الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر –الوادي

كلية التكنولوجيا

قسم هندسة طرائق والبتروكيمياء

مذكرة نيل شهادة ماستر أكاديمي

تخصص: هندسة كيميائية

عنوان المذكرة:

اختبار استعمال نبات القصب في معالجة المياه المستعملة (دراسة نظرية)

من اعداد الطالبات:

بن صغير أمال

عريبي منال

ناصر نضال

نوقشت يوم :2021/06/17

أمام لجنة المناقشة:

د/ فضيل حنان	جامعة الوادي	رئيسا
د/ زغود العيد	جامعة الوادي	ممتحنا
د/ وصيف خالد محمد الطيب	جامعة الوادي	مشرفا

الموسم الجامعي:2020-2021

﴿ وجعلنا من الماء كل شيء حي﴾

صدق الله العظيم

الشكر والتقدير

نحمد الله في علاه حمدا كثيرا طيبا، حمدا يليق بجلال وجهه وعظيم سلطانه

وعلى عظيم نعمه، نرفع إليه أسمى آيات الحمد والثناء حتى يرضى، ونسجد حمدا وشكرا

أن منى علينا بنعمة الصحة والتوفيق إلى طريق العلم ورزقنا من العلم ما لم نكن نعلم وفقنا

لاتمام هذا العمل المتواضع

وعملا بقول رسول الله: ﴿من لا يشكر الناس لم يشكر الله﴾، فمن علمني حرفا صرت له عبدا

لذلك نتقدم بخالص الشكر وعظيم الامتنان إلى الدكتور الأستاذ الفاضل "***محمد الطيب وصيف خالد***"

الذي تفضل بالإشراف على هذه المذكرة، بحسن تعامله وكرم أخلاقه وسعة صدره، والذي لم يدخر جهداً في توجيهنا وارشادنا إلى الصحيح، والذي شجعنا على المضي قدما لاستكمال هذا العمل، وقد كان لكل ما قدمه أبلغ الأثر في هذه الدراسة ومهما عبرنا عما في أنفسنا من امتان فلن نوفيه حقه من التقدير،

جعل الله عمله هذا في موازين حسناته وجزاه عنا خير الجزاء إن شاء الله

والشكر والتقدير إلى أساتذة قسم هندسة الطرائق والبتروكيمياء لما قدموه لنا خلال مسيرتنا الجامعية

كما نتقدم بجزيل الشكر لكل من ساهم في انجاز هذا العمل من قريب أو بعيد

قائمة الجداول

رقم الجدول	عنوان الجدول	الصفحة
1.I	أحجام المياه بالكرة الأرضية	4
2.I	أهم الملوثات والأضرار الناجمة عنها وطرق معالجتها	12
3.I	معايير النوعية لكل أصناف الماء	17
4.I	قيم الحد الأقصى لمعالم صرف نفايات الوحدات الصناعية	19
5.I	تركيب مياه الصرف المنزلية ومعدل نواتج الفرد الواحد من المخلفات الطبيعية يوميا	20
1.II	آلية تنقية مختلف الملوثات	29
2.II	مختلف الثمار التي يحضر منها الكربون النشط	41
1.III	الأسماء الشائعة لنبات القصب	50
2.III	الأحماض الأمينية، المركبات الكيميائية والمعدنية للقصب	52
3.III	جدول يوضح العناصر الثقيلة قبل وبعد المعالجة في نبات القصب والماء	60
4.III	الدراسات السابقة	62

قائمة الأشكال

رقم الشكل	عنوان الشكل	الصفحة
1.I	صورة البنية الفراغية لجزيء الماء	5
2.I	الدورة المائية	8
3.I	مخطط يوضح تقسيم أنواع المياه	9
4.I	مخطط أنواع المياه حسب قيمة TDS	16
5.I	مخطط الأصناف المحددة لمعايير الماء	16
6.I	عملية التناضح العكسي	22
7.I	مخطط نموذج تدفق برك التثبيت	23
8.I	مخطط مراحل المعالجة بالحمأة المنشطة	24
1.II	رسم تخطيطي للنباتات البارزة	30
2.II	رسم تخطيطي للنباتات المغمورة	31
3.II	رسم تخطيطي للنباتات الطافية	32
4.II	حوض معالجة بجريان السطحي الحر	33
5.II	حوض معالجة بجريان تحت السطحي الشاقولي	35
6.II	حوض معالجة بجريان تحت السطحي الأفقي	36
7.II	حوض معالجة بجريان مهجن	37
8.II	صورة الكربون النشط	38

9.II	صورة نبات البردي	43
10.II	صورة نبات البوط	44
11.II	صورة الطحالب	45
12.II	صورة نبات زهرة النيل	46
13.II	صورة نبات القصب	47
1.III	صورة نبات القصب	49
2.III	صورة نبات العملاق	54
3.III	صورة القصب الفورموزي	55
4.III	صورة قصب السكر	56
5.III	مخطط يوضح تغير قيم الملوثات قبل المعالجة وبعد المعالجة بالمحطة ونبات القصب ومعايير اللازمة	61

قائمة المختصرات

الرمز	التسمية	الترجمة بالعربية
pH	Potentiel d'hydrogéne	الأس الهيدروجيني
EC	Conductivité électrique	الناقلية الكهربائية
MES	Matière en suspension	المواد العالقة
BOD	Demande biochimique pour l'oxygène	الطلب البيوكيميائية للأوكسجين
COD	Demande chimique en oxygène	الطلب الكيميائي للأوكسجين
TDS	Solides totaux dissous	المواد الصلبة الذائبة الكلية
CAP	Charbon actif en poudre	الكربون المنشط المسحوق
CAG	Charbon actif granulaire	الكربون المنشط الحبيبي

فهرس المحتويات

قائمة الجداول ..... **أ**

قائمة الأشكال ..... **ب**

قائمة المختصرات..... **د**

المقدمة العامة..... **1**

الفصل الأول: مفاهيم عامة عن الماء

I. 1.تعريف الماء..... **4**

I. 1.1.الخصائص الفيزيائية **6**

I. 2.1. الخصائص الكيميائية **7**

I. 3.1.دورة الماء **8**

I. 2.أنواع المياه..... **9**

I. **1.2**.حسب المصدر **9**

I. 2.2.حسب التركيبة **10**

I. 3.2. حسب التوزيع..... **11**

I. 3.تلوث الماء..... **12**

I. 1.3. ملوثات الماء..... **12**

I. 2.3.مقاييس تصنيف التلوث **13**

I. 4.طرق معالجة المياه المستعملة (مياه الصرف)..... **18**

I. 1.4.تعريف مياه الصرف..... **18**

I. 2.4 أنواع مياه الصرف..... 18

I. 3.4. طرق المعالجة **21**
I. 1.3.4.المعالجة الفيزيائية: 21
I. 2.3.4.المعالجة الكيمائية: 22
I. 3.3.4.الطرق البيولوجية 23

الفصل الثاني: التنقية الطبيعية

II. 1. التنقية النباتية PHYTO_ÉPURATION 26
II. 1.1.تعريف التنقية النباتية **26**
II. 2.1.دور النباتات **27**
II. 1.2.1.النباتات الكبيرة 27
II. 2.2.1.النباتات الصغيرة 28
II. 3.1.مبدأ التشغيل **28**
II. 4.1. آلية التنقية **29**
II. 5.1. تقسيم النباتات **30**
II. 1.5.1.طبيعة التواجد 30
II. 2.5.1.نوع الجريان السطحي 33
II. 2.الامتزاز بالكربون النشط 38
II. 1.2.تعريف الكربون النشط **38**
II. 2.2.تصنيع الفحم النشط **39**
II. 1.2.2.الكربنة Carbonisations : 39
II. 2.2.2.التنشيط Activation : 39
II. 3.2.آلية الامتزاز بالكربون 40
II. 4.2.النباتات التي يحضر منها الكربون النشط 41
II. 5.2.خواص الكربون النشط **41**
II. 1.5.2.الخواص الفيزيائية 41

II. 2.5.2.الخواص الكيميائية: 42
II. 6.2.استخدامات الكربون النشط: **42**
II. 3.أهم النباتات المعالجة 43
II. 1.3.نبات CYPERUS PAPYRUS (البردي)..... **43**
II. 2.3.نبات TYPHA LATIFOLIA(البوط عريض الأوراق) **44**
II. 3.3.الطحالب..... **45**
II. 4.3.زهرة النيل EICHHORNIA CRASSIPES **46**
II. 5.3.القصب PHRAGMITES AUSTRALIS **47**

الفصل الثالث: معالجة المياه بالقصب

III. 1. نبات القصب..... 49
III. 1.1.التصنيف العلمي للقصب **49**
III. 2.1.وصف النبات **49**
III. 3.1.مكونات القصب..... **50**
III. 1.3.1.الجذور:..... 50
III. 2.3.1.الساق:..... 51
III. 3.3.1.الأوراق: 51
III. 4.1. زراعة القصب **53**
III. 5.1. أنواع القصب..... **54**
III. 1.5.1.القصب العملاق: 54
III. 2.5.1.القصب البليني :..... 55
III. 3.5.1.القصب الفورموزي: 55
III. 4.5.1.قصب السكر 56
III. 6.1. استعمالات القصب **57**

III. 2. المعالجة بالقصب 58

III. 1.2. آلية المعالجة..... 58

III. 1.1.2.الاستزراع:..... 58

III. 2.1.2.استخدامه في نظام تقنية phyto_épuration 59

III. 3.1.2.الامتزاز: 59

III. 2.2. الدراسات السابقة..... 60

III. 3.2.النتائج..... 65

الخاتمة. 66

قائمة المراجع..... 67

الملخص

المقدمة العامة

المقدمة العامة

الماء هو عصب الحياة، فبدونه تتوقف الحياة وتتعطل كافة الأنشطة البشرية[1] ، لأنه يدخل في تكوين الإنسان، الحيوان والنبات، له بنية فراغية تميزه بخواص فيزيائية وكيميائية عديدة، تتنوع مصادره الرئيسية بين سطحية وجوفيه وذلك باختلاف أشكاله ومناطق توزيعه وهذا التنوع يحدث بفضل دورته الهيدرولوجية المستمرة في الطبيعة.

يعتبر الماء العنصر اللازم لحياة أي كائن حي كونه المساهم الأكبر لعديد من النشاطات التي يمارسها الانسان على مر العصور، فهو عماد الدول في اقتصادها حيث تعد المياه عامل محدد لأي توسع زراعي أو صناعي[1] ، ونطرا لسهولة الحصول عليه و زيادة استخداماته من طرف الانسان، ومع تطور الحياة البشرية وتقدمها تنوعت استخدامات الماء في مجالات شتى أدى إلى تقليل كمية المياه الصالحة للاستعمال[2]، وأصبح عرضة للتلوث مما أدى إلى التغير في خواصه الطبيعية؛ الفيزيائية والكيميائية، أي يؤثر سلبا على الأحياء المائية و الثورة الزراعية والحيوانية، اذ تستخدم البيئات المائية وخاصة الأنهار كموقع لتصريف المخلفات الناتجة من النشاطات المتنوعة البشرية (صناعية أو زراعية)[3]، مما جعل الدول تتسابق إلى الحفاظ على الموارد المائية من التلوث أو بمعالجتها باستخدام طرق و تقنيات مختلفة، ولكن في القديم اقتصر اهتمام الانسان بمعالجة المياه من ناحية الرائحة، اللون والطعم وذلك باستعمال الترسيب والغليان والترشيح، وجسدوا ذلك بإنشاء أول محطة معالجة في العالم بمدينة كلاسكو الإسكتلندية عام 1807م [2].ولكن حديثا تم تعيين مقاييس تلوث مثل درجة الحرارة، الأس الهيدروجيني، DOB_5، DOC، TDSو MES لمعرفة مدى تلوث المياه واكتشاف أجهزة وطرق لتعيين هذه المقاييس واستعمالها في محطات معالجة المياه.

وباعتبار أن المياه تتلوث خلال الدورة الطبيعية لها [4]، فمن الممكن أن تحدث العملية العكسية لذلك التلوث؛ أي تتم معالجتها طبيعيا، بشرط توفر الوسط المائي الذي تغزوه نباتات لها القدرة على تنقية المياه وهذا ما يعرف بالتنقية النباتية PHYTOEPURATION، حيث نجد أنواع عديدة من النباتات بتنوع طبيعتها وأحجامها التي أثبتت كفاءتها في انخفاض نسبة الملوثات وتقليل سميتها إلى الحدود المسموحة لإعادة استخدام المياه الناتجة في الزراعة [5]، ومن أهم تطبيقات المعالجة النباتية هو المعالجة بأسطح الجريان الحر وهو أحد أنظمة الأراضي الرطبة، وهو عبارة عن تصميم هندسي تمر فيه المياه الملوثة المعالجة أوليا بالترسب عبر أحواض مزروعة بالنباتات أهمها القصب، اذ يقوم النبات بامتصاص الأوكسجين من الهواء ثم انتقاله إلى الجذور لأكسدة المادة العضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي وبالتالي تقليل الملوثات العضوية والروائح الكريهة [6].

