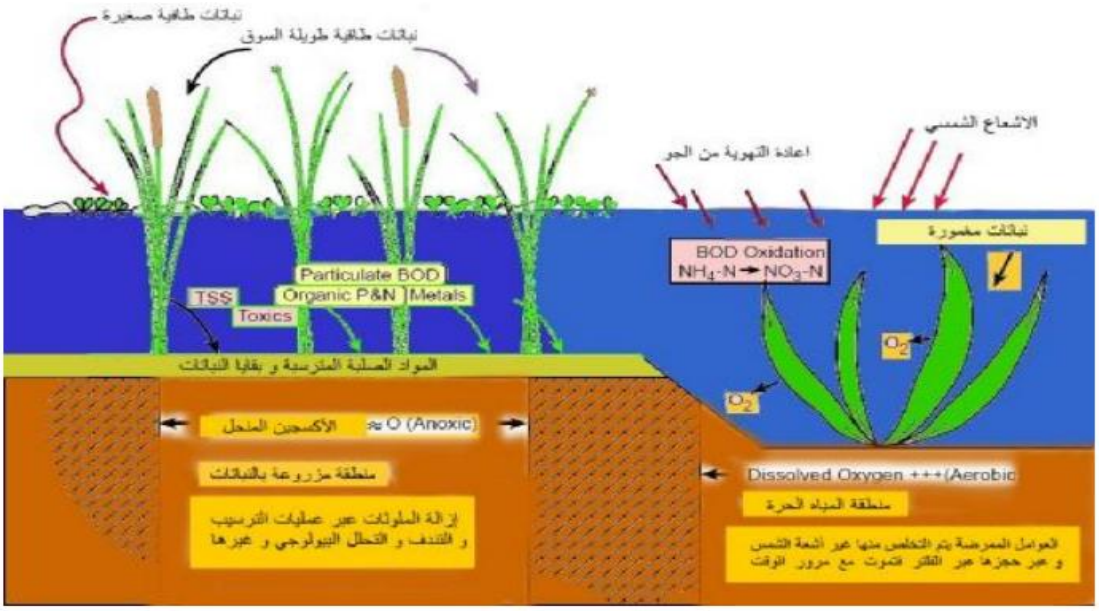
الجدول (II-2) يبين أبعاد المواد الصلبة (%) ضمن مياه الصرف الخام و المياه المعالجة أوليا

(Kim, Y. et *al*. 2001)

Size Range (µm)	Primary Eff. *(% by Weight)*	Raw Sewage *(% by Weight)*
$<10^{-3}$	-	48
10^{-3}-1.0	22(10-30)	9
1.0-12	35(24-51)	-
>12	43(30-60)	-
1.0-100	-	18
>100	-	23

بالنسبة إلى الأراضي الرطبة ذات الجريان الحر فإن المواد الصلبة المعلقة تزال و تنتج بسبب العمليات الطبيعية التي تحصل ضمن الحوض. و لكن العمليات الرئيسية الفيزيائية التي تساهم في إزالة المواد الصلبة المعلقة هي التخثير/الترسيب و الفلترة/الحجز بينما يعود إنتاج المواد الصلبة المعلقة إلى موت اللافقاريات و تشتت بقايا النباتات و تواجد العوالق النباتية و الميكروبات ضمن الماء أو تكون ملتصقة بسطوح النباتات و تنتج المواد الصلبة المعلقة أيضا" بسبب الترسيب الكيميائي مثل ترسب كبريت الحديد. الشكل (II-13) يوضح أهم العمليات التي تحصل ضمن أحواض المعالجة بالنباتات ذات الجريان الحر. في بعض الأحيان يحدث إعادة انتشار المواد الصلبة المترسبة ضمن الوسط المائي بسبب اضطراب الجريان الحاصل بفعل الرياح أو تدفق المياه بسرعة عالية أو بسبب حركة الحيوانات.

أما في الأحواض ذات الجريان تحت السطحي فإن الآليات التي تسهم في إزالة المواد الصلبة المعلقة تتضمن عمليات التخثير و عمليات ترسيب الجزيئات الغر وانية و الجزيئات التي أبعادها بين واحد إلى مائة ميكرون. و هذه الأحواض تعتبر فعالة في إزالة المواد الصلبة المعلقة بسبب سرعة الجريان المنخفضة و المساحة السطحية الكبيرة للحوض و التماس مع وسط الحوض. و تعمل هذه الأحواض كمرشح حصوي أفقي و بذلك فهي تؤمن الفرص المناسبة لفصل المواد الصلبة المعلقة عبر الترسيب الثقالي و التصفية و عمليات الالتقاط الفيزيائي الأخرى و كذلك عبر الامتزاز ضمن الطبقة البيولوجية (Biofilm) الملتصقة بالحصى و النباتات (الجذور). عند ورود تدفقات ذات حمولة عالية من المواد الصلبة المعلقة فيخشى من انسداد الفلتر ضمن الحوض و كلما كانت المعالجة الأولية فعالة كلما تحسن أداء الأحواض. إن هذه الانسدادات تزيد من الضياعات الهيدروليكية للحوض و مع زيادة الانسدادات يرتفع منسوب الماء ضمن الحوض إلى الدرجة التي تجري فيها المياه على سطح الحوض مما يعني ضرورة استبدال وسط الحوض. بعض الأبحاث (عام 2000) قارنت مستوى إزالة الملوثات ضمن الأحواض ذات الجريان تحت السطحي المزودة بالنباتات مع أحواض أخرى غير مزودة بالنباتات و قد أظهرت النتائج عدم وجود اختلافات مهمة بالنتائج و لكن هذا لا يلغي الدور المهم الذي تلعبه النباتات في تحسين أداء هذه الأحواض في معالجة المياه الملوثة و تتميز هذه الأحواض بعدم وجود حالة إعادة انتشار المواد الصلبة المعلقة ضمنها لأن الجريان فيها غير حر.**(Kim, Y. and Kim, W. J. 2000)**

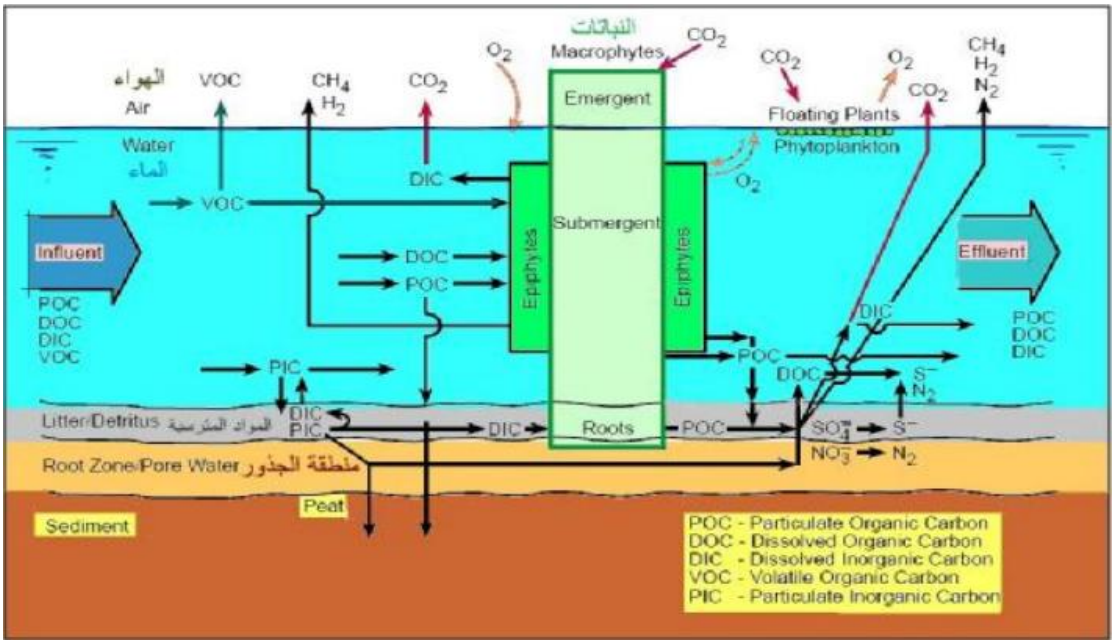


الشكل (II-13) : يوضح أهم العمليات التي تحصل ضمن أحواض المعالجة بالنباتات ذات الجريان الحر **(Kim, Y. et *al*. 2001)**

II-10-2 آليات فصل و تحول المواد العضوية:

تحوي المياه المعالجة أوليا" عبر أحواض التحليل أو الترسيب الأولي على مواد عضوية دقائقية، على الرغم من أن الكمية الأهم من المواد العضوية تكون على شكل غرواني (أبعادها بين 0.001 إلى 1 ميكرون) أو منحل (أبعادها أصغر من 0.001 ميكرون). إن إزالة المواد العضوية الدقائقية يتم كما في حالة إزالة المواد الصلبة المعلقة عبر الفصل الفيزيائي. الشكل (II-14) يبين عمليات الفصل و التحول السائدة للمواد العضوية ضمن أحواض الجريان الحر.