وضمن هذا الإطار تقع دراستنا التي تهدف إلى التعرف على اختبار استعمال نبات القصب في تنقية المياه المستعملة.

ومن أجل تحقيق هذا الهدف قسمت هذه المذكرة بعد المقدمة العامة إلى ثلاثة فصول:

الفصل الاول: نقدم عموميات حول الماء وتنوع مصادره، التعرف على ملوثاته والتطرق إلى طرق معالجته؛

الفصل الثاني: نتعرف على المعالجة البيولوجية (التنقية الطبيعية)، أي المعالجة بالنباتات وكفاءتها في معالجة مياه الصرف الصحي بتوفر خاصية الجريان السطحي للماء، واستخلاص الكربون النشط لامتزاز الملوثات؛

الفصل الثالث: وصف نبات القصب واثبات قدرته في معالجة مياه الصرف الصحي، ومراجعة بعض الدراسات السابقة.

الفصل الأول

مفاهيم عامة عن الماء

الفصل الأول: مفاهيم عامة عن الماء

الماء هو سائل الحياة العجيب، ورغم تركيبته البسيطة فهو أغلى ما تملك البشرية وبه وجدت الحياة على الأرض، فالماء يتواجد باستمرار في الطبيعة بفضل الدورة الهيدرولوجية له ومصدره الرئيسي الأمطار، حيث يأخذ تنوع في توزيعه؛ بتجمعه في البحار أو المحيطات أو الأنهار ... إلخ، كما يتميز بطبيعته المتباينة من مكان إلى أخر فنجد العذب والمالح وهذا باختلاف مصدره سواء كان سطحيا أم جوفي، ولكن عموما له مواصفات كيميائية وفيزيائية تجمع بين كل الأنواع أهمها درجة الغليان أو التجمد، يتكون الماء من عنصري الهيدروجين والأكسجين بالإضافة إلى مكونات أخرى تسمح له بالمشاركة في العديد من العمليات البيولوجية والصناعية، مما يجعله عرضة للتلوث بأنواعه بمصادر متنوعة منها المنزلية، الصناعية والزراعية، هذا التلوث يؤثر على خواصه ويساهم في زيادة أو نقصان نسب تلك المكونات، فيسبب أضرار على الكائنات الحية لذا تم اكتشاف طرق فيزيائية، كيميائية أو بيولوجية لإزالة هذه الملوثات أو ضبط مقاييس التلوث وفق للمعايير اللازمة ليصبح الماء نقيا صالحا للشرب والاستعمال.

ومنه سنتعرف أكثر من خلال هذا الفصل على تعريف الماء، أنواعه، ملوثاته وطرق معالجته.

I.1.تعريف الماء

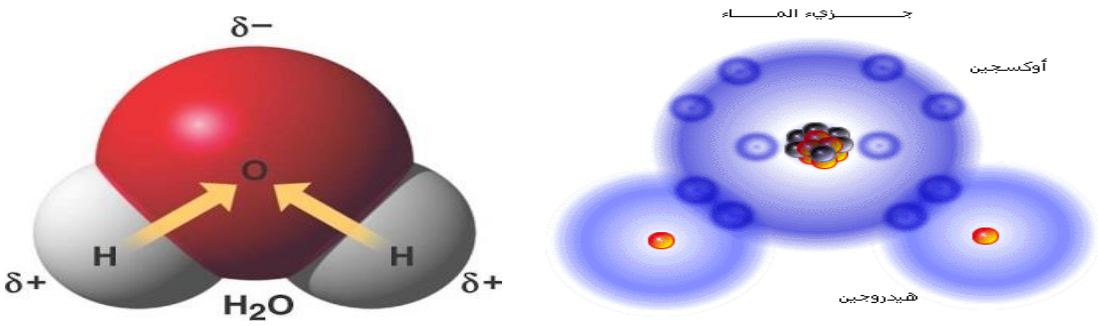
يعتبر الماء مركب أكثر وفرة في الأرض، حيث تمثل نسبة تواجده ثلاثة أرباع سطح الكوكب، أي حوالي $1.4x10^9km^3$، ومن هذه الكمية الهائلة للمياه على سطح الأرض نجد أن النسبة المئوية الصغيرة تشكل المياه العذبة التي تستعمل للشرب والري، وتشكل البحار والمحيطات مالحة (97%) ولا يمكن أن تستخدم بسهولة من قبل الانسان. [7]

- **جدول (I.1): أحجام الماء بالكرة الأرضية [2]**

أحجام المياه في كوكب الأرض	الحجم بـ Km^3
الماء بالمحيطات	1360489606
الماء بالجو	15024
الماء بجبال الجليد	13563163
الماء بالبحيرات والأنهار	229530
المياه الجوفية في مستو أعلى من 3750مترا	4507143
المياه الجوفية في مستوى أقل من 375مترا	82213636

وقد توصل العالم الإيطالي ستنزالو كنزارو عام 1860م إلى التركيبة الكيميائية للماء، بأنه جزى يتكون من أجسام صغيرة تسمى ذرات، وهي ثلاث ذرات؛ ذرتين هيدروجين وذرة أكسجين مرتبطة، هذان العنصران يمثلان الأغلبية مع وجود العديد من العناصر الذائبة بنسب صغيرة جدا.[8]

يتحد الأكسجين والهيدروجين برابطة تساهمية، تشارك كل من ذرتي الهيدروجين بإلكترونها مع الأكسجين ليصبح بمداره 8 إلكترونات، كما تشارك ذرة الأكسجين بإلكترون من مدارها الخارجي مع كل ذرة من الهيدروجين لتحقيق الاستقرار والثبات الكيمائي لكل من الذرتين ويتم تشكل الماء.[9]



شكل (I.1): صورة البنية الفراغية لجزيء الماء [10]

يوجد الهيدروجين في الفراغ الفسيح بين المجرات والنجوم، وهو غاز قابل للاشتعال وأخف عناصر الكون وأكثرها وجودا به، حيث تصل نسبته إلى أكثر من % 90 والرقم الذري له 1 ووزنه الذري 1.0008، أما الأوكسجين فهو غاز نشط يساعد على الاشتعال وثالث العناصر الموجودة في الكون ويتواجد بنسبة 0.05% ورقمه الذري 8ووزنه الجزيئي 16. [9]

I. 1.1.الخصائص الفيزيائية

- الماء سائل عديم اللون والرائحة؛
- وزنه الجزيء 18g /mol؛
- يغلي عند 100°c تحت الضغط الجوي المعتاد، ويتجمد عند الصفر درجة المئوية؛
- تغيير التركيب الكيميائي دون الظاهري عند تغير في حالات الماء (الصلبة السائلة، الغازية)؛
- جزيئات الماء لا تتوزع فيها الشحنات الكهربائية بطريقة متساوية (ذرات الهيدروجين مكونة طرفا الموجب للجزيء وذرات الأوكسجين مكونة الطرف السالب له)؛
- السعة الحرارية: هي انتقال الماء من السائل إلى البخار ينبغي لكل غرام من الماء السائل 540 حريرة.
- تزداد كثافة الماء بانخفاض درجة الحرارة حيث: كثافة الماء عند 100°c: $0.985g /cm^3$؛ وكثافته عند الصفر المئوي: $0.999g /cm^3$
- التوتر السطحي للماء: ينتج من قوى التجاذب بين جزيئات الماء وتبلغ 72mN/m وهي الخاصية التي جعلت الماء يرتفع بنفسه في الأوعية الشعيرية في الأشجار؛
- إن قيمة ثابت العزل الكهربائي للماء عالية تبلغ (80) في جزيئات الماء التي بفضلها أصبح الماء من أقوى المذيبات(المحلات).[8]

I. 2.1. الخصائص الكيميائية

- الإذابة: هي مزج مواد مختلفة كيميائيا لتكوين مزيج (مذيب ومذاب) ذو تركيب وخواص متجانسة، في الغالب الماء هو المذيب العام، لأنه الأحسن لإذابة أغلب المواد بدرجات مختلفة الروابط هيدروجينية، ويكون سريع الإذابة خاصة عند المواد المؤينة (الأملاح، القواعد والأحماض).[2]
- مقاومة التحلل: من الصعب تحلل الماء إلى ذراته الأولية في الظروف الطبيعية بسبب وجود الروابط الهيدروجينية ووجود الذرات بشكلها المائل، ولكن قد تتحلل بنسبة قليلة حوالي 11% عند درجة حرارة2700°C . [2]
- للماء دور في عمليات الأكسدة والاختزال لأنه يتفاعل مع العناصر النشطة وذلك بطرد الهيدروجين، حيث الماء البارد يتفاعل مع العناصر أكثر نشاطا، وبخار الماء مع الأقل نشاطا.[2]
- التّعادل الحمضي: الماء متعادل كيميائيا حيث الأس الهيدروجيني pH=7 فارتفاعها أو انخفاضها بشكل كبير يكون على الغالب ضارا لاستخدام المياه.[11]
- عسر الماء: هي كمية الكالسيوم والمغنيسيوم المذابة في الماء، فكلما زادت نسبة العسرة تقل الذوبانية في الماء.[11]
- الموصلية الكهربائية: الماء النقي بشكل عام غير موصل للكهرباء، وبوجود الأيونات الناتجة عن الذوبان داخله يصبح الماء موصلا.[11]
- القلوية: تعد مقياسا لقدرة الماء على معادلة الحموض والقواعد إذا أضيفت إليها الكربونات والهيدروكسيدات والبيكربونات، كما أن المياه ذات القلوية العالية لها قدرة كبيرة للحفاظ على درجة حموضة ثابتة إلى حد ما. [11]
- يتفاعل الماء مع الفلزات القلوية كالصوديوم مكونا هيدروكسيد الصوديوم وتصاعد غاز الهيدروجين، ومع فلز الكالسيوم يتكون هيدروكسيد الكالسيوم، أما المغنيسيوم والحديد والزنك فلا تتفاعل إلا مع بخار الماء.

- تفاعل الماء مع اللافلزات وهي الهالوجينات مثل الكلور مكونا ماء الكلور، ومع هاليدات الفوسفور مكونا أحماض الفوسفور، كذلك يتفاعل الماء مع الكربون عند إمرار البخار على الفحم المسخن إلى الدرجة 1000°C يتكون في هذه الحالة غاز الماء. [8]

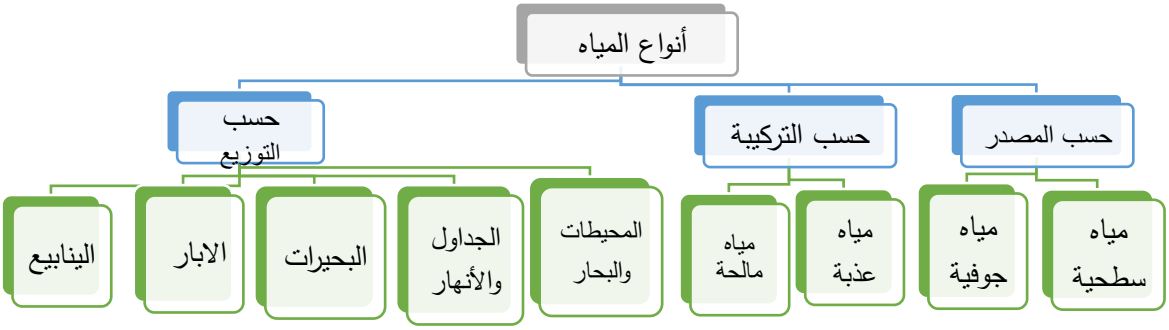
I. 3.1.دورة الماء

الماء من أساسيات الطبيعة حيث يوجد على صور صلبة، سائلة وغازية، له دورة ثابتة تسمى الدورة المائية الهيدرولوجية، العوامل الأساسية لهذه الدورة هي الأرض، الشمس والغلاف الجوي، بحيث يتبخر الماء من المسطحات المائية بفعل حرارة الشمس فيرتفع إلى الغلاف الجوي يتكاثف بتدخل الهواء ليتساقط على شكل أمطار وثلوج ثم يعود إلى الأرض. [2]

شكل (2.I): الدورة المائية [12]

I.2.أنواع المياه

تتنوع المياه في الطبيعة حسب تقسيمات عديدة من بينها المصدر، التركيبة والتوزيع وسنلخص ذلك في المخطط التالي:



الشكل (I.3): مخطط يوضح تقسيم أنواع المياه

I.2.1.حسب المصدر

تعتبر مياه الأمطار المصدر الرئيسي للماء في الطبيعة، فإذا استقر فوق الأرض على شكل مسطحات مائية تسمى مياه سطحية، أما إذا تم نفاذه عبر التربة وخزن في الينابيع والآبار يحفظ كمياه جوفية.

- **المياه السطحية:** مياه توجد على سطح الكرة الأرضية متاحة للاستخدام البشري بسهولة[1]، حيث $1300Km^3$ من المياه السطحية يكون ضمن الدورة الهيدرولوجية اما الباقي فيكون في الانهار والجداول وتشكل مياه البحار % 98 من احتياط الماء العالم وهي أكبر المصادر للمياه السطحية.[2]
- **المياه الجوفية:** وهي المياه الموجودة في باطن الأرض تمثل ما يقارب % 98من مجموع مياه العذبة في العالم، حيث تعتبر مياه الأمطار المصدر الرئيسي لها [1]، فهي مياه ترشحت عبر طبقة التربة إلى تكوينات القشرة

الأرضية [13]، تتواجد على مستوى الطبقة الصخرية أو الرسوبية هذه الطبقة قادرة على خزن كميات كبيرة من الماء وذلك نظرا لطبيعة تكونها من مواد غير مدمجة (الرمل، الحصى) ومواد مدمجة (الحجر الرملي، الحجر الجيري المتحصي)، سواء التي تتوزع في المناطق المملوءة فراغاتها بالكامل بالمياه (المناطق المشبعة)، أو المنطقة الواقعة مباشرة تحت سطح الأرض، وتحتوي على المواد الجيولوجية المكونة لها؛ الماء والهواء في الفراغات الفاصلة بين حبيبات التربة (المناطق الغير المشبعة) [1]، فهي مياه تنفذ من خلال مسامية التربة وهي تحتوي على المواد العضوية مثل المبيدات الحشرية، مخاط البكتريا كما تحتوي على البيكربونات، الكالسيوم، الحديد، المنغنيز والمعادن الثقيلة .[2]

I.2.2. حسب التركيبة

- **المياه العذبة**: هي مورد نادر، حيث تشكل 16% فقط من المياه على الأرض، تنقسم إلى 98% منها في الحالة الصلبة (جليد القطبين) 2% سائلة أو غازية [7]، تحتوي على تراكيز منخفضة أو معدومة في بعض الأحيان من الأملاح المعدنية المنحلة (الأنهار، الجداول، الجليد القطبي والأمطار).[1]
- **المياه المالحة**:وهي ذو تراكيز عالية من الأملاح المعدنية المنحلة، وتعد البحار والمحيطات المصدر الرئيسي لها[1].

I.2.3. حسب التوزيع

- **البحار والمحيطات:** تقدر مساحة المحيطات والبحار بـ $367.2\ km^2$ مليون من مساحة الكرة الأرضية، فالمحيطات هي مساحات مائية واسعة تتصل ببعضها البعض بفتحات واسعة، على عكس البحار تشغل مساحات مائية أصغر من المحيطات، تتميز مياه البحار بخلو التيارات ومياهها هادئة أكثر من المحيطات [13]، تستعمل مياه البحار في الصناعة لأغراض التبريد. [2]
- **البحيرات:** منخفضات تضاريسية مغلقة ممتلئة بالمياه، أو أحواض أرضية مقعرة، حيث يقدر حجم المياه بالبحيرات بـ $125km^3$ ألف في العالم، وتعد درجة الحرارة، المواد الصلبة، العالقة مؤثرات على كثافة مياه البحيرات. [13]
- **الجداول والأنهار:** المصدر الرئيسي لتلبية احتياجات البشرية حيث تختلف نوعية مياه الأنهار حسب خواص تربة الأراضي التي تجري بها. [2]
- **الآبار:** تتميز مياه الآبار بأنها خالية من الطعم، الألوان والرائحة، نقية وتركيبها تقريبا ثابت، خالية من التلوث بالفضلات الصناعية لذلك هي مصدر رئيسي للمصانع، تتصف الآبار العميقة بأنها نقية، شفافة، وتجهز للمجتمعات والمصانع.[2]
- **الينابيع:** تتدفق مياه الينابيع من مجاري المياه الجوفية عند التقاء الطبقة الحاملة للماء مع سطح الأرض، وهناك ينابيع يستمر تدفقها على مدار السنة، وأخرى موسمية حيث تنفجر في فصل الشتاء فقط. [14]

I.3.تلوث الماء

يحدث التلوث المائي عند اختلاط الماء بمواد ملوثة مثل مياه المجاري الزيوت أو الفلزات أو الكيميائيات السامة أو أية مواد أخرى [9]، مما تسبب له تغير فيزيائي أو كيميائي أو بيولوجي يؤثر على نوعية المياه، ومنه يكون الضرر على الكائنات الحية بشر حيوان نباتات ويقلل من صلاحية استعمالاتها الشرب الزراعة الصناعة. [7]

I.3.1. ملوثات الماء

الجدول (I.2): يوضح أهم الملوثات والأضرار الناجمة عنها وطرق معالجتها.

الملوثات [5]	أنواع التلوث [8]	مصادر التلوث [2]	أضرار	طرق المعالجة [15]
• المعادن الثقيلة (زئبق،رصاص كاديوم • البكتيريا • النظائر المشعة (اليورانيوم والراديوم) • المواد العالقة (أتربة ، مواد غير ذائبة) مغذيات غير عضوية • حرارة	• كيميائي • بيولوجي • الإشعاعي • فيزيائي • حراري	• نفايات البطاريات، ورق الكرتون، • البلاستيك، الدهانات • النشاط البركاني • تحلل المواد النباتات • الجريان السطحي للأملاح والكيمياويات • التفجيرات النووية • النفايات الطبية • استخدامات الوقود • مخلفات حيوانية • إضافة أسمدة للأراضي الزراعية، مبيدات	• ضارة بالكائنات المائية • تسمم المياه • تؤثر على صحة الانسان (مرض الكوليرا)	• الترسيب • الترشيح • التعويم • التناضح العكسي • الامتزاز الفيزيائي والكيميائي • التبادل الأيوني • العمليات الكيميائية (الاوزون)

I. 2.3.مقاييس تصنيف التلوث

- **درجة الحرارة (T°c)**: إن التغير المفاجئ في درجة حرارة البيئة المائية يؤدي إلى طرح مخلفات صناعية منها الكيماوية والبترولية وبعض المعادن الثقيلة [5]، من المهم تحديدها بدقة لأنها تلعب دورا في ذوبانية الأملاح مما يوثر على الموصلية الكهربائية وتحديد الأس الهيدروجيني [16].

- الأس الهيدروجيني (**pH**): الأس المثالي للماء pH=7 فإذا كانت قيمته بين (pH= 6,5 et 8,5) فيسبب الصدأ والتآكل، وإذا زاد عن 7 فسيؤثر على فاعلية الكلور في عملية التطهير[2]، إن لقياس الـ pH طريقتين؛ الطريقة اللونية التي تعتمد على إضافة مشعر معين إلى الماء ومقارنة اللون الناتج مع ألوان المحاليل المحضرة التي لها قيم الأس الهيدروجيني المعروفة سابقا، والطريقة ثانية المتمثلة في القياس الكهربائي باستعمال مسرى زجاجي ومعتمد على قياس فرق الكمون بين المسرى الزجاجي ومسرى المرجع.[4]

- **الناقلية الكهربائية (EC)**: تستعمل لمعرفة نوعية المياه الصالحة للشرب وذلك بقياس نسبة الأملاح الموجودة في الماء [2]، فمعظم المواد الذائبة في الماء تكون على شكل أيونات مشحونة كهربائيا، فقياس الناقلية يعني تقييم كمية هذه الأملاح [17]، لأن زيادة هذه التراكيز تؤثر على الكائنات الحية [2]، إذ تقاس الناقلية بواسطة جهاز قياس الناقلية الكهربائية conductivité mètre بواسطة استخدام جهاز التوصيل الكهربائي حيث يعطى النتيجة بالوحدة µs/cm [18].

- **المواد العالقة (MES)**: وهي المواد غير الذائبة وتضم المواد العضوية والمعدنية القيمة القصوى لها لا تتجاوز 35mg/l لكي نستطيع رميها في المحيط بدون أن تتسبب في أضرار[5]، فهي المسؤولة عن تقليل تغلغل

الضوء في الماء مما يؤدي إلى انخفاض النشاط الضوئي وإنتاج العوالق النباتية [16]، أما إذا تجاوزتها تصبح خطر على المحيط فيجب معالجة هذه المياه [5]، يتم التعبير عن MES بالعلاقة التالية:

$$MES = 30\% MMS + 70\% MVS$$

حيث: MMS: المواد العالقة المتطايرة وMVS: المعادن المتطايرة [16]

ولها طريقتين في القياس هما:

- طريقة الترشيح ويعطى تركيز المواد العالقة بالعلاقة التالية: $MES=1000(M_1-M_0)/V$

حيث: M_0: وزن قرص الترشيح قبل اجراء عملية الترشيح (mg).

M_1: وزن قرص الترشيح مع المادة المترسبة عليه(mg).

V: حجم الماء المستعمل (ml).

- طريقة التثفيل: والتي تعطى بالعلاقة التالية: $MES := 1000/V(P_2-P_1)$

P_2 : وزن الجفنة مع الراسب بعد عملية التجفيف.

P_1 : وزن الجفنة فارغة. [4] .

- **المـواد العضويـــة:** تقيم المواد العضوية الناتجة من المخلفات الزراعية (نباتية أو حيوانية) أو الشركات الصناعية، سواء كانت جزيئات كبيرة أو صغيرة، سكريات سيليلوز أو المواد المنحلة التي تتكون من مركبات الأزوت Azote، كربون Carbone، أوكسجين Oxygène، الكبريت Soufre، الفسفور Phosphore وذلك من خلال تحديد نسبة BOD_5،COD. [5]

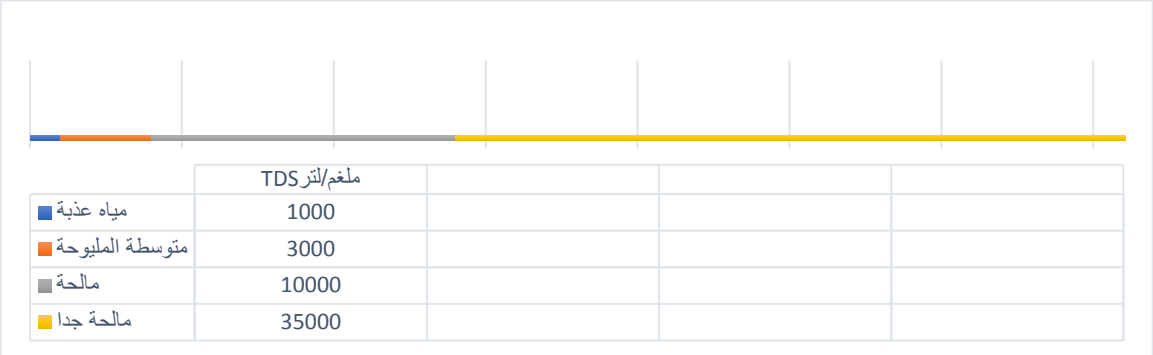
– **الطلب البيوكيميائي للأوكسجين BOD_5** : وهو يعبر عن كمية الأوكسجين المستهلكة من طرف الكائنات الحية الدقيقة الهوائية لتحليل المادة العضوية مع استهلاك الأكسيجين المنحل، حيث يتم تقدير كمية الأوكسجين المفقود بحساب BOD_5، فكلما زاد الطلب البيوكيميائي للأكسيجين BOD_5، كانت نسبة المواد العضوية كبيرة ومنه زيادة في نسبة تلوث المياه، حيث يبلغ معدل BOD_5 في المياه المستعملة المنزلية (150– 500ml/g). يتم قياسه بطريقة قياس الضغط manométriqueباستعمال لاقط الضغط BOD Oxi Top. [19]

– **الطلب الكيميائي للأوكسجينDCO**: هو كمية الأكسجين المطلوبة لتأكسد المواد العضوية (القابلة للتحلل وغير القابلة للتحلل) [16]، المسببة لتلوث المياه لكل واحد لتر من المياه، ومن أجل أكسدة هذه المواد تستعمل مؤكسدات قوية مثل ثاني كرومات البوتاسيوم، وبقياسCOD يمكن الحصول على نتائج سريعة[5]، و يتم قياسه وفقا للمعيار (AFNOR T90-101) باستعمال جهاز (Spectrophotomètre -WTW Photo Labo spectrale). [19]