إن التحولات البيوكيميائية التي تحدث للمواد العضوية المترسبة و المحجوزة ضمن الحوض (ذو الجريان الحر) تؤثر بشكل فعال في معدل الإزالة الكلية للمواد للعضوية ضمن مياه الحوض. كما أن المواد العضوية المنحلة يمكن إزالتها بواسطة عدد من عمليات الفصل و الإزالة. إن عمليات الامتصاص و الادمصاص تلعب دورا مؤثرا في إزالة بعض الجزيئات العضوية. فالطبقة البيولوجية تتشكل على سطوح المواد المترسبة للقاع و على سطوح أجزاء النباتات المغمورة بالماء و تلعب دورا" في أكسدة المواد العضوية . يمكن أن تحدث عملية التطاير مما يؤدي إلى فقدان مواد عضوية معينة على شكل غازي. و على العموم فالمواد العضوية الداخلة مع المياه المعالجة أوليا" إلى أحواض المعالجة ذات الجريان الحر لن تحوي كميات مهمة من المواد العضوية الطيارة. و على أية حال فبعض تلك المواد يمكن أن تتكون بسبب التحولات البيولوجية.**(Wolverton, B.C 1979)**



الشكل (II-14) يوضح العمليات السائدة (فصل و تحول) على المواد العضوية ضمن حوض النبات ذو الجريان الحر **(Wolverton, B.C 1979)**

إن التحولات البيوكيميائية تعد من الآليات الهامة التي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار لدورها في التغيرات الحاصلة في تركيز المواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجي و في كمية إنتاجها عبر تكاثر الكتلة الحيوية ضمن النظام. و معروف أن الكائنات الدقيقة سوف تستهلك المواد العضوية للبقاء حية و للتكاثر عبر عمليات الأكسدة و الإرجاع و الحلمهة بحيث تكون المواد العضوية مصدرا" للطاقة و مصدرا" للبناء الجزيئي الخلوي. و يعتبر الأكسجين عنصرا"حاسما" في عملية التحول البيوكيميائي . حيث ينتقل الأكسجين من الهواء الجوي إلى الوسط المائي عبر تماسه مع السطح للمواد العضوية المائي بالانحلال و يتأثر معدل الانتقال بعوامل عديدة و تتراوح قيمة الأكسجين المنحل المنتقل من الجو إلى الماء عادة بين $0.5 - 0.9\ g/m^2/d$ كما تلعب النباتات و العوالق النباتية دورا" في تزويد الوسط المائي بالأكسجين المنحل. و العلاقة العامة لإنتاج الأكسجين من قبل النباتات الخضراء المغمورة بالماء عبر التركيب الضوئي هي إنتاج 2.5 غرام أكسجين مقابل كل 1غرام كربون مثبت ككتلة خلوية . كما أن النباتات التي جسمها فوق سطح الماء و جذورها ضمن التربة فإنها تنقل الأكسجين من الجو لتحرره عبر جذورها في المنطقة المحيطة بالجذور. بعض الدراسات أشارت إلى أن انتقال الأكسجين بواسطة النبات(كالقصب) يتراوح بين ^{2} و بعضهم أعطى قيم أعلى منها إذا" عند توفر الأكسجين المنحل تكون الشروط هوائية و تكون نواتج أكسدة المواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجي كتلة خلوية جديدة و ماء و غاز ثاني أكسيد الكربون الخ و أما بحال انعدام الأكسجين المنحل فتنشأ شروط لاهوائية بحيث تكون النواتج النهائية للتخمير بفعل العمل البكتيري الغاز الحيوي و كتلة بكتيرية جديدة .

و أما بالنسبة للأحواض ذات الجريان تحت السطحي فهي تلعب دور أحواض المعالجة البيولوجية ذات الوسط الثابت (fixed-film bioreactors). و يلعب النبات دورا" في المعالجة و خصوصا" عبر الجذور حيث تشكل سطوحا" إضافية تتشكل عليها الطبقة البيولوجية الرقيقة التي تؤكسد الملوثات العضوية كما أنها تساهم بنقل الأكسجين المنحل لسرير الفلتر الحصوي ضمن الحوض كما شرح سابقا و بالتالي فمعدل انتقال الأكسجين بواسطة النبات يتراوح بين $0\text{-}3\ g\ O_2/m^2$

إن الجزيئات العضوية الدقائقية تزال بواسطة أحواض النباتات ذات الجريان الأفقي بشكل مشابه لفصل المواد الصلبة المعلقة عبر أحواض حصوية أفقية بعد حجز هذه المواد يتم حلمهتها و ينتج بذلك مركبات منحلة المواد العضوية المنحلة يتم امتزازها إلى داخل الطبقة البيولوجية الرقيقة حيث تتم أكسدتها إن مصادر الأكسجين في هذه الأحواض يعتمد على التهوية السطحية و على نقل الأكسجين من الجو إلى منطقة الجذور و عادة ما يكون تركيز الأكسجين المنحل ضمن هذه الأحواض أقل من 0.1 mg/l. و يتم أيضا" التخلص من جزء من الملوثات عبر التفاعلات اللاهوائية ضمن الحوض. و تلعب درجة الحرارة دورا مهما في تسريع التفاعلات الحيوية ضمن الحوض.

II-10-3 آلية إزالة وفصل المعادن :

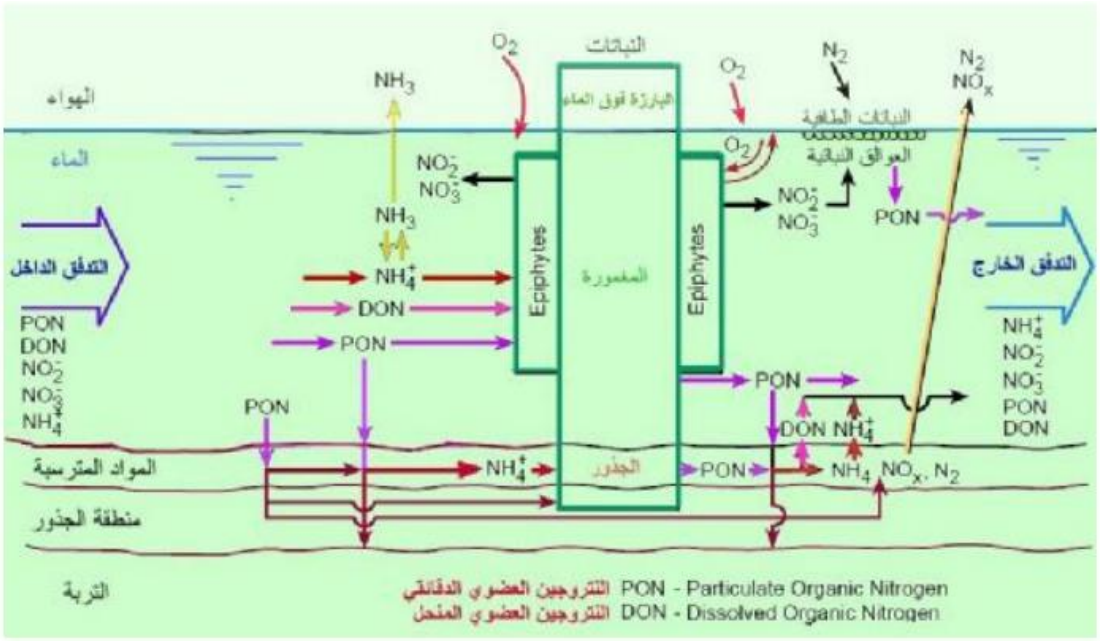
توجد المعادن في المياه الملوثة على شكلين شكل مذاب وشكل جزئي ، الشكل الجزئي ينزع عن طريق التصفية، أما الشكل المذاب هناك طريقتين للنزع :

- ✓ **الطريقة الأولى :** ترسب على شكل اكاسيد وكبريت المعدن بواسطة البكتريا المرجعية للكبريت في الأماكن اللاهوائية ثم تثبت على المصفاة .
- ✓ **الطريقة الثانية :** الفواصل بين الجذور والرواسب هناك نسبة عالية من تفاعل الأكسدة الارجاعية ،التي تعطي ترسيب هيدروكسيد حديد معقد يتجمع في جذور النبات، تشكل حزام حول الجذور يمنع استعمال النباتات للمعادن ، وعدم ترسبها مع المعادن الثقيلة على شكل هيدروكسيد الحديد.