- **العكارة:** عكس الشفافية المياه، تتغير وفقا للمواد العالقة[19]، تعتبر مقياس لكمية الضوء الذي يمتص بواسطة الماء وحجم الحبيبات العالقة فهي مؤشر مهم في تقدير تصميم وحدات المعالجة والتنقية للمياه فتنحصر مواد هده العكارة بالطين والصخور المنكسرة والمواد الصغيرة العالقة الغروية. [2]

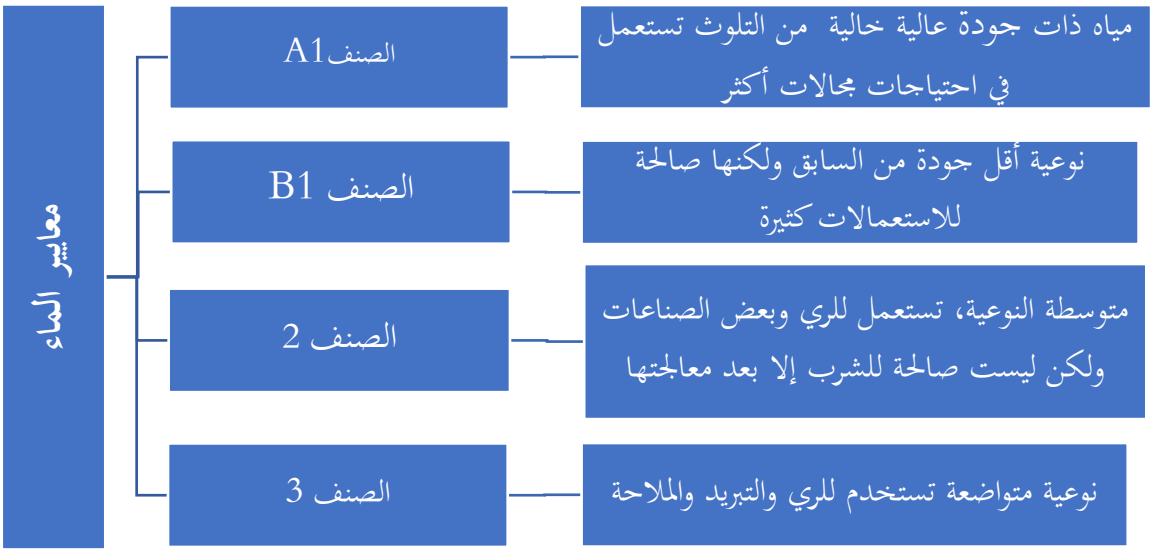
- **المواد الصلبة الذائبة الكلية TDS**: المواد الغير العضوية هي المصدر الرئيسي للمواد الذائبة مثل صوديوم والكلور، كالسيوم، المغنيسيوم، والبيكربونات وغيرها التي تؤثر على طعم المياه واستساغتها وقدد حدد العلماء

والمختصون حدود المواد الصلبة الكلية الذائبة أنها تبلغ 1500mg/l حيث يظهر طعم الماء المستساغ بعد القيمة 600mg/l[2]، وهي تقاس بجهاز proof portable mètre ويعبر عن النتائج بـmg/l.[20]



الشكل (4.I): مخطط أنواع المياه حسب قيمة TDS [13]

ومن هذه المقاييس يتم تحديد معايير وعلى أساسها يصنف الماء إلى أصناف أربعة، كما هو موضح في الشكل(**5.I**)، أما إذا كانت المعايير تتجاوز التراكيز المسموحة بها كما هو موضح في الجدول(**3.I**) فالماء يعتبر غير صالح لكثير من الاستعمالات كما أنه يشكل خطر على البيئة.



الشكل (5.I): مخطط يوضح الأصناف المحددة لمعايير الماء [4]

الجدول (I.3): معايير النوعية لكل أصناف الماء [4]

الخاصية	الوحدة	الصنف A1	الصنف B1	الصنف 2	الصنف 3
الناقلية	ميكرو سيمنس/ سم	400≥ ≤	750_400	1500_ 750	3000_1500
درة الحرارة	م	20≥	22_20	25_22	30_25
pH	_	6.5_ 8.5	6.5_8.5	6_9	5.5_9.5
DBO_5	مغ/لتر	3≥	5_3	10_5	25_10
DCO	〃	20≥	20_25	25_40	40_80
NO_3	〃			44≥	44_100
Cd	〃	0.001≥	0.001≥	0.001≥	0.001<
Pb	〃	0.05≥	0.05≥	0.05≥	0.05<

I.4.طرق معالجة المياه المستعملة (مياه الصرف)

I.4.1.تعريف مياه الصرف

وهي مياه الملوثة بمواد فيزيائية أو كيميائية أو اشعاعية أو بيولوجية [14]، التي تصدر عن استخدامات الانسان في مجالات مختلفة؛ الصناعة، التجارة والزراعة، حيث تحتوي مياه الصرف على 99% إلى 99.6% مياه، أما الجزء الباقي فهو عبارة عن مواد عالقة وأخرى ذائبة (أملاح، نشاء ودهون....) . [21]

I.4.2.أنواع مياه الصرف

- **مياه الصرف الزراعي**: تعتبر الزراعة من أكبر ملوثات المياه، لأن الأسمدة المستعملة في الزراعة لا تستهلك كليا من طرف النباتات فيذهب بعضها للأراضي الزراعية ومن ثم ينتقل إلى الطبقات السطحية[19]، تنتج المياه العادمة عند استعمال طرق الزراعة الكثيفة، وهي تحتوي على مواد عضوية مثل حامض الخليك ومركبات النيتروجين [13].
- **مياه الصرف المطرية**: تسقط الأمطار ملوثة بسبب الملوثات الموجودة في الهواء، فحينما تسقط على الأرض البعض منها يسقط على الأراضي الزراعية ومنها ما يسقط على الطرقات وسطوح المنازل، وبالتالي فهي سبب في وصول الرمال إلى شبكات الصرف وبعض المواد العالقة. [5]

• **مياه الصرف الصناعية:** يتم استعمال المياه في الصناعة كمواد خام أو في الإنتاج وبعد استعمالها لأغراض عديدة تصبح عادمة [13]، فهي تختلف من مصنع إلى آخر، وهي تحتوي على مواد كيميائية ومواد سامة منبعثة من المصانع والمستشفيات، فتطلق روائح كريهة وسامة عند ارتفاع درجة الحرارة [5]، فيجب معالجة هذه المياه قبل وصولها إلى قنوات الصرف لكي لا تشكل خطر على شبكات التجمع أو تعطيل تشغيل محطات التصفية. [19]

جدول(I.4) :قيم الحد الأقصى لمعالم صرف نفايات الوحدات الصناعية.[19]

المعايير	الحد الاقصى المقبول
pH	$6.5 \leq pH \leq 8.5$
بيكربونات(HCO_3^-)	8.5mEq/l
المواد المترسبة	30mg/l
CE	3 dS/m
BOD_5	30 mg/l
COD	90 mg/l
أزوت (NO_3-N)	30 mg/l
الالمنيوم	20 mg/l
البور	2 mg/l
الكادميوم	0.05 mg/l
الكروم	1 mg/l
الرصاص	10 mg/l
الزئبق	0.01 mg/l
النيكل	2 mg/l
الزنك	10 mg/l

- **مياه الصرف المنزلي**: تشكل% 80 من المياه العادمة، لونها مائل للاصفرار لاحتوائها على كميات هائلة من البكتيريا، الفطريات، الفيروسات [13]، غنية بالنتروجين والفسفور، نابجة من مختلف الاستعمالات المنزلية للماء، وتحمل خاصية التلوث العضوي لاحتواء مياه الاستعمال المنزلي بمواد التنظيف، الشحوم والمياه الرمادية النابجة من الغسالات، الحمامات، المطابخ والمراحيض. [19]

جدول: (I.5) تركيب مياه الصرف المنزلية و معدل نواتج الفرد الواحد من المخلفات الطبيعية يوميا [4]

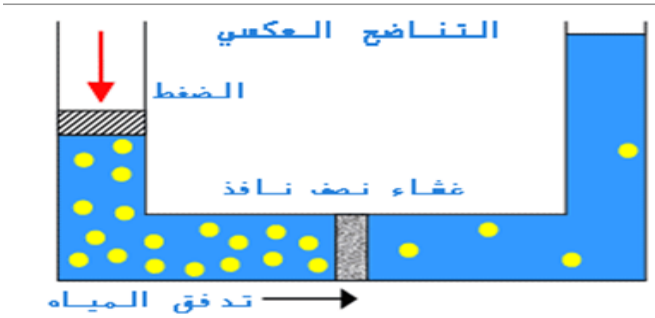
المعيار	مياه المراحيض	جلاية	حوض المطبخ	غسالة الألبسة	الحمام	غرام للفرد يوميا
DBO5	10.7	12.6	8.34	14.8	3.09	18-12
MES	12.5	5.3	4.11	11	2.26	12-8
MVS	10.2	4.5	3.84	6.5	1.58	12-8
آزوت كلي	4.1	0.5	0.42	0.75	0.31	_
آزوت الأمونيا	1.1	0.05	0.03	0.03	0.04	5.25-3.5
الفسفور الكلي	0.6	0.8	0.42	2.15	0.04	2-0.2
درجة الحرارة	18	38	27	32	29	_

I.3.4.طرق المعالجة

I.1.3.4.المعالجة الفيزيائية:

- **الترشيح:** تعمل هذه العملية على نزع المواد العالقة في الوسط المائي، تستعمل مباشرة في حالة المياه الصافية، أو بعد عملية الترقيد والتكتل للمياه المعالجة [4]، وهذه العملية تحدث طبيعيا في طبقات الأرض عندما تتسرب مياه الأنهار إلى باطن الأرض، لذلك نجد نسبة العكرة قليلة جدا أو معدومة في المياه الجوفية مقارنة بالمياه السطحية[18]، ويختلف سمك المرشح باختلاف الطريقة المستعملة حيث يوجد الترشيح البطيء والسريع والترشيح تحت الضغط المرتفع نسبيا.[4]
- **الترسيب:** تعد عملية الترسيب من أوائل العمليات التي استخدمها الانسان في معالجة المياه [18]، وتحدث هذه العملية بجذب الجسيمات الثقيلة الموجودة في الخليط وإزالة الحصى والجسيمات، وقد تختلف هذه الجسيمات حسب الكثافة ومنه اختلاف في أنواع الترسيب المتمثلة في الترسيب بالتفتت، التبلد، الاعاقة والانضباط [19]، ومن العيوب هذه الطريقة هو إنتاج الطين بكميات عالية. [22]
- **التعويم:** تستخدم هذه العملية لإزالة الجسيمات الصلبة والسائلة من الطور السائل [19]، وهي التقنية المستعملة لفصل الرغوة، عن طريق إضافة سطح أيوني فعال شحنته معاكسة لشحنة الأيون المراد فصله من المحلول عن طريق مجرى سهل من فقاعات الغاز.[22]
- **الامتزاز الفيزيائي:** يسمى أيضا بامتزاز **Van der Waals** لأن قوى هذا الأخير تعمل بين جزيئات السطح الصلب والمادة الممتزة، كما يتميز هذا النوع على تكوين طبقات جزئية على سطح الامتزاز. [19]

- **التناضح العكسي**: يستعمل لتخفيض نسبة الأملاح الذائبة في المياه المالحة، حتى تصبح المياه قابلة للاستعمال والشرب خاصة في المناطق التي تفتقر إلى المصادر الطبيعية للمياه النقية والصالحة للشرب مثل الأنهار، الينابيع، فهو قوة فيزيائية ونزعة طبيعية للمياه ذات تركيز منخفض لذرات ذائبة والتي تتحرك خلال غشاء نصف نفوذ إلى منطقة مياه ذات تركيز عالي للذرات الذائبة، ويستلزم دفع المياه بضغط مرتفع يسمح لها بتخطي الغشاء باتجاه عكسي، أي عكس التناضح الطبيعي فيؤدي إلى نفاذ المياه النقية عبر الغشاء، وتنحصر بذلك الذرات المالحة في منطقة ذات ملوحة عالية. [8]



شكل (I.6): عملية التناضح العكسي [8]