II-10-4 آليات إزالة الازوت (النتروجين) :

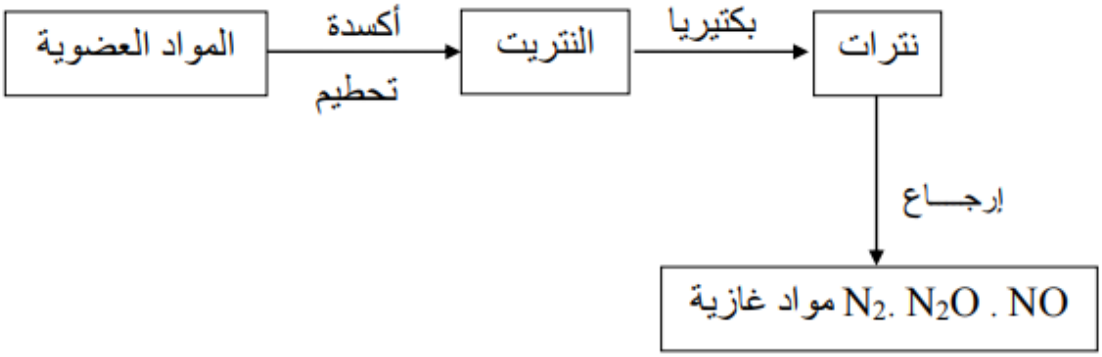
يتواجد النتروجين في المياه العادية و مياه المجاري على شكل نترات و نتريت و نتروجين عضوي و غاز النشادر. كل هذه الأشكال للنتروجين يطلق عليها ضمن مياه المجاري بالنتروجين (N). يطلق على النتروجين العضوي و غاز النشادر معا" بالنتروجين الكلي (Total Kjeldahl Nitrogen) أو ما يعرف اختصارا" (TKN). النتروجين العضوي ضمن مياه المجاري يتكون من البروتينات و البيبتيدات و اليوريا و الحموض النووية (Nucleic Acids). النتروجين العضوي ربما يتواجد على شكل منحل أو دقائقي بينما أشكال النتروجين الأخرى فتتواجد على شكل منحل. يمكن أن يتواجد نتروجين الأمونيا على شكل غير متشرد على شكل غاز النشادر NH_3 أو على شكل متشرد متمثلا" بالامونيوم (NH_4^+) و ذلك تبعا" لدرجة حرارة الماء و درجة الحموضة و يكون الشكل الشاردي هو السائد في محطات المعالجة بالنباتات و على سبيل المثال فمن أجل درجة حموضة معتدلة $pH = 7$ و درجة حرارة 20 مئوية تكون نسبة النشادر الغير متشرد بحدود % 0.6 . بالنسبة إلى أحواض المعالجة بالنباتات ذات الجريان الحر فهناك العديد من طرق فصل الملوثات و التي تؤثر في أشكال النتروجين المختلفة ضمن محطات المعالجة بالنباتات فالنتروجين المرتبط بالمواد الصلبة المعلقة (نتروجين عضوي) ربما يزال بواسطة عدد من عمليات الفصل التي ذكرت سابقا" مثل التخثير و الترسيب و الفلترة كما يظهر بالشكل (II-15). كما أن امتزاز النتروجين العضوي المنحل و الدقائقي يتم عبر الطبقة البيولوجية الرقيقة المتشكلة على أجزاء النباتات المغمورة بالماء أو غيرها مثل الوسط الحصوي و كذلك فإن الفلزات الموجودة ضمن الترب الغضارية تعمل على إزالة شوارد الالمونيوم بالتبادل الشاردي. و كما بينا سابقا" أن نسبة النشادر تكون منخفضة و لكن و بسبب التركيب الضوئي ضمن المياه فربما ترتفع قيمة pH

لتصل إلى 8.5 تبعا لقلوية المياه و عندها ترتفع نسبة غاز النشادر إلى حدود % 25 عند درجة حرارة 20 مئوية.**(Brix, h. 1994)**



الشكل (II-15) : يوضح العمليات السائدة (فصل و تحول) على النتروجين ضمن حوض النبات ذو الجريان الحر**(Brix, h. 1994)**

أما في أحواض النباتات ذات الجريان تحت السطحي فإن النتروجين العضوي يتم احتجازه عبر الوسط الحصوي أو الرملي الحاوية على الطبقات البيولوجية الرقيقة (Biofilms) حيث يتحول إلى الأمونيا (غاز النشادر) و الذي يتحول إلى أمونيوم عند انحلاله بالماء و يتم استهلاكه عبر جذور النباتات و يقدر استهلاك النبات من النتروجين بمقدار 0.03-0.3 $gN/m^2/d$ وهذا الاستهلاك يعتبر اضفخنم" إذا ما قورن بحمولات النتروجين القادمة لهذه الأحواض. و لذلك فإن معدل إزالة . و يعتبر تركيز الأكسجين النتروجين لن يكون فعالا" خلال مرحلة توقف نمو النباتات أو موتها المنحل شبه معدوم ضمن هذه الأحواض و لكن سيتواجد قرب سطح الفلتر الحصوي أو الرملي و قرب منطقة الجذور و بالتالي ستحدث عندها النترجة و لذلك فيجب أن يكون تدفق مياه المجاري متقطعا" على شكل جرعات حتى تتم عملية النترجة و هذا ما نجده بأحواض النباتات ذات الجريان تحت السطحي الشاقولي بينما نجد إزالة النترجة في أحواض النباتات ذات الجريان تحت السطحي الأفقي.**(Brix, H. 1997)**

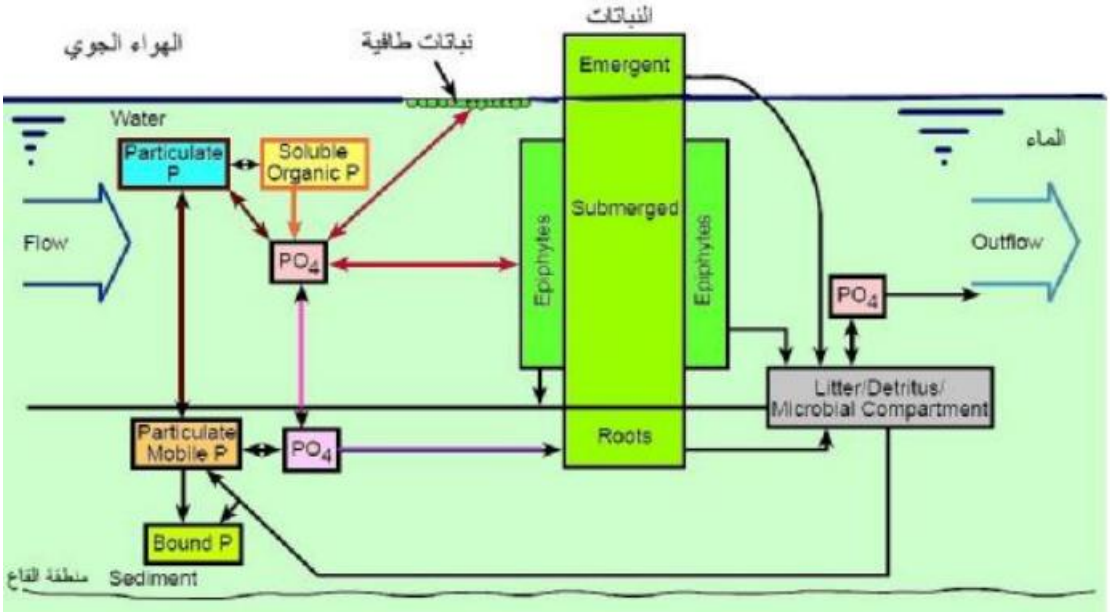


المخطط (II-16): مخطط يوضع عملية تحطيم المواد العضوية تحطيم المواد العضوية **(عبد الرزاق التركماني ,2009)**

II-10-5 آليات فصل و تحول الفوسفور:

يعتبر الفوسفور أحد العناصر المهمة للنظام البيئي، و يتواجد إما على شكل منحل أو شكل دقائقي. و بما أن الفوسفور لا يتحول إلى الحالة الغازية فإن الفسفور يميل ليتراكم ضمن القاع. يتم ترسب الفوسفور ألدقائقي نحو القاع أو احتجاز عبر النباتات عبر الالتصاق بها حيث يتم امتزازه إلى داخل الطبقة البيولوجية الرقيقة المتشكلة على سطوح النباتات أما الفوسفور المنحل فيتم استهلاكها من قبل الكائنات الدقيقة الموجودة ضمن الوسط المائي أو يتم امتزازه عبر الطبقة البيولوجية المتشكلة على سطوح النباتات و المواد المترسبة كما يمكن للفوسفور أن يترسب على شكل مركب غير منحل (الفوسفات الحديدي مثلا") أو يمتز بواسطة الجزيئات الغضارية . الفوسفات العضوية المنحلة والفوسفات اللاعضوية الغير منحلة و الفوسفات العضوية لا يمكن استهلاكها من قبل النباتات إلا إذا تحولت إلى الشكل اللاعضوي المنحل. و هذه التحولات البيولوجية في المركبات الفوسفورية (الشكل15) تتم عبر الكائنات الدقيقة (البكتريا) و الطحالب الموجودة في الماء و عبر الطبقات البيولوجية المتشكلة على سطوح النباتات أو الجذور أو سطوح المواد المترسبة. و يقدر استهلاك الفوسفور سنويا" من قبل النباتات (Emergent Plants) التي يكون جزءا" منها تحت الماء (السوق) و جزأها الأخر في الهواء و الجذور ضمن القاع بحدود 1.8-18 $g/m^2/year$ فالفوسفور يستهلك من قبل النباتات للنمو كما يستهلك أيضا" من قبل الكائنات الدقيقة و عند تموت الكائنات الدقيقة و النباتات يعود الفوسفور ليتحرر ضمن الوسط المائي. إزالة الفوسفور من مياه المجاري ضمن أحواض النباتات ذات الجريان تحت السطحي ترتبط 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. **(Reddy, k.r.1997)**



الشكل (II-17) : يبين العمليات و التحولات التي تحصل على الفوسفور ضمن أحواض النباتات ذات الجريان الحر**(Reddy, k.r.1997)**

II-11 الخلاصة :

اذا نخلص الى القول بأن محطات المعالجة بالنباتات تمثل تقنيات معالجة 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 في الزراعة دون استخدام للمحاليل الكيميائية وبتكلفة دنيا بالمقارنة مع غيرها من تقنيات المعالجة ،يمكن القول ان استخدام ان استخدام التقنيات الحديثة والاستفادة من تجارب الدول الاخرى وخبراتها في مجال معالجة مياه الصرف الصحي يمكن ان يحقق النتيجة المرجوة لتطوير قطاع الصرف الصحي.