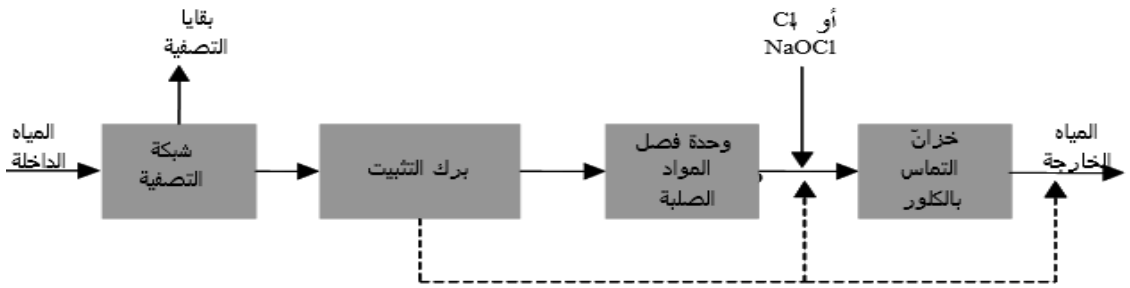
I.4.3.2.المعالجة الكيمائية:

- **التبادل الأيوني**: تم التعرف على هذه الظاهرة عام 1850م عندما لاحظ هاري تومبسون وجون واي أن إضافة كبريتات أو كربونات النشادر إلى التربة ينتج عنه ادمصاص، فالتبادل هو تفاعل كيميائي حيث يتم فيه تبادل بين مواقع أيونات المحلول الذائب والمحلول الغروي.[15]
- **الامتزاز الكيميائي**: يسمى بالامتزاز النشط، يعمل على تكوين أواصر كيميائية بين السطح والذرات الممتز عليه، مع تكوين طبقة أحادية الجزيئة على السطح الماز.[19]

- **الأوزون:** هو عامل مؤكسد قوي، يتم تطبيق هذه التقنية في معالجة المياه ويمتلك الأوزون درجة حموضة عالية pH>11، ويتفاعل مع المركبات العضوية واللاعضوية الموجودة في وسط التفاعل بشكل عشوائي، وكذلك مع المركبات الموجودة في المياه الملوثة بطريقتين حيث يتفاعل مع المركبات الذائبة (الأكسدة المباشرة)، تفكك الأوزون ككاشف ثانوي يتفاعل مع جذور الهيدروكسيل الرئيسية (الأكسدة الغير المباشرة)، يتصف بسرعة إزالة اللون دون انتاج منتجات سامة أو رواسب طينية وللأوزون عيب هو عمر نصفه قصير الذي يبلغ 20دقيقة.[22]

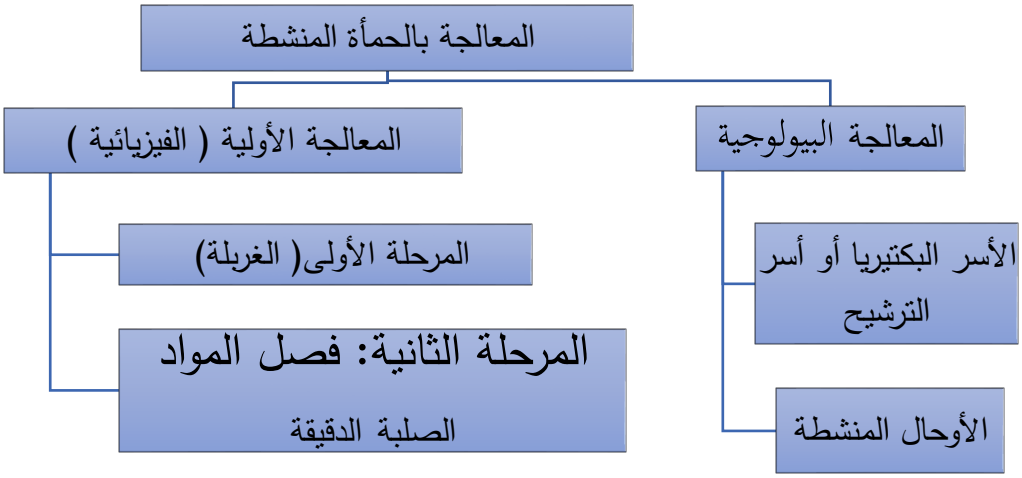
I.4.3.3.الطرق البيولوجية

- **برك التثبيت:** تتألف من جسم مائي ضحل نسبيا في حوض ترابي، وتصنف هذه البرك حسب نشاطها البيولوجي بحيث يكون هوائيا أو لاهوائيا أو اختياريا، ولكل من البرك نشاط بيولوجي معين حيث البرك الهوائية تستخدم في لمعالجة النفايات العضوية الذائبة والمياه الخارجة من محطات معالجة المياه العادمة، أما اللاهوائية فتساعد في تثبيت السريع الفعال لنفايات العضوية القوية، والبرك الاختيارية تستعمل في معالجة المياه العادمة والبعض من أنواع النفايات الصناعية، وتتواجد بكثرة في المناطق الريفية لقلة كلفة انشائها.[19]



الشكل(I.7): مخطط لنموذج تدفق برك التثبيت .[19]

- **الحمأة المنشطة:**



المخطط (I.8): مراحل المعالجة بالحمأة المنشطة [5]

- **التهوية:** تجرى عملية التهوية للمعالجة المياه، وذلك بتخفيف تركيز أو إزالة غاز أكسيد الكربون الذي يتآكل وغاز كبريت الهيدروجين الذي يسيء طعم الماء وزيادة كمية الأوكسجين المنحلة على المياه منه، كما تساعد على أكسدة شوارد الحديد والمنغنيز وازالتهما بالترسيب، فيعتمد على تصميم أحواض التهوية على احداث أكبر سطح التماس بين الماء والهواء، واجراء عملية خلط سريعة للماء وتسهيل عملية انتشار الغازات داخله، مع تأمين حركة حرة داخل السائل.[4]

- **التنقية الطبيعية:** تتم بواسطة النباتات التي لها القدرة على امتصاص الملوثات من الماء بطرق مختلفة مثل الغمر أو الطفو، ومن بين هذه النباتات: القصب، الطحالب...إلخ وسنتطرق إلى تفاصيلها في الفصل الثاني

الفصل الثاني

التنقية الطبيعية

الفصل الثاني: التنقية الطبيعية

بالإضافة إلى طرق المعالجة الفيزيائية والكيميائية للمياه هناك معالجة بيولوجية، تتم بتدخل العناصر الطبيعية المتمثلة في التربة والنبات والماء، تعتمد على قوة النباتات المائية في التنقية بتنوع أحجامها الكبيرة كالقصب، البوط والبردي، أما الاحجام الصغيرة كالطحالب (زهرة النيل) والبكتيريا، كما نجد طريقة أخرى تتم عن طريق استخلاص مادة مازة للملوثات تسمى بالكربون النشط، الذي يتم استخراجه من بقايا ثمرات عديدة ومختلفة ،كل هذه التقنيات تعتمد على مبادئ تنقية طبيعية مستوحاة من الوسط الذي تجري فيه مياه الصرف الصحي طبيعيا، ومن الممكن حدوثها تلقائيا بتوفر خاصية الجريان السطحي للماء.

وهذا ما سنتطرق إليه بتفاصيله في هذا الفصل من تعريف للتنقية النباتية، والتعرف على مبدأ تشغيلها، ودور النباتات بها حسب طبيعة تواجدها أو طبيعة جريان الماء بها، بالإضافة إلى تعريف الكربون النشط والتطرق لأهم خواصه واستعمالاته كما سنتعرف على أهم النباتات المعالجة وخواصها.

II.1. التنقية النباتية phyto_épuration

II. 1.1.تعريف التنقية النباتية

ظهرت هذه التقنية بفرنسا منذ الثمانينيات، ولكنها شهدت زيادة في التطور عام 1997م [25] ، تعرف باسم phyto_épuration وهي دمج بين كلمتين:" فيتو" تعني في اليونانية نقي، أما Épuration تعني عملية، لذلك فإن كلمة تنقية نباتية تعني التنقية بمساعدة النباتات، هذه النباتات هي نباتات دقيقة و/أو نباتات كبيرة[17] ، وهي تستخدم التقنيات الطبيعية لمعالجة مياه الصرف الصحي التي تحدث على مستوى التربة الجوفية، المياه والأراضي الرطبة،[23]، فهي تعتمد على قوة تنقية النباتات المائية فهذه الأخيرة تستهلك المركبات الملوثة المذابة في الماء (النيتروجين والفوسفور) والتي تشكل مغذيات لها، كما تعتبر بمثابة دعائم للعديد من الكائنات الحية الدقيقة (الطحالب والبكتيريا) التي تقوم بمعظم العمل، هذه النباتات تحافظ على الظروف اللاهوائية لتحلل المادة العضوية لأن جذورها توفر الأكسجين للبيئة[24].

II. 2.1.دور النباتات

II.1.2.1. النباتات الكبيرة

- النباتات تمتص الفسفور والأزوت للاستعمال الذاتي أو التخزين بكمية قليلة[5]؛
- بعض الأنواع النباتية يمكن أن تنتج مركبات المضادات الحيوية للقضاء على الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض والحد من تطور البكتيريا الزرقاء[16] ؛
- كون هذه النباتات تنمو في المناطق الرطبة فإنها لا تدخل في عملية التنقية بذاتها، لأن هذه الأخيرة هي فيزيوكيميائية أو بكتيرية بل لها دور في امتصاص الروائح الكريهة أو الهدم الهوائي[25]؛
- النباتات تساعد على نمو الكائنات المجهرية مما يسرع في تشبع الطبقة السطحية بالمواد المعدنية[25]؛
- زيادة تطور الجذر يحسن من سطح التعلق[25] ،كما يساعد على توزيع التيار المائي مما يحسن عملية ترسيب المواد العالقة وإزالتها[5] ؛
- الأراضي رطبة تعتبر بديل ايجابي للتنوع البيولوجي[26] ؛
- النباتات تعمل على خفض تكاليف معالجة مياه لأنها سهلة الاستعمال [26]؛
- تقلل نفاذ الضوء إلى الماء مما يحد نمو الطحالب الملوثة[5] ؛
- تسهل تسلل المياه إلى التربة، وتساعد على تسميد التربة بالمواد العضوية [26]؛
- بمثابة ملجأ للحياة البرية وتقدم تكاملا جيدا للمناظر الطبيعية[26] ؛

- للنباتات خاصية الترشيح وتوفير مساحة سطحية للكائنات الحية المرافقة، كما تساعد على امتصاص المغذيات وتحرير الأكسجين [27]، وذلك بالغطاء الورقي الذي يحمي سطح المرشحات من الجفاف في الصيف بتوفير الظل أي وسط ملائم للرطوبة[25] ؛
- تعمل النباتات على تحسين دور المرشح والحد من الانسداد بفضل شبكة الجذر، كما تزيد من وقت الاحتفاظ بالنفايات السائلة وبالتالي تحللها بواسطة الكائنات الحية من الأرض[16] .

II.2.2.1. النباتات الصغيرة

- الطحالب تستهلك المغذيات وتزود المياه بالأكسجين المنحل نتيجة التركيب الضوئي؛
- تعمل على تحول المركبات النيتروجينية، إنتاج النتريت، أو هدمه؛
- تقوم البكتيريا بعمليات الأكسدة الارجاعية، لإنتاج الطاقة اللازمة للتخليق العضوي، وذلك لتحويل المركبات الآزوتية والفسفورية إلى المواد المعدنية الممتصة من طرف النبات[5] ؛
- تتغذى على النفايات السائلة مما يؤدي إلى تحلل المادة العضوية التي تصبح سهلة الاستيعاب بواسطة النباتات الكبيرة.[17]

II. 3.1.مبدأ التشغيل

يعمل الغطاء النباتي بخصائص التنقية الطبيعية للنباتات المائية بدعم البكتيريا الهوائية التي تحول المادة العضوية لمياه الصرف الصحي إلى مادة معدنية، التي يكون مصيرها أنها تمتص بواسطة النباتات وهذه الأخيرة تزود البكتيريا بالأكسجين من خلال جذورها كما أنها تمتص النترات والفوسفات وكذلك بعض ملوثات المياه [28].

II.4.1. آلية التنقية

للمعالجة بالنباتات آليات مختلفة تعتمد على نوع الملوثات، فلكل ملوث آلية خاصة يقوم بها النبات للمعالجة

جدول (II.1): آلية تنقية مختلف الملوثات

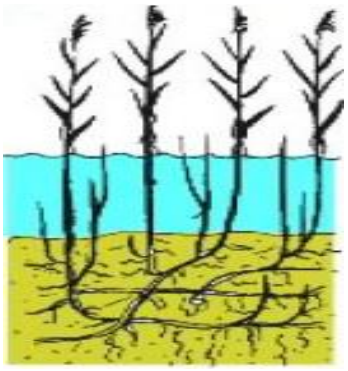
الملوث	آلية التنقية
النيتروجين	تحلل الأمونيا Amomonification+ نترجة nitrification+ إزالة النيتروجين denitrification [21] عمليات الامتصاص الفيزيائية والكيميائية ضمن وسط الفلترة ومن طرف النبات[5]
الفوسفور	إزالة الفوسفور بالامتزاز والترسيب وذلك التفاعل مع مواد من التربة(Ca،Al، Fe) [21]
BOD	تحلل عضوي هوائي ولا هوائي وترسيب.[21]
المواد العالقة	الترسيب الفيزيائي، الفلترة الفيزيائية والتحلل البيولوجي.[5]
الجراثيم الممرضة	الترسيب والترشيح، موت طبيعي، الأشعة فوق البنفسجية، مضاد حيوي من الجذور[21] لافتراس البيولوجي.[5]
المعادن الثقيلة	امتصاص وتبادل الكاتيونات، تشكيل مركبات، أكسدة وإرجاع من طرف المكروبات[5] امتزاز من التربة + امتصاص من النبات .[21]
المواد العضوية	التحليل البيولوجي (هدم ميكروبي هوائي ولا هوائي)(Catabolisme) .[5]
الملوحة	امتصاص الأيونات في الكتلة الحيوية للنباتات+ عزلها وحصادها ككتلة حيوية نباتية [29]

II.5.1. تقسيم النباتات

II.5.1.1. طبيعة التواجد

❖ **البارزة:**

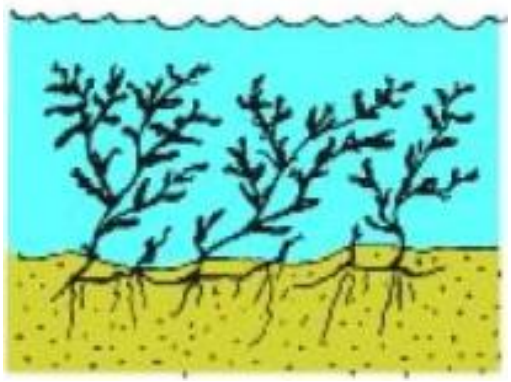
سميت كذلك لأنها ذات الأوراق الكبيرة والجذور المغمورة والساق الطويلة والأوراق الظاهرة [30]، أي أن جميع أو بعض الأعضاء الخضرية تكون بارزة أو منبثقة خارج سطح الماء [5]، فهذه النباتات جذورها تنمو وتغرق بعمق 0.5m أسفل التربة إلى عمق 1.5m أو أكثر ،أي أن جذورها تتواجد بحالة لاهوائية ضمن منطقة الترسبات وبشكل دائم [30]، ينبعث الأكسجين المنقول في النبات إلى الجذور بكميات قليلة [16] ، لذلك فهي بحاجة للهواء من الأجزاء الخارجية لاستمرار النمو[30]، تعمل هذه الجذور على تكوين طبقة تلامس مؤكسدة دقيقة على سطح الجذور، فالبكتيريا الهوائية الموضعية الناتجة تعمل على تسهيل تغذية النبتة، كما أن استيعاب العناصر الغذائية وتخزينها في الكتلة الحيوية تختلف باختلاف الأنواع ومن أشهر هذه النباتات البارزة القصبPhragmites والبوط Typha [16]



الشكل (II.1): رسم تخطيطي للنباتات البارزة [31]

❖ **المغمورة:**

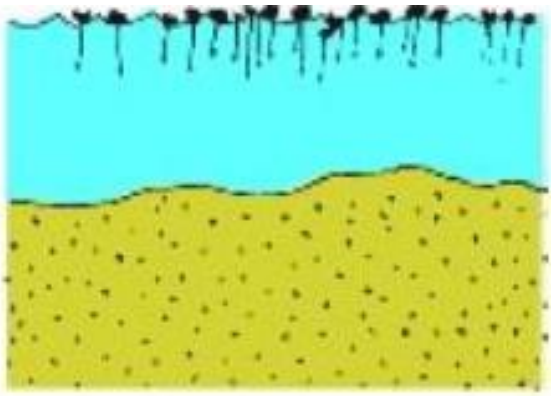
هذه النباتات لها جذور حرة وعائمة تتميز بإنتاج كتل حيوية كبيرة إلى حد ما، وتتطور بسهولة بالغة على سطح الماء [16]، فهي تنمو كليا تحته وأحيانا تظهر أزهارها خارجه وتنتمي إلى مجموعة النباتات متغايرة الأطوار[5]، تعتبر من الأنواع الغازية في معظم البلدان التي تم إنشاؤها فيها، سهلة الاستخدام في المنشآت المخصصة لها لتنقية النفايات السائلة لأنها تحتاج إلى أحواض المياه فقط [16]، هذا الصنف من النباتات المائية يضم الأنواع التالية: Cacomba caroliniana (Fanwort), Coratophylun spp (coontails). Eggeria densa (Brazilian).[5]



الشكل (II.2): رسم تخطيطي للنباتات المغمورة [31]

❖ **طافية:**

تعيش هذه النباتات على سطح الماء وتتنوع حسب الظروف البيئية المناسبة، وغالبا ما تتواجد النبتة على سطح الماء وجذورها تمتد ضمن الماء، وهذه الجذور إما أن تكون قصيرة أو طويلة نوعا ما، ومن هذه النباتات Eichhornia crassipes (Water hyacinth) , Lemnaceac (Duck weeds) [5].



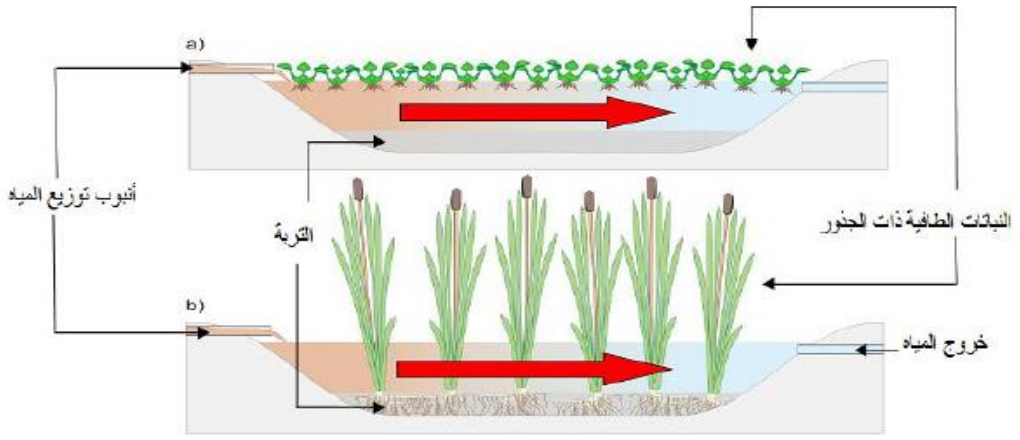
الشكل (II.3): رسم تخطيطي للنباتات الطافية [31]

II.1.5.2. نوع الجريان السطحي

❖ **تعريف الجريان السطحي**: هو أحد العوامل الرئيسية التي تؤثر في توزيع الموارد المائية، فهو مجموعة من الأودية والسيول والمجاري المائية التي تكون دائمة أو موسمية[14]، حيث تعتبر أهم العوامل التي تؤثر على اختلاف الجريان السطحي كما ونوعا من منطقة إلى أخرى؛ هي المناخ من خلال كمية الأمطار الساقطة وعملية التبخر، بالإضافة إلى التربة والغطاء النباتي [13]، كما يتأثر بالتضاريس وطبيعة التكوينات الجيولوجية للمنطقة[14]، فالجريان يكون نتيجة استمرار كمية الأمطار التي تزيد عن قدرة امتصاص التربة، أي بعد وصولها إلى مرحلة ما بعد الاشباع. [13]

لهذا يستعمل الجريان في معالجة المياه عن طريق استغلاله في أحواض المعالجة حيث نجد أنواع الأحواض مصنفة كالتالي:

- **أحواض ذات الجريان السطحي الحر:**



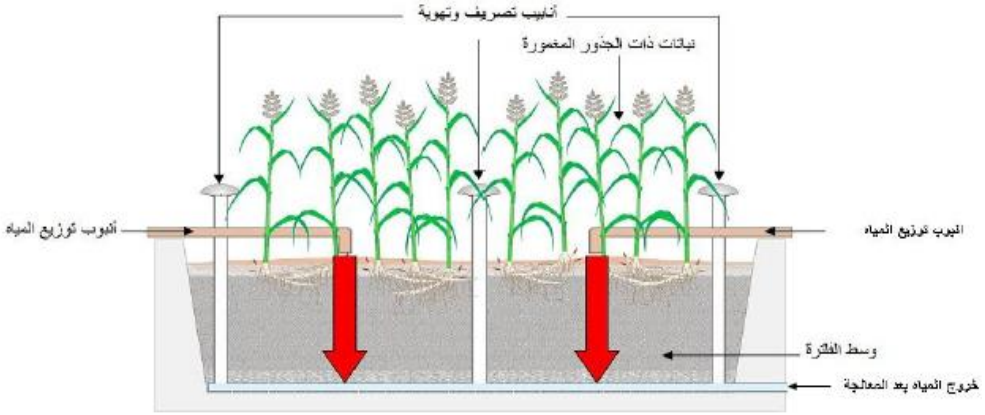
الشكل (II.4): حوض معالجة بجريان السطحي الحر[5]

تتواجد بها النباتات المغمورة كليا بالماء أو النباتات الصغيرة على سطح الماء وذات الجذور المائية، بحيث يتم غرسها في الطبقة العلوية لمواد التعبئة ويكون سمك المياه داخلها حوالي 40 سم [5]، تتدفق مياه الصرف على طول السطح لترسيب المواد الصلبة، أما المواد العضوية تلتمس مع البكتيريا المتواجدة على التربة أو الحصى (المادة الوسيطة)، ومع جذور النباتات [21]، تستعمل هذه الأحواض كمرحلة معالجة ثالثة وأخيرة بسب تعرض المياه إلى أشعة الشمس، في هذا النوع من الأحواض تتم عمليات أكسدة الملوثات وإزالة نسبة كبيرة من المعادن الثقيلة، هذه الطريقة أصبحت قليلة الاستعمال.[5]

- **أحواض ذات الجريان تحت السطحي الشاقولي (الرأسي أو العمودي)**

تستعمل الأحواض ذات الجريان تحت السطحي الشاقولي في حالة المياه كثيرة التلوث، تسمى هذه الفلترة بترشيح فلدس نسبة للعالم الألماني الذي استعملها أول مرة سنة 1970م[5]، تعتمد آلية التنقية على مزيج من عدة عمليات في حالة هوائية[25]، حيث يتم توفير الأكسجين من الهواء ويوزع عن طريق الجذور إلى أسفل الحوض، حسب دراسات الباحثين في منظمة Cemagraef التي أجريت في فرنسا أنه تم استعمال أحواض مملوءة بالحصى بشكل متجانس وتحتوي على طبقة علوية من الرمل تغرس فيها النباتات المائية بشكل تجمعات، حيث تزود هذه الأحواض بالمياه باستعمال مضخة وهذه الطريقة تستغرق وقت أطول[5]، حيث يتم وضع العديد من المسابح بالتوازي لإنشاء تناوب في مراحل النشاط ومراحل الراحة [28]، لتقوم الكتلة الحيوية المثبتة على الدعامة بإجراء التحلل البيولوجي للمواد الذائبة[25]، والاحتفاظ بالمواد العالقة وتحللها من المواد العضوية واختزال كمية البكتيريا المسببة للأمراض [28]، والتي تحدث على التوالي في مرحلتين من العلاج: مرشحات المرحلة الأولى تتكون من أنواع مختلفة من الحصى التي تحدث فيها ظاهرة التهوية وتساهم بشكل رئيسي في تحلل جزء الكربون، أما المرحلة الثانية

تقوم بتكرير تدهور الكسر كربوني[25]، وحصول عملية النترجة في وجود الاكسجين بشكل كامل، وتحويل جزء بسيط من النترات إلى غاز النيتروجين (النترتة) [5] ، أثناء مراحل الراحة تحدث الأكسدة التلقائية للحصول على البكتيريا، ولهذا السبب تتعدد صفوف أجهزة الترشيح العمودية، ثلاثة في الطابق الأول واثنان في الثاني[25].