الجزء التطبيقي

الفصل الاول : طرق وأدوات

1-I مقدمة :

تم تسليط الضوء أولاً على المشكلات المرتبطة بالتلوث بالمعادن الثقيلة في البلدان المتقدمة صناعياً بسبب التلوث الصناعي والزراعي ومن ناحية أخرى وجود بعض النباتات القادرة على النمو بشكل طبيعي في المواقع الملوثة بشدة بمختلف المعادن وتكون قادرة على تخزين المعادن في أجزائها الهوائية والجذرية. تم تنفيذ هذا العمل على مرحلتين المرحلة الاولى قمنا بتحضير ادوات التجارب وقد كانت في محطة المعالجة التابعة لقسم الهندسة المدنية والري.اما الجزء الثاني والذي يخص تحاليل المياه المصرفة والمعالجة وقد تم هذا العمل على مستوى مخبر البحث العلمي LARGHYD ومخبر معالجة المياه بجامعة مسيلة. في هذا العمل قمنا بفحص تأثير نبات ارندو دوناكس المستخدم لإزالة النحاس من مياه الصرف الصحي.

الشكل (I-1) : محطة المعالجة بالنبات التابع لقسم الهندسة المدنية والري **(صورة خاصة)**

2-I الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه المصرفة :

تم أخذ مياه الصرف الصحي المستخدمة في مرشحات النبات المزروعة من اصل حضري ،قادمة من مدينة شتمه بولاية ولاية بسكرة. يوضح الجدول (I-1) أدناه الخصائص الفيزيائية الكيميائية لهذه المياه.

الجدول (I-1) : الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه المصرفة

Date	pH	CE Us/cm	DBO_5 mg/l	DCO mg/l	MES mg/l	T C°	NO^{-3} mg/l	MO mg/l	O_2 mg/l	Turbidité
18/03/2018	8,1	4820	250	369,40	218	23	48,5	1,25	4,50	163
15/04/2018	8,16	4840	279	389,2	230	24	50,1	2,30	4,90	189

I-3 دراسة المواد :

أجريت الدراسة التجريبية لهذا العمل في المحطة الهيدروليكية الشكل (I-1) بالتعاون مع مختبر LARGHYD في جامعة محمد خضر بسكرة بالتعاون مع مخبر الابحاث في جامعة المسيلة اقترحنا تأثير نبات ارندو دوناكس في مرشح النبات المستخدم لإزالة النحاس من مياه الصرف الصحي. طُلب منا كتابة الأساليب والمواد المستخدمة وتقييم محتويات النحاس في مخرج المرشحات.

I-3-1 معيار اختيار الركيزة:

قمنا في هذه المرحلة بغسل الحصى جيدا بحيث يكون جاهز لاستخدامه بشكل جيد حتى لا تتداخل معا المعالجة البيولوجية ،بعد ان يتم غربلتها وتصنيفا الى اربع انواع حسب الحجم المطلوب نقوم بوضعها في صناديق ونقوم بغسل كل صندوق وهذا من اجل التخلص من جميع الشوائب (الأملاح والمواد العضوية والنفايات والشحوم). إن الحصى المستخدم لملء المرشحات هو من أصل طمي وفقا لـ **(Mimeche ,2014)**

الشكل (I-2) : الحصى الرسوبي المستعمل **(صورة خاصة)**

يتم اختياره لأنه يستوفي الشروط التالية:

- ❖ نفاذية بشكل كاف لمنع انسداد
- ❖ توفير إمدادات مياه كبيرة
- ❖ يسمح بتبادل الغازات بين الهواء والجذور.
- ❖ يوفر دعمًا مهمًا للمصنع
- ❖ متوفر محليًا

ويجب أن يكون له :

- ✓ تأثير كبير على معدلات إزالة المعادن الثقيلة.
- ✓ مساحة كبيرة من الاتصال بالملوثات
- ✓ الأس الهيدروجيني PH الكافي الذي يمكن أن يعزز نمو نبات أفضل

I-3-2 اختيار الركيزة:

الركائز هيا التي قمنا بزراعة نبات ارندو دوناكس داخلها ،وقمنا بذلك من خلال تشكيل مرشح قائم على الحصى بحوض بلاستيك دائري يتكون من الحصى الذي تم غراؤه سابقاً في اربعة مجموعات. يتم غسل الركيزة مرارا وتكرارا بماء الصنبور لإزالة العوالق و الدهون والنفايات وبعدها نقوم بملء قاع الحوض بالحصى المسطح كبير الحجم يتم وضعها كما في(الشكل).

الشكل(I-3): ملء قاع الحوض بالحصى **(صورة خاصة)**

I-3-2-1 خصائص الحصى المستعمل في التجربة:

الجدول(I-2): يوضح نوع وقطر وسمك كل طبقة من الطبقات المستعملة في التجربة

الطبقات	نوع	الأقطار(mm)	سمك (cm)
طبقة 1	خشن	40 - 60	2
طبقة 2	اقل خشونة	12 - 40	5
طبقة 3	متوسط	5 - 12.5	8
طبقة 4	أملس	1 - 5	23

I-3-3 النبات المستخدم في التجربة:

I-3-3-1 وصف نبات ارندو دوناكس:

وهو عشب نموذجي للمناطق المائية في مناطق البحر الأبيض المتوسط. له أوراق مائلة كبيرة ،مائلة ،متدلية وأوراق نباتية شاحبة من اللون الأخضر الباهت يبدو مثل القصب أو الخيزران يبلغ ارتفاعه من متر واحد إلى 6 أمتار حسب الأصناف يحتوي على أوراق متدلية طولها 60 سم وعرضها 6 سم. يمكن للنبات أن يكون شديد النشاط بحيث يجب السيطرة على النمو مع فصل الشتاء يأخذ مظهرًا جافًا من جانب الجانبية المتنوعة هو أكثر جاذبية. **(Burnie et *al*, 2006)**

الشكل (I-4) : نبات أرندو دوناكس في مرحلة التأقلم **(صورة خاصة)**

I-3-3-2 معايير لاختيار ارندو دوناكس :

الفراغية و يتم اختيار مصنع مستوطن لأنه يلبي المتطلبات التالية:

- ✓ مصنع زاد من كفاءته في معالجة مياه الصرف الصحي
- ✓ التكيف مع الظروف المناخية المحلية
- ✓ مدة دورة النباتات المهمة
- ✓ معدل نمو ملحوظ
- ✓ سهولة تصدير الكتلة الحيوية المنتجة وكفاءة التنقية

I-3-4 اختيار الأحواض:

يتكون العمل التجريبي من 3 احواض سعة كل منها 10.5 لتر. يتم ملئ قاع كل حوض من الاحواض بطبقة من الحصى الرسوبي وتزرع الاحواض 1 و 2 بنبات Arundo donax اما الحوض الثالث فنتركه مملوء بالحصى. ولقد قمنا بهذا الاختيار من اجل توفير مساحة كافية لنمو جذور النبات وضمان عدم موتها وللتأكد من نجاح عملية الفلترة النباتية. ثم وضعنا انبوب يحتوي على العديد من الثقوب من الجوانب ذو قطر 5cm داخل الوعاء وهذا من اجل التهوية وتسهيل قياس المعايير الفيزيائية في الوسط (ph والأكسجين المذاب ودرجة الحرارة والملوحة). ويتم ايضا وضع حنفية بلاستيكية اسفل الحوض وذالك للسماح باختبار العينات ومدى فاعلية التجربة . تم هذا الجزء من العمل في شهر مارس وأفريل وفي كل شهر قمنا بأخذ العينات من المرشحات المزروعة.

الشكل (I-5): وصف مرشح النبات **(صورة خاصة)**

I-4-3-1 ملء الأحواض المستعملة:

قمنا في هذه المرحة بتقسيم الحوض إلى أربعة اجزاء وكل جزئ قمنا بوضع نوع من الحصى حيث قمنا في الجزئي الأول بوضع الحصى من النوع الخشن والجزء الثاني الحصى من النوع الاقل خشونة وهنا نقوم بوضع النبات والجزء الثالثة الحصى من النوع المتوسط معا مراعاة النبات اثناء وضع الحصى تفاديا لعدم موت النبات وفي الجزء الاخير الرابع وضعنا الحصى النوع الأملس اقل حجما.

بعد ملء الاحواض بالحصى وزرع النباتات التي تم ريها مسبقا بماء الصنبور ثم بعد 15 يومًا ،قمنا بريها مع ثلث 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 الاحواض وملئها بالمياه العادمة.

الشكل (I-6): يوضح كيفية ملء الأحواض في التجربة (محطة التطهير لقسم الري) **(صورة خاصة)**

I-4 الجزء المخبري:

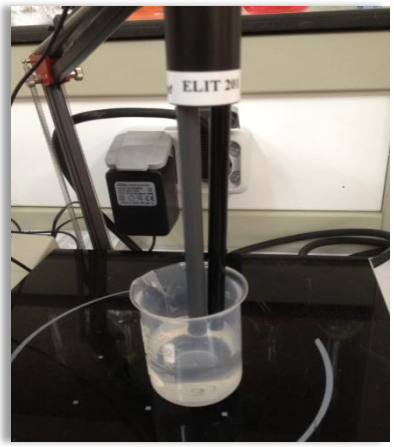
I-4-1 وصف الجهاز المستخدم :

قمنا باستخدام جهاز HI4522 لتحديد تركيز معدن النحاس وهو أدات مهنية مع شاشة LCD لعرض الرسومات وتحديد التراكيز يمكن ان يكون العرض في قناة واحدة أو مزدوجة ، يصل إلى ثمانية معايير حيث ان القياس يحتوي على قناتين مدخلتين pH / ORP / ISE و EC / TDS / Résistivity Salinity وكذا يمكنه فحص درجة الحموضة ،ولديه خمس نقاط من المخازن المؤقتة القياسية والمخصصة ومعيار ISE معpH ،قابل للتخصيص بالكامل مع ذاكرة حفظ كبيرة مع طرق تسجيل مختلفة.

I-4-2 طريقة القياس:

تعتمد أساليب قياس الجهد على قياس الإمكانية الكهروكيميائية للحصول على تركيز أيوني كدالة من إمكانات قياسها في القطب الغشاء المحدد لكل الأيونات.إن المعدات اللازمة لتنفيذ هذه الطرق بسيطة

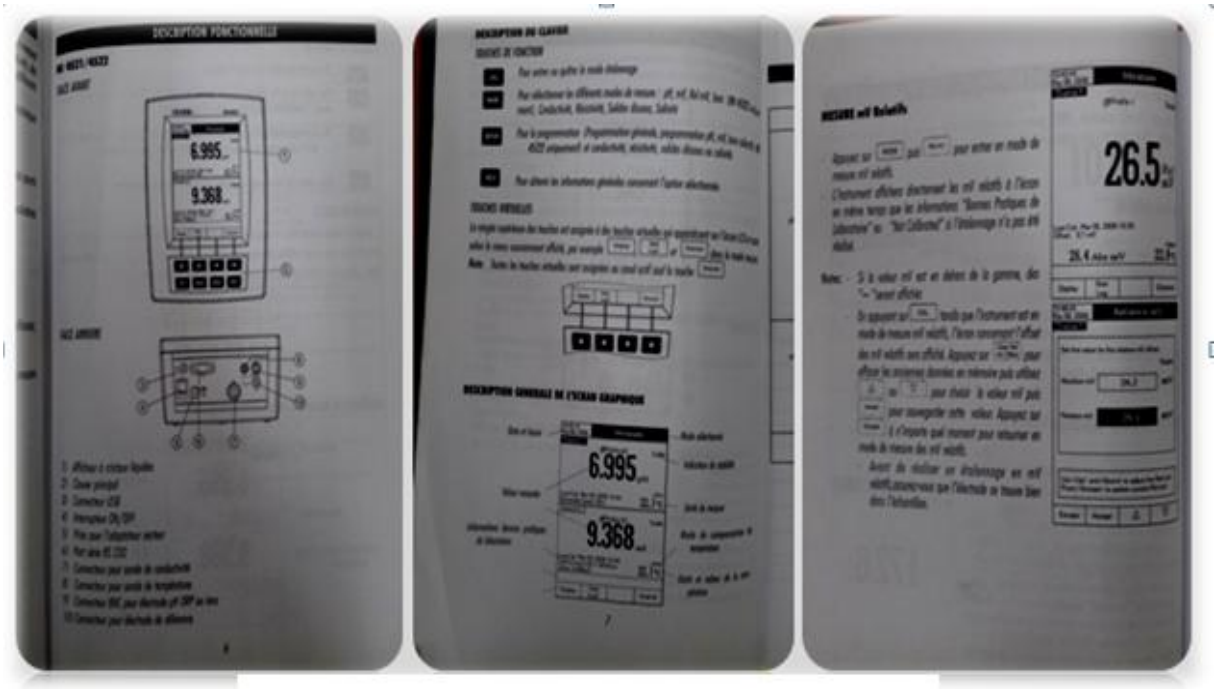
وتتطلب قطبًا مرجعيًا وقطب قياسًا ونظام قياس الأقطاب المستخدمة لتحليل المعادن الثقيلة هي أقطاب بلاستيكية.



الشكل (I-7): أقطاب الجهاز المستخدمة الشكل (I-8) :جهاز متعدد الوظائف

(صورة خاصة)

I-4-3 وصف وظيفي للجهاز :



الشكل (I-9) : العملية العامة للجهاز HI4522

I-4-4 طريقة اضافة النحاس :

تمت معالجة مخلفات المياه المراد معالجتها بالمعادن الثقيلة لزيادة تركيز النحاس داخل الاحواض اضفنا النحاس $Cu(NO_3)_2$ كما يلي :

$$1mol\ de\ Cu(NO_3)_2 \longrightarrow 1mol\ de\ Cu$$

$$X \longrightarrow 1g\ de\ Cu$$

$$63.546+ [14+ (16\times3)] \times2 \longrightarrow 63.546\ g$$

$$X \longrightarrow 1g$$

$$X=\frac{63.546+[14+(16\times3)]\times2}{63.546} = 2.951\ g\ Cu(NO_3)_2$$

- التركيز في 100 ملغ/لتر من $Cu(No_3)_2$

$$2.951\ g\ Cu\ (NO_3)_2 \longrightarrow 1000\ mg$$

$$X \longrightarrow 100mg$$

$$X= 0.2951\ g\ pour\ un\ litre$$

- حجم كل حوض من الاحواض التي قمنا بالعمل عليها 10.5 لتر

$$\longrightarrow 0.2951\times10.5=3.09855\ g\ de\ Cu\ (NO_3)_2.$$

الشكل (I-10): تركيز النحاس المضاف في كل حوض **(صورة خاصة)**

I-4-5 طريقة أخذ العينات من المياه المعالجة :

بعد مرحلة تأقلم النبات في الاحواض المزروعة قمنا بتعبئتها بمياه الصرف الصحي بعد اضافة تركيز معين للنحاس وتركناها لمدة يوم كامل وفي اليوم الموالي اخذنا العينات على ثلاث فترات في اليوم اربع ساعات بعد كل اخذ لمدة خمس ايام ونقوم بهذا العمل على مرحلتين. وتم العمل في الايام التالية :

- ❖ شهر مارس: من 19-22 تم اخذ العينات في الاوقات التالية 8:00 صباحا ،12:00 صباحا 16:00 مساءا
- ❖ شهر افريل: من 16-19 تم اخذ العينات في الاوقات التالية 8:00 صباحا ،12:00 صباحا 16:00 مساءا

الشكل (I-11): مرحلة اخذ العينات الشكل (I-12) : اخذ العينات

(صورة خاصة)

I-5 الخلاصة :

لقد حاولنا في هذا الفصل أن نقدم نضرة على المواد والأساليب و طرق التحليل التي استخدمت خلال هذه الدراسة ومن ناحية أخرى و لإعطاء نظرة عامة مفصلة عن وصف الاختبارات التي أجريت (الملء وأخذ العينات). سيتم توضيح وتفسير ومناقشة النتائج التي يتم الحصول عليها وفقًا لطرق التحليل التي قمنا بها في الفصل التالي.

الفصل الثاني : تحليل ومناقشة النتائج

II-1 مقدمة :

في هذه التجربة قمنا باختيار معدن من المعادن الثقيلة وهو النحاس وقمنا باختبار مدى قدرة نبات ارندو دوناكس على امتصاصه من خلال مرشحين نباتيين مزروعين بهذا النبات وأخر لم يتم زراعته تركناه شاهدا على اداء هذا النبات. اردنا من خلال هذا العمل تحديد قدرة نبات ارندو دوناكس على امتصاص النحاس الموجود في المياه المستعملة الهدف من هذا العمل هو تصفية المياه المستعملة واعدة استعمالها في عدة مجالات مختلفة.