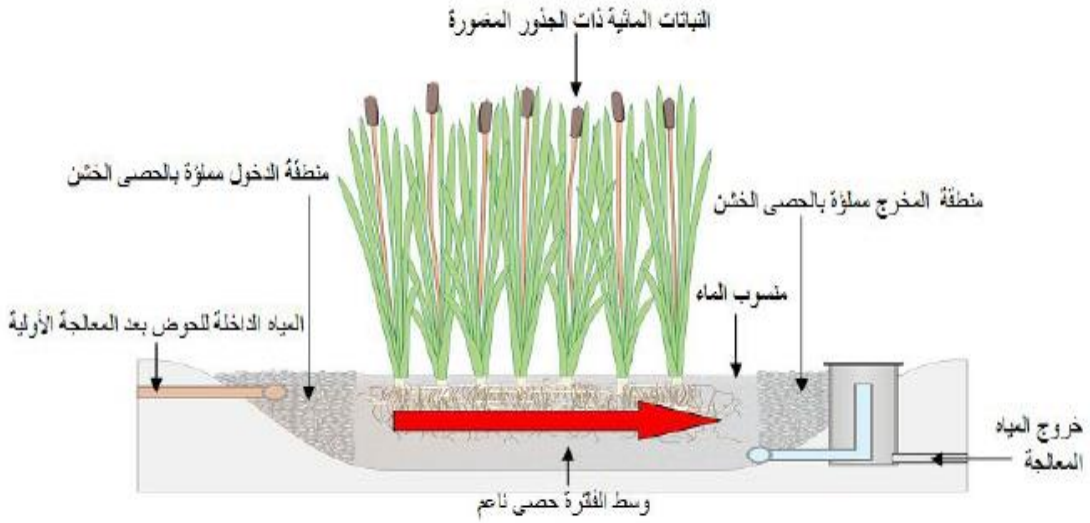


الشكل (II.5): حوض معالجة بجريان تحت السطحي الشاقولي [5]

- **أحواض ذات الجريان تحت السطحي الافقي**

إن أول استخدام لهذه التكنولوجيا كان في ألمانيا سنة 1964، من طرف العالم الألماني*Kickuth* ، وطبقت في أمريكا سنة 1974م [5]، يتم فيها ملء الأحواض بمواد وسيطة تسمح بترشيح الماء [21] (كالرمل الخشن، الحصى و التربة التي تغرس فيها النباتات)، ويجب توفر خاصية الناقلية الهيدروليكية بها[5]، في هذه المرشحات تملأ حجم البركة من 5 إلى 10cm تحت السطح، لأن في هذا العمق تم العثور على البكتيريا اللاهوائية التي تؤدي إلى النترجة [28]،يفضل أن لا يتعدى عمق الحوض 1 m حتى يضمن وصول الأكسجين إلى المناطق السفلية للحوض عن طريق جذور النباتات[5]، هذه الجذور تنتج مركبات مبيدة للجراثيم، وهذا يساعد على القضاء من البكتيريا المسببة للأمراض[28]، كما أن جريان المياه تحت السطحي الأفقي يمنع انتشار الروائح

والحشرات، ويزيل المواد الصلبة العالقة و المواد العضوية DBO_5، هذه التقنية يتطلب تطبيقها في الأماكن شاسعة، تستعمل للتصفية الثانوية للمياه المستعملة بعد عملية الترسيب، وفي المرحلة الثالثة بعد التصفية البيولوجية أو بعد أحواض الجريان الشاقولي [5].

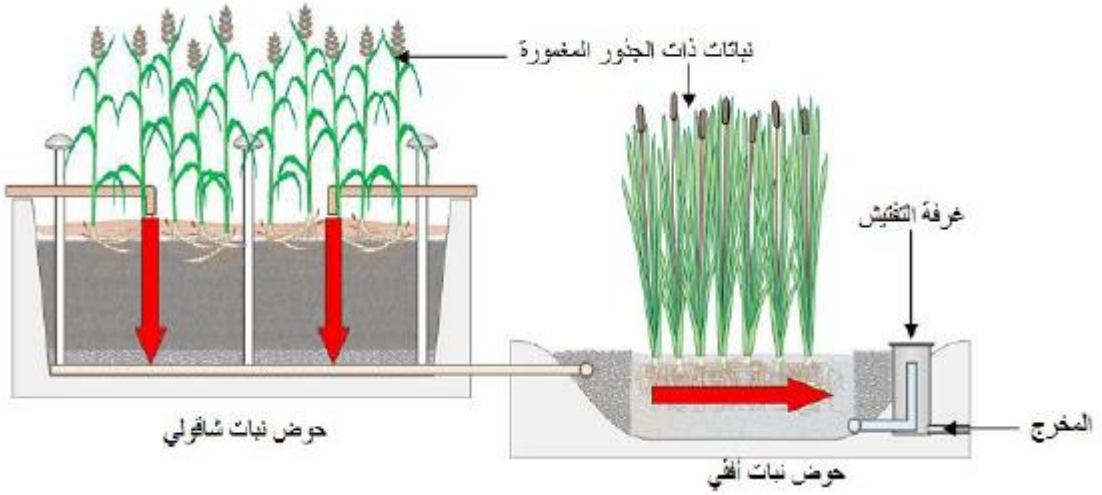


الشكل (II.6): حوض معالجة بجريان تحت السطحي الأفقي [5]

- **أحواض ذات الجريان المهجن (الأفقي+ الشاقولي)**

النظام المهجن يتكون من سلسلة أحواض أفقية وشاقوليه ويمكن أن يضاف إليها أحواض الجريان السطحي الحر، استعملت هذه الطريقة بعدد محدود في الولايات المتحدة الأمريكية، ألمانيا و فرنسا، وكان آخر استعمال لها من طرف الدكتور K.Seidiel ، تتكون هذه الأحواض من طابقين متوازيين من الأحواض الشاقولية متبوعة بطابقين أو ثلاثة من الأحواض الأفقية على التسلسل، وذلك لتحسين عملية النترجة بالنسبة الأحواض الشاقولية لأنها مهواة، أما في الأحواض الأفقية أين يكون غياب الأكسجين لازم لعملية إزالة النترجة، يكون مردود هذه العملية ضعيف حيث البكتريا المزيلة للنتروجين تحتاج إلى إزالة النتريت والمواد العضوية بنموها وكون هذه الأخيرة تكون

قد تحللت في مخرج الحوض الشاقولي، كما نجد دراسات مثل الدنمارك يكون فيها تسلسل الأحواض الأفقية متبوعة بالأحواض الشاقولية، لأن الأحواض الأفقية تعمل على إزالة المواد العضوية والعالقة، أما الشاقولية تتميز بالتهوية الجيدة التي تقوم بعملية النترجة ثم إعادة تدوير المياه من جديد لإزالة النترجة، ولكن عيب هذه الطريقة أنها تحتاج إلى مضخات وبرمجة[5].



الشكل (II.7): حوض معالجة بجريان مهجن [5]

II. 2.الامتزاز بالكربون النشط

II. 1.2.تعريف الكربون النشط

يعرف على أنه مادة مسامية كربونية تحضر من كربنة وتنشيط المواد العضوية، وظهرت أهميته منذ الحرب العالمية الأولى حيث استخدم كمادة مازة في صناعة الأقنعة الواقية من الغازات السامة، ويمثل الكاربون المنشط احدى صور الكربون غير المتبلور [32]، ويكون على هيئة متبلمرة اذ يعاني أثناء انتاجها نقص في الهيدروجين وخلل في التركيب البلوري، ومن ميزاته لديه قابلية عالية على الامتزاز وذلك بسبب حجم المسامات الكبيرة، ويمكن إعادة تنشيطه بعد استخدامه بواسطة الحرارة أو التركيز[33]، وللفحم النشط تركيبة متمثلة في وجود مجموعة وظيفية هي الموقع النشط الذي يعتبر سبب في ظاهرة الامتزاز، ونخص بالذكر من هذه المجموعات الكربوكسيلية، فينوليك، كربونيل، انهدريد كربو كسيليك، ولأكتون [19]، ويتوفر الكربون النشط على شكلين: الكربون المنشط المسحوق (CAP) والكربون المنشط الحبيبي (CAG) [34].

الشكل (II.8): الكربون النشط [34]

II. 2.2.تصنيع الفحم النشط

يتم تصنيع الفحم على طريقتين:

II.2.2.1. الكربنة *Carbonisations* :

أو بما تعرف بالتفحيم، تتم في وسط خالي من الهواء أو بتيار غاز خامل مثل النتروجين وتنجز في أفران خاصة عند درجات الحرارة °800c< حيث نلاحظ انطلاق الهيدروجين والنتروجين والأكسجين بصورة أساسية بشكل الغازات [35]، ولمعرفة تشكل الكربون يلاحظ وجود فراغات مسامية التي تشكلت من الذرات الغير متجانسة حيث تكون المادة غنية بذرات الكربون وعلى شكل طبقات عطرية، اذ تنظم بشكل مبعثر وغير منظم تاركا بينها فراغات بسطح نوعي يقدر ب$10m^2/g$ [19].

II.2.2.2. التنشيط Activation :

يعبر التنشيط عن العمليات والإجراءات المتخذة للحصول على مواد ذات ميكرومسامية عالية من المواد المنخفضة المسامية [35]، اذ تهدف هذه المرحلة إلى توسيع وزيادة حجم المسامات، كما تعمل على إزالة البنية الكربونية التي على شكل أوراق عطرية[19]، وللتنشيط مرحلتين هما التنشيط الفيزيائي Physical (Activation)، والتنشيط الكيميائي(Chemical Activation) .

- **الفيزيائي:** تجري هذه المرحلة بطريقة حرارية اذ ينتج عنها غاز ثنائي أكسيد الكربون وبخار الماء، وتتطلب مدة زمنية طويلة (من 10 إلى 40 ساعة) وتتم الأكسدة في 1000°C، اذ تسمح هذه العملية بتطوير البنية المسامية لفحم وزيادة السطح الفعال[4].

- **الكيميائي:** يفضل استخدام هذه المرحلة عندما تكون المادة الخام من أصل نباتي [35]، كما أنها تعتمد على تفحيم المواد الطيارة المتبقية في الفحم، وذلك بعملية التسخين في وجود كلور الزنك($ZnCl_2$) أو حمض الفسفور(H_3PO_4)[4]، وتكون هذه المرحلة في درجة حرارة منخفضة مقارنة بالمرحلة الفيزيائية من أجل إعادة تنظيم البنية المادة الكربونية المنشطة، وبعدها تغسل المادة الكربونية بالماء المقطر لإزالة الآثار الكيمائية المتبقية، اذ أن هذه الشروط تحسن من زيادة البنية المسامية[19].

II.3.2.آلية الامتزاز بالكربون

يحدث الامتزاز عند التحويل من الطور السائل الذي يحتوي على الممتزات إلى الطور الصلب، ويتم الاحتفاظ بالمواد المذابة على سطح المادة الصلبة التي تسمى بالممتزات، لذلك من الممكن أن تكون آلية الامتزاز مقسمة إلى أربع خطوات كالتالي: [34]

الخطوة الأولى: يتم فيها نقل المادة المذابة من المحلول إلى السطح الذي يحيط بالجسيم الممتز.(CA) [36] ، أي نقل الجسيم وتكون سريعة جدا؛[34]

الخطوة الثانية: نقل المواد المذابة عبر الطبقة الحدودية إلى الجزء الخارجي من الجسيمات الماصة [36]، أي إزاحة الماء المربوط حتى يتلامس مع المادة الصلبة، وتكون بسرعة أيضا؛[34]

الخطوة الثالثة: الانتشار داخل المادة الصلبة تحت تأثير تدرج التركيز وتتم هذه الخطوة ببطء؛[34]

الخطوة الرابعة: تتوافق مع وصول المواد المذابة على السطح الداخلي للممتزات [36]، يحدث الامتزاز على المستوى micropore، هذه الخطوة سريعة جدا.[34]

II. 4.2.النباتات التي يحضر منها الكربون النشط

جدول(II.2): مختلف الثمار التي يحضر منها الكربون النشط

النباتات	المرجع
أحجار التمر	[37]
القهوة	[38]
قشور الجوز	[19]
بقايا الشاي	[34]
نوى الزيتون	[39]
تفل قصب السكر	[40]

II.5.2.خواص الكربون النشط

يتميز الكربون النشط بخواص فيزيائية وكيميائية وهي كتالي:

II.1.5.2. الخواص الفيزيائية[*19*]:

- قياس أبعاد الحبيبات (Granulometry): إن عينة الكربون الواحدة تحتوي على عدة حبيبات مختلفة الأبعاد، وقد تؤثر هذه الأبعاد على شدة الامتزاز، ومن بين الطرق المستعملة في تحديد أبعاد للحبيبات هي: الغربلة والطريقة الميكروسكوبية.
- السطح النوعي (Spécifique area): هو السطح المشغول بوحدة كتلة المادة الصلبة، حيث تزيد مساميته كلما يزيد السطح النوعي للصلب وتقدر وحدته بـ m^2/g؛

- الرطوبة واحتواء الرماد: يعتبر هذان العنصران أساسيان في اختيار الكربون المنشط، حيث تكون الرطوبة منتشرة بأقل من5%، في الحين يكون احتواء الرماد منعدم تقريبا حيث لا يتجاوز 10%، فنجد pH قد يصل إلى قيم عالية تسبب في ترسب كربونات الماء على الكربون ومنه انخفاض في قدرة الامتزاز.