II-2 قياس تركيز النحاس للمياه المعالجة :

لقد تم قياس التركيز بصفة مباشرة باستعمال مقياس الشوارد (ionometre الفصل الثالث) حيث قمنا بتحضير قارورات ذات 20 مل من مياه الصرف والمياه المعالجة وأضفنا لها 0.4 مل من مؤشر النحاس ثم نقوم بغمس القطبين في في القارورة ومن ثم قمنا بقياس التراكيز.

تم تقسيم هذا العمل الى مرحلتين

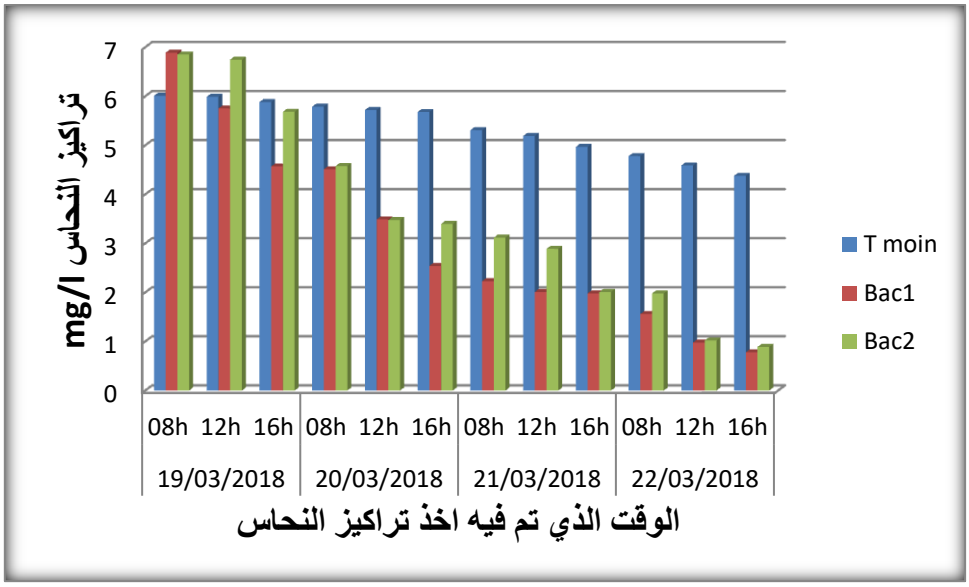
- ✓ **المرحلة الأولى :** من 19 الى 22 مارس 2018

الجدول (II-1): تراكيز النحاس المحصل عليها في المرحلة الاولى

	Date	Temoin	Bac1	Bac2
19/03/2018	08h	6,01	6,89	6,852
	12h	5,99	5,752	6,748
	16h	5,882	4,569	5,684
20/03/2018	08h	5,789	4,512	4,578
	12h	5,72	3,489	3,478
	16h	5,68	2,541	3,398
21/03/2018	08h	5,31	2,23	3,12
	12h	5,191	2,01	2,89
	16h	4,97	1,98	2,01
22/03/2018	08h	4,78	1,56	1,98
	12h	4,59	0,98	1,02
	16h	4,379	0,78	0,89

بعد تحضير الاحواض في محطة المعالجة بالنباتات المتواجدة على مستوى قسم الهندسة المدنية والري وبعد ملئ الاحواض بالمياه المستعملة (تم اخذ المياه من منطقة حضرية بمدينة شتمة ولاية بسكرة) والتي قمنا بإضافة تركيز معين من نترات النحاس (X=3.09855 g) ، قمنا بقياس النتائج الموضحة في الجدول (II-1).

تم تبين التركيز من خلال الشكل التالي :



الشكل (II-1): اعمدة بيانية توضح تركيز النحاس التي الحصول عليها في المرحلة الاولى

- bac 1 (15 ساق من نبات ارندو دوناكس)
- bac 2 (15 ساق من نبات ارندو دوناكس)

✓ **المرحلة الثانية :** من 16 الى 19 أفريل 2018

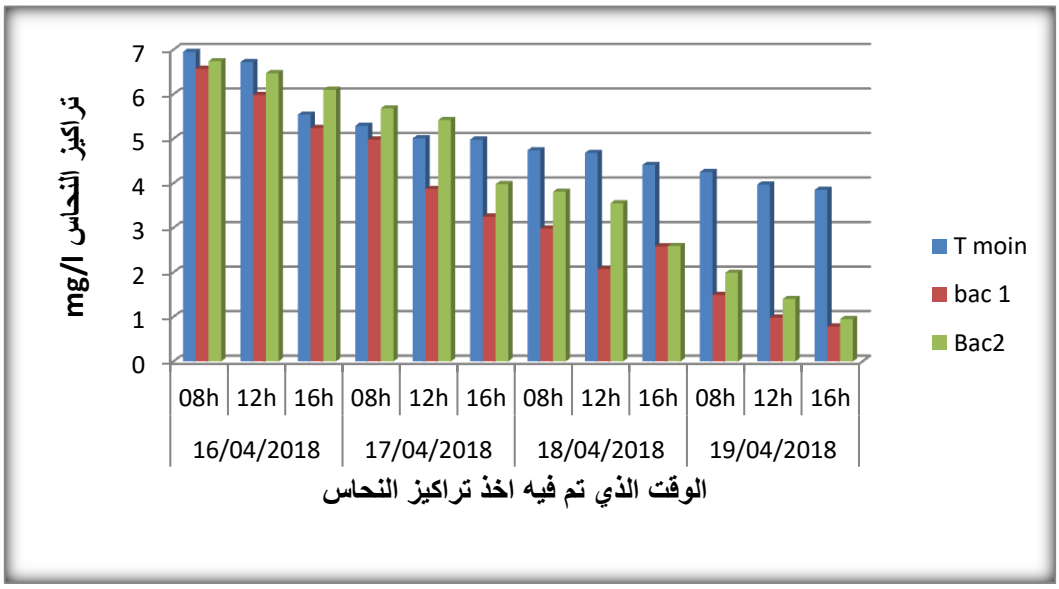
في هذه المرحلة قمنا بغسل الاحواض لتخليصها من الشوائب وكذالك من شوارد النحاس المتبقية من المرحلة الاولى وتم القيام بنفس العملية السابقة في هذه المرحلة ايضا ، حيث قمنا بقياس التراكيز في هذه الفترة الممتدة من 16 الى 19 افريل 2018 على الساعة 8:00 و 12:00 و 16:00 على التوالي. تم قياس التراكيز باستعمال جهاز قياس الشوارد (ionometre) ووضحنا النتائج في الجدول والشكل الموضحين اسفله.

- التركيز الاولي الابتدائي في المرحلة الاولى 7.12 ملغ/لتر.
- التركيز الاولي الابتدائي في المرحلة الثانية 7.23 ملغ/لتر.

قيست التراكيز الاولية باستعمال جهاز (ionometre)

الجدول (II-2) : تراكيز النحاس المحصل عليها في المرحلة الثانية

	Date	Temoin	bac 1	Bac2
16/04/2018	08h	6,95	6,57	6,74
	12h	6,72	5,98	6,47
	16h	5,54	5,24	6,1
17/04/2018	08h	5,29	4,98	5,68
	12h	5,01	3,87	5,42
	16h	4,98	3,25	3,98
18/04/2018	08h	4,74	2,98	3,81
	12h	4,68	2,07	3,55
	16h	4,41	2,58	2,59
19/04/2018	08h	4,25	1,49	1,99
	12h	3,97	0,98	1,4
	16h	3,85	0,78	0,95



الشكل (II-2): اعمدة بيانية توضح تركيز النحاس التي الحصول عليها في المرحلة الثانية

- bac 1 (15 ساق من نبات ارندو دوناكس)
- bac 2 (15 ساق من نبات ارندو دوناكس)

من خلال النتائج المحصل عليها نلاحظ انه بالنسبة للحوض الشاهد نقص تركيز النحاس يسير ببطئ حيث لا تتعدى النتيجة المحصل عليها 40% ونلاحظ انه في الحوض الشاهد انه لا يتم التخلص من النحاس ولكن يتوضع فوقع الركائز المستعملة او ينزل الى القاع لكن بالنسبة الى الحوضين الاخريين (الاحواض ذات النبات) نلاحظ نقص ملحوظ في نسبة تركيز النحاس وهذا ما يدل على ان النبات قام بامتصاصه.

II-3 مردود الاحواض المزروعة بالنباتات :

هذا العمل يعتمد على تقسيم نسبة امتصاص النبات المدروس (ارندو دوناكس) لمادة النحاس المتواجدة في الماء المصرف وهذا بحساب المردود (T) حيث :

$$T=C_0-C_f/C_0*100$$

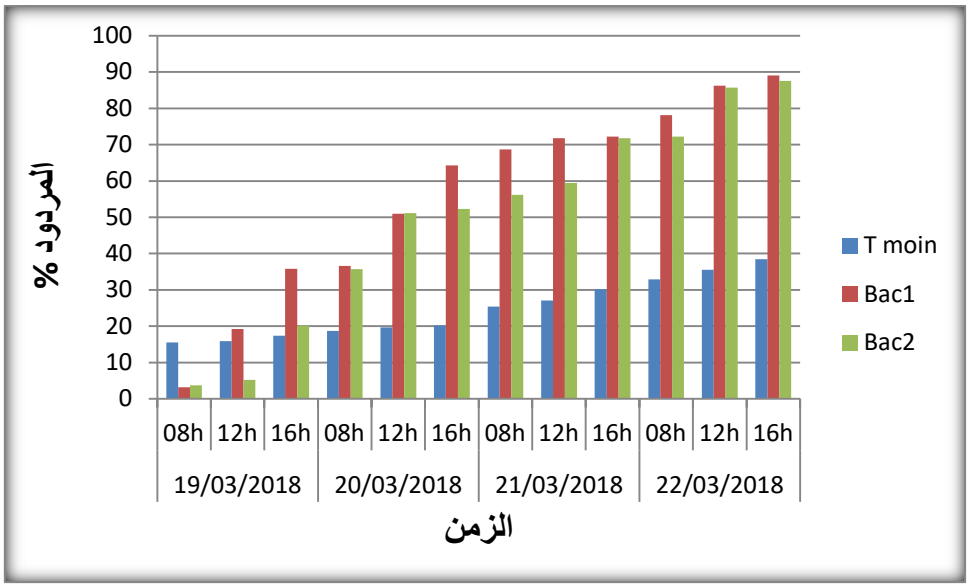
C_0 : التركيز الابتدائي لمادة النحاس المضافة الى المياه المصرفة (ملغ/لتر).

C_f : التراكيز النهائية لمادة النحاس المتواجدة في الماء وبعد معالجة بواسطة الاحواض المزروعة (ملغ/لتر).

النتائج المحصل عليها دونت بالجداول والإشكال التالية :

الجدول (II-3):المردود المحصل عليه في المرحلة الاولى (%)

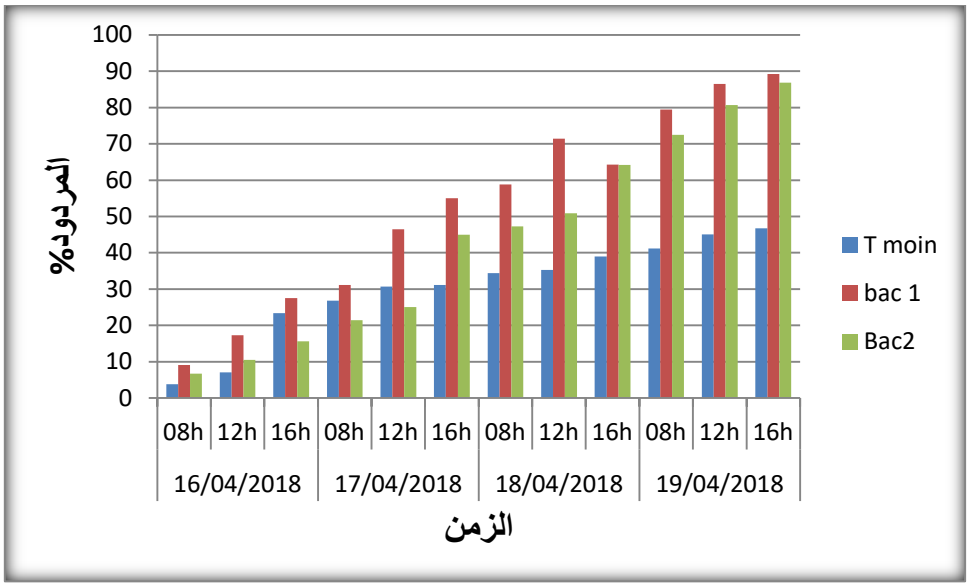
	date	Temoin %	Bac 1%	Bac2 %
19/03/2018	08h	15,5898876	3,23033708	3,76404494
	12h	15,8707865	19,2134831	5,2247191
	16h	17,3876404	35,8286517	20,1685393
20/03/2018	08h	18,6938202	36,6292135	35,7022472
	12h	19,6629213	50,997191	51,1516854
	16h	20,2247191	64,3117978	52,2752809
21/03/2018	08h	25,4213483	68,6797753	56,1797753
	12h	27,0926966	71,7696629	59,4101124
	16h	30,1966292	72,1910112	71,7696629
22/03/2018	08h	32,8651685	78,0898876	72,1910112
	12h	35,5337079	86,2359551	85,6741573
	16h	38,497191	89,0449438	87,5000000



الشكل (II-3):اعمدة بيانية توضح المردود بدلالة الزمن(المرحلة الاولى)

الجدول (II-4):المردود المحصل عليه في المرحلة الثانية (%)

	Date	Temoin	bac 1	Bac2
16/04/2018	08h	3,87275242	9,12863071	6,77731674
	12h	7,05394191	17,2890733	10,5117566
	16h	23,3748271	27,5242047	15,6293223
17/04/2018	08h	26,8326418	31,120332	21,4384509
	12h	30,7053942	46,473029	25,0345781
	16h	31,120332	55,0484094	44,9515906
18/04/2018	08h	34,439834	58,7828492	47,3029046
	12h	35,2697095	71,3692946	50,8990318
	16h	39,0041494	64,3153527	64,1770401
19/04/2018	08h	41,2171508	79,3914246	72,4757953
	12h	45,0899032	86,4453665	80,6362379
	16h	46,7496542	89,2116183	86,8603043



الشكل (II-4):اعمدة بيانية توضح المردود بدلالة الزمن (المرحلة الثانية)

بالنسبة للمرحلتين :

من خلال تحليلنا للنتائج نلاحظ ان في المرحلتين نسبة التخلص من النحاس تزداد من اليوم الاول الى اليوم الاخير حيث تصل الى اكثر من 89% رغم ان الاحواض المستعملة كانت ذات احجام صغيرة ومغلقة (انعدام الجريان) ومع هذا تحصلنا على نتائج جيدة جدا تطابقت مع العديد من مع العديد من الابحاث السابقة حيث انه بوجود Tamarix استطاع هذا الجهاز ان يحققمردود واصل الى 96% نفس الملاحظة كانت مع فريق **(Sghairi et *al*,2013)** باستعمال نتائج Phragmite aoustralis على نفس الركيزة وكذالك هذه النتائج اكدها فريق البحث **(Mimeche.L, et *al* , 2016)** ويفسر الباحثون قدرة الاحواض المزروعة على تخليص المياه الملوثة من مادة النحاس لكون العملية تعتمد على سببين الاول ان الركيزة التي اختيرت على نتائج سابقة تقوم بوضع مادة النحاس (نترات النحاس) فوق مساحات الاحجار لإعطاء الوقت الوقت الكافي حسب تكوينيها لامتصاص كم ولو بسيط من النحاس (نترات النحاس) ، اما دور النبات فهو الاهم حيث نلاحظ انه tamarix, arundo, phragmite وغيرها تتميز بجذور خاصة وجذور بسيطة تتكون من آلاف من الشعيرات وجذور كبيرة الحجم ذات قنوات حية تقوم بتخزين المغذيات والمعادن الثقيلة لاستعمالها لاحقا عند الحاجة ، استعملت هذه النباتات بمميزاتها الخاصة في تخليص المياه الصرف من الملوثات والتي تستغلها في غذائها او تكوين خلاياها اما المعادن الثقيلة تستعمل جزء منها او تخزنها في الجذور والسيقان والأغصان **(Mimeche. L, 2016) (Sghairi et *al*, 2013)** وتعتمد النباتات لتحقيق هذه الخاصية على البيوكيميائية للنباتات.

كذالك تلعب الجذور دورا مهما في في تكوين حاجز لمرور هذه الملوثات وأكدت هذه النتائج المحصل عليها من طرف **(Gauet 1995)** حيث قام هذا الفوج الفوج بإنشاء محطة نموذجية مكونة من خلال احواض ذات الجريان الشاقولي والتي قاموا بها بتجارب على Cu,Pb. Zn, باستعمال نبات , thypha phragmite australis وتحصلوا على نتائج تصل الى 90% واكدو فيها من خلال ابحاثهم ان النبات بمساعدة الركيزة والكائنات المجهرية المتواجدة في النبات والمياه المصرفة تقوم بامتصاص المعادن وقد بينت الابحاث ان هناك كائنات (cataliella وleptespillia) وغيرها تقوم باكسدة بعض الاشكال المختصرة (le fer de soufre) المتواجد في les sulfures وينتج عنه اسيد sulfiriques الذي له القدرة على حل الفوسفاط و المؤكسدات وles sulfures الذين يقومون بتحرير المعادن الثقيلة فتقوم النباتات بامتصاصه.

جذور النباتات والفطريات المحيطة بها تقوم بفرز احماض معينة والتي تقوم بدورها بمساعدة المغذيات والمعادن الثقيلة (النحاس) تتحول الى العديد من التحولات الارجاعية تحت تأثير البيوكيميائية وأكسدة العديد من انواع النحاس.

العملية الكيميائية تتم بمساعدة الكائنات الحية الطحالب وغيرها تتحول النحاس العضوي عن طريق البكتيريا والمغذيات الكيميائية المتواجدة في الماء وبعد استعمالها من طرف النباتات وتترسب فوق الركائز $Cu(Oh)_2$ $CuCo_3$ تحتجز المعادن عللى الركائز بالامتزاز و الهطول والتحديد.

4-II خلاصة :

في هذا الفصل حاولنا تحديد دور نبات ارندو دوناكس (15 ساق) المزروع في احواض ذات ركائز مختلفة على تخليص المياه المستعملة من النحاس. في هذه الحالة اخترنا مياه صرف من منطقة حضرية وأضفنا لها تراكيز محددة من نترات النحاس (X= 3.09855 g) وبعد التجارب تحصلنا على نتائج جد مشجعة حيث وصلنا اللى نسبة تفوق 89% في اليوم الرابع عند الرابعة مساءا ولو كان عندنا متسع من الوقت ربما لوصلنا الى نتائج احسن من هذا. ولهذا فإننا ننصح باستعمال الاحواض المغروسة كطريقة لمعالجة المياه المحملة بالنحاس.

الخلاصة العامة

تعتبر الاحواض النباتية المغروسة تقنية حديثة لمعالجة المياه الملوثة بأنواعها بما فيها المعادن الثقيلة ولهذا نلاحظ ان استعمالها في تزايد مستمر لكونها اقتصادية ذات مردودية عالية وتعطي اضافة جمالة للوسط المتواجدة به.

ولهذا اردنا من خلال عملنا هذا ان نجرب الاحواض المزروعة بنبات ارندو دوناكس من اجل تخليص المياه الملوثة من المعادن الثقيلة (النحاس) ، قمنا بتحضير ثلاث احواض مملوءة بركائز ذات مصدر ودياني تركنا حوض واحد شاهد والأخريين قمنا بزراعة نبات ارندو دوناكس داخلهما وبعد اضافة المياه المصرفة وتراكيز من نترات النحاس قمنا بقياس التراكيز ولاحظنا ان الاحواض كانت ذات فعالية في انقاس تراكيز النحاس من المياه المعالجة حيث بلغت النتائج نسبة 89% في المرحلة الاولى والمرحلة الثانية ، تحصلنا على هذه النتائج في اليوم الرابع من بدء المعالجة ، وتشجيعا لتعميم هذه التقنية نتمنى مواصلة الابحاث لتحديد الزمن الاكثر فعالية والكثافة النباتية الاحسن مردودا وكذلك دراسة مجموعة اخرى من النباتات.

المراجع

قائمة المراجع باللغة العربية :

- ✓ عبد الرزاق التركماني،2009 محطات المعالجة بالنباتات ، دليل تخطيط و تصميم و تنفيذ محطات ، المعالجة بالنباتات ، شبكة خبراء المياه السوريين،ص 22-28.
- ✓ شاهين (عبد المعز)، طرق صيانة وترميم الاثار والمقتنيات الفنية، مراجعة زكي اسكندر ، الهيئة المصرية للكتاب ، 1993 ، ص 145-146.
- ✓ العابد ابراهيم، 2015 ،معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منقية محلية ، جامعة قاصدي مرباح ورقلة ،ص 24-38.

قائمة المراجع بالغة الفرنسية والانجليزية :

- ✓ **Arris.S.** étude expérimentale d'élimination des polluants organiques et inorganiques sons par d'adsorption sur des sous-produits de céréales. Doctorat en science en génie des procèdes, facultés des sciences l'ingénieure. Département de chimie industrielle. 2008. ppl9.
- ✓ **AL-mayah, A A. and AL-hamin, F. I. 1991**. Aquatic plants and the Algae. University of Basrah (in Arabic); pp. 699-701.
- ✓ **AL-mayah, A. A. 1994.** The Aquatic plants of the Marshes of southern Iraq. Marin Sci. Cent. 18: pp127-143
- ✓ **Armstrong J. and Armstrong W. 1988.** Phragmites australis – preliminary study of soiloxidising sites and internal gas transport pathways. New Phytol., 108, pp373-382.
- ✓ **Bisson M., Houeix N., Gay G., Lacroix G., Lefevre J.P., Magnaud H., Migne V., Morin A., Tissot S., 2005.** Cuivre et ses dérivés. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques INERIS, 66p.
- ✓ **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.
- ✓ **Boutin C., Lienard A., Esser D. 1997**. Development of a new Generation of Reed-Bed Filters in France : First results. Wat.Sci.Tech., 35 (5), pp 315-322.
- ✓ **Boutin C. 1987**. Domestic wastewater treatment in tanks planted with rooted macrophytes:case study, description of the system, design criteria and efficiency. Wat.Sci. Tech. 19(10),pp 29-40.

قائمة المراجع

- **Brix, H. 1994**."Function of Macrophytes in Constructed Wetlands." Wat.Sci.Tech. 29(4): pp 71-78.
- **Brix, H. 1997**. "Do Macrophytes Play a role in constructed treatment Wetlands. " Wat.Sci.Tech. 35(5):pp 11-17.
- **Burnie G., Forrester S., Greig D., Guest S., Harmony M., hobley S., Jackson G., Lavarack P., Ledgett M., Mcdonald R., Macoboy S., Molyneux B., Moodie D., Moore J., Newman D., North T., Pienaar K., Purdy G., Ryan S., Schien G., Silk J., 2006,** BOTANICA, Encyclopédie de botanique d'horticulture. Plus de 10000 plantes du monde entier, place des victoires,
- **Cassereau G., 2001**. Contamination des loutres Lutra lutra de l'ouest de la France par quelques éléments traces : Cadmium, Cuivre, Mercure, Sélénium et Zinc. Thèse de Doctorat de l'école nationale vétérinaire de Nantes, 146p.
- **Chapman, D.V. (ed. 1996)**. "Water Quality Assessments: A guide to use Biota, Sediments and Water" *Environmental Monitoring*. Second Edition. UNESCO, WHO, and UNEP. E & FN Spon, London UK.
- **Fourest.E.** étude des mécanismes de bio sorption des métaux lourds par biomasse fongique industrielle en vue de procèdes d'épuration des effluents à quels contaminées .thèse doctorat de Tuniversité joseph Fourier- Grenoble .France .1993.
- **Fabio Masi & Nicola Martinuzzi. 2006.** Constructed wetlands for the Mediterranean countries: Hybrid systems for water reuse and sustainable sanitation, Italy, pp 14-18
- **Ghaouch.M .1998.** Détermination des métaux lourds dans les eaux usées, épuration par les polymères d'origine naturelles et test sur végétaux .mémoire de diplôme d'étude approfondie. Institut national de recherche agronomique – France.
- **Gauet, Hyvrard, Nakache, Schwartzbrod, Zagury, Baron, Carre, Courtois, Denis, Dernat, Larbaigt, Derangere, Martigne, et Seguret. (1995)-**Dossier : la réutilisation des eaux usées après épuration. Techniques, Sciences et Méthodes.
- **Hurblute. J, Klein.C.** manuel de minéralogie a de Dama .éditorial Reverte. Barcelona .1982. pp564.
- **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.
- **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.

قائمة المراجع

- ✓ **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.
- ✓ **Muftah.H. et al.** Removal of phénol ffom pétrouleuren refïnery waste water through adsorption on data, pit activated carbon Chemical engineering. Journal united Arab. Émarate.2010. ppl62, 997, 1005.
- ✓ **Mimeche.L, 2014** Thèse de Doctorat Etude de faisabilité de l'installation de station d'épuration des rejets urbains par les filtres plantés en milieu aride.
- ✓ Memento technique de l'eau, Neuvième Edition Tomel, (1989).
- ✓ **Mimeche.L, Abidi A , 2016 :** influence de temps de séjours sur l'élimination du cuivre par un filtre planté de Phragmite australis. Mémoire de fin d'étude. Université de Biskra
- ✓ **OMS IPCS., 1998**. Environmental Health Criteria n*200: copper. World Health Organisation International Programme on chemical on chemical safety.http://www.inchem.org/fullist.htm.
- ✓ **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.
- ✓ **Reddy, K.R and D'angelo, E. M,1997**. "Biogeochemical indicators to evaluate pollutant removal efficiency in constructed Wetlands." Wat.Sci.Tech. 35(5): pp 1-10.
- ✓ **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
- ✓ **Vymazal Jan and Lenka Kropfelova., 2008**. Wastewater Treatment in Constructed wetlands with Horizontal Sub-Surface Flow, pp 203-322.
- ✓ **Vyzamal J., Brix H, Cooper P.F.,Green M.B., Haberl R. 1998.** constructed wetlands for wastewater treatment in Europe; Backhuys publ, Leiden. 76: pp; 16-17-18.
- ✓ **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.
- ✓ **(http://www.ineris.fr//)**