II.2.5.2. الخواص الكيميائية:

تعتمد على قدرة امتزاز الكربون للمادة الممتزة [19]، اذ أن هناك مواقع على سطح الكربون لها دور في ظاهرة الامتزاز[41]، لذا نجد البعض الدول الأوروبية تستعمل دلالات لتعبير عن ملوثات؛ مثل دولة فرنسا تستعمل FINAD تعبيرا عن خمس مواد ملوثة هي: الفينول(F)، اليود(I)،الفينازون(N)، المنظفات(D)، اندول(A)،وتحدد غالبا بـ FND، فدلالة الفينول تستعمل لتقدير فعالية الكربون في معالجة ملوثات الذوق والروائح، واليود لتقدير الكربون في تنقية المركبات ذات الكتلة الجزيئية الضعيفة[19].

II. 6.2.استخدامات الكربون النشط:

- يستخدم الكربون النشط عادة بعد المعالجة البيولوجية، بحيث يعالج المياه العادمة؛
- ازالة الجسيمات العضوية الذائبة المتبقية والمتسببة في تغيرات اللون، الطعم والرائحة للمياه[42]؛
- إزالة المعادن الثقيلة مثل الفضة والكاديوم والنحاس[43]؛
- استخراج الذهب وانتاج المواد الصيدلانية[43]؛
- استراد الغاز الناتج من حرق الفضلات[43]؛
- يستخدم في تحضير المبادلات الايونية [32]؛
- في الأغراض الطبية حيث يمتز الروائح من الجروح والتقرحات[32].

II. 3. أهم النباتات المعالجة

II.3.1. نبات Cyperus Papyrus (البردي)

يأخذ نبات البردي اللون الأخضر الفاتح، له سيقان جوفية بشكل حزمة مستديرة يصل سمكها إلى 40mm وطولها إلى 5m في الظروف المثالية، حيث ينتهي النبات بمجموعة من السيقان الفرعية التي تحمل مجموعة من الزهور وعدد من الثمار الصغيرة مشكلة ما يشبه مظلة مقلوبة السيقان الجوفاء، تكون مرتبطة بالجذمور الأفقي تحت الماء والتي ترتبط بدورها بالجذور الأصلية، وللنبات جذع مثالي يتراوح طوله ما بينcm (1.2 -2.5)، حيث تعيش في المناطق الاستوائية وفي الغابات الرطبة، يتطلب ذلك توفير الضوء ودرجة حرارة تتراوح ما بين °c (20 -30)، حيث تزهر في أواخر الصيف ويظهر نموها قليلا في فصل الشتاء، حيث تنتشر بشكل ملحوظ في كل من الولايات المتحدة الأمريكية، فلوريدا، كاليفورنيا وهواي [5]، تنمو في الجداول، الأنهار، المستنقعات وهوامش البحيرات، استعملها المصريون قديما في صناعة الورق و التزين كما صنعوا من السيقان قوارب قصبية[12]، وبعض الحضارات الأخرى استعملوا نبات البردي كعلف ودواء للحيوانات كما دخلت في معالجة المياه[5].

الشكل (II.9): نبات البردي[5]

II.3.2. نبات Typha latifolia(البوط عريض الأوراق)

نبات البوط عريض الأوراق من الفصيلة البوطية، يصل طولها من 1.5إلى 3 أمتار، وهي نبتة خشينة ذات أوراق تشبه الحزمة، يتراوح عرضها ما بين cm(2-4) ويصل جدعها من 1 إلى 3 أمتار، وتختلف البراعم بين الذكر والأنثى، حيث الأزهار الذكرية تكون أعلى الجذور أما الأزهار الأنثوية تكون تحت الأزهار الذكرية، وهي تدوم لعدة شهور تتفتح الأزهار في فصل الصيف، وهذه النبتة تصمد أمام الحرائق حتى وإن تم حرقها تبقى البذور كي تنمو من جديد، وهي تتكاثر بغزارة وبطريقة سريعة وهي دائمة الحياة على مدار السنة تتواجد في عدة مناطق من العالم، حيث تنتشر في المناطق التي ترتفع عن سطح البحر بـ 3.2m، وبين سواحل المحيط الهادي تعيش نبتة البوط في البيئات المائية كالمجاري والمستنقعات، كما تتواجد في كل أنواع المناخ الحار أو الجاف، حيث استعملت نبتة البوط قديما كغذاء ولتضميد الجروح وصناعة الكراسي، كما لقيت حديثا عناية كبيرة لتخفيض نسبة التلوث، معالجة المياه الراكدة، معالجة النفايات البشرية ، الزراعية والصناعية، وهي مهمة في تخفيض النسب الزائدة من الزنك والنحاس والنيكل، فهي مهمة لأنها سهلة النمو والانتشار[5].

الشكل (II.10): صورة لنبات البوط [21]

II.3.3. الطحالب

نباتات مجهرية تقوم بعملية التركيب الضوئي، ومصدرا للكربون ليس لها جذور أو ساق أو أوراق[44]، تتكاثر في الطبيعة في الأوساط المائية كالمياه العذبة والبحار والتربة الرطبة، وهي حقيقية النوى تحتوي على اليخضور، في حين توجد بعض الأنواع الشائعة غير خضراء فتكون بنية أو حمراء ويعود ذلك على أن الطحالب تحتوي على بعض المواد الصبغية [45]، وتتميز الطحالب بمجموعة من المميزات التي تدخل في تطبيقات المتنوعة حيث تعد مصدر غدائي للأحياء البحرية والمائية، وأعلافا للماشية لاحتوائها على الفيتامينات والأحماض الأمينية، كما تعمل على خصوبة التربة فهي مصدر مهم للأسمدة ومصدرا أساسيا للأوكسجين على سطح الأرض، وتلعب الطحالب دورا مهم في معالجة مياه الصرف كونها أقل كلفة، اذ تعمل على تزويد البكتيريا بالأوكسجين اللازم لتحليل المواد العضوية واستمرار المعالجة الحيوية [3].

الشكل(II.11): صورة الطحالب [21]

II.4.3. زهرة النيل Eichhornia crassipes

أحد النباتات المائية الطافية تنتشر في أكثر من 70 بلدا من بلدان العالم، وهو أحد الحشائش المنتشرة في نهر النيل، حيث يوجد في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية، لها عدة أسماء حيث تختلف من منطقة إلى أخرى فنجد؛ ورد النيل(مصر) أعشاب النيل (سودان)كامالوت (الأرجنتين)...، يتميز بكونه عريض الأوراق وسيقان قصيرة اذ يعوم على سطح الماء وهو سريع التكاثر خاصة في الأشهر ذات الحرارة العالية، حيث تشغل النبتة الواحدة مساحة قد تصل إلى $2500m^2$ في الموسم الواحد، تنتشر عادة مع اتجاه جريان الماء والخلجان فتتراكم أوراقها وجذورها بسمك قد يصل إلى أكثر من 1m-3سنويا، فهي تعيق تدفق جريان المياه وتحجب وصول ضوء الشمس إلى الأحياء الأخرى التي تعيش في الماء، وهذا يقلل من نسبة الأوكسجين [46]، ورغم كل ذلك تعددت استعمالاتها في الآونة الأخيرة كون لهذا النبات القدرة الفائقة على امتصاص العناصر الثقيلة مثل الكاديوم، النحاس، الحديد والزنك من التربة المشبعة بالماء[47]، فاستعملت في تنقية ومعالجة المياه العادمة كما اعتبرت مصدر للوقود والطاقة البديلة، حيث استخدمت لإنتاج الغاز الحيوي وصناعة الورق[46].

الشكل(II.12):نبات زهرة النيل Eichhornia crassipes [46]

II.3.5. القصب Phragmites australis

يعد نبات القصب Phragmites australis من النباتات المائية البارزة [20]، وهو من النباتات المعمرة يتبع العائلة النجيلية[48]، ينتشر في الأراضي الرطبة وعلى ضفاف البحيرات والأنهار[21]، تعددت استعمالاته فقد تم استعماله كمأوى من الشمس وكأداة لصنع السجاد التقليدي وكوسيلة للكتابة على الألواح القرآنية[49]، كما لعب النبات دورا هام في تحسين نوعية المياه وذلك في إزالة وتنقية المياه الصرف من الملوثات[20]، والذي سيكون محل دراستنا في الفصل الثالث.

الشكل (II.13): صورة نبات القصب [49]

الفصل الثالث

معالجة المياه بالقصب

الفصل الثالث: معالجة المياه بالقصب

يعرف القصب بانتشاره الواسع في جميع أنحاء العالم، فهو من النباتات ذات الأحجام الكبيرة ، في أغلب الأحيان ينمو لوحده أو يتم زراعته في أوقات محددة(المناخ المعتدل)، يتواجد في مناطق مختلفة ذات الأراضي الرطبة (خنادق، بحيرات ، برك،)، له أنواع عديدة تختلف باختلاف موطنها أو استعمالاتها، جميع هذه الأنواع لها مميزات وخصائص تجعلها تنافس الكثير من النباتات في المعالجة الحيوية لإزالة الملوثات من الماء، فالقصب يشهد استعمالا واسعا في مجال التنقية النباتية phyto_épuration ، فهو من النباتات المائية البارزة التي توفر الأكسجين والكتلة الحيوية اللازمان في تنقية الماء.

لذا سنتعرف أكثر من خلال هذا الفصل على نبات القصب من تصنيفه العلمي والوصف الدقيق له، بالتعرف على مكوناته واستعمالاته، كما نسلط الضوء على دوره في المعالجة وآليات ذلك، بالإضافة إلى دراسة بعض التجارب والدراسات التي أجريت عليه للمعالجة.

1.III. نبات القصب

1.1.III.التصنيف العلمي للقصب [50]

المملكة: النباتات.

الشعبة: النباتات المزهرة.

الطائفة: أحاديات الفلقة.

الرتبة: القبئيات.

الفصيلة:النجيلية.

الشكل(1.III): نبات القصب [50]

2.1.III.وصف النبات

هو نبات عشبي معمر، أي أن دورة حياته تمتد إلى أكثر من سنتين[51]، له أسماء عديدة منها الشائعة كما في الجدول(**1.III**)، ينمو في الأراضي الرطبة وقرب المجاري المائية(المستنقعات والخنادق) أو من بساتين النخيل، يبلغ ارتفاعه 4 أمتار[49]، وموطنه الأصلي في جنوب أوروبا، شمال إفريقيا، معظم مناطق آسيا المعتدلة وفي أقصى شرق اليابان [50]، أي في معظم المناطق شبه الاستوائية والدافئة (المناخ المعتدل) [24]، ويكون ساقه عبارة عن قصبة مجوفة قاسية يتحول لونها إلى الأصفر[50]، تكون مورقة بشدة وهذه الأوراق رفيعة ومسطحة بنهايات متدلية، وتوضع في وضع زوجي بديل على السيقان[24]، يضم ثلاثة أنواع هي: الغاب العملاق Arundo donax،

الغاب البلينيArundo plinii، الغاب الفورموزيformosana Arundo [50]، يتميز بتحمله درجة معينة من الملوحة[52]، كما ينمو في أوساط ذات أس هيدروجيني بين 6.9 و 9.3 [47].

جدول(III.1): الأسماء الشائعة لنبات القصب

باللغة العربية	باللغة الأجنبية
القصب المشترك الغاب[53] البوص [50] القيصوب[51] الحجنة [47]	[52] Phragmite australis [50] Arundo [52[Roseau [51[Commun Read

III.1.3.مكونات القصب

القصب كغيره من النباتات فهو يتكون من جذور، ساق وأوراق.

III.1.3.1. الجذور:

حيث تختلف بطبيعة اختلاف التكاثر اذ يوجد نوعين من الجذور هما الجذور الجنينية والجذور العرضية، حيث ينمو الجذير الجنيني لعدة مليمترات في بداية انبات البذرة، ثم يموت ويحل محله الجذور العرضية التي تنبت من عقد الساق السفلية القريبة من سطح التربة[54]، وتتعمق هذه الجذور إلى أكثر من 180 cm إلا أن أغلبيتها تمتد على عمق من 30إلى 60 cm من سطح التربة، وقد أثبتت الدراسات أن أكثر من 90% من المجموع الجذيري يتكون في طبقة عمقها 60 cm من سطح التربة[48].

III.1.3.2. الساق:

يتكون ساق نبات القصب من عدد قليل من العقل(الوحدات)، حيث تتكون كل عقلة من عقدة وسلامية (بين العقد)، وقد يتراوح طول الساق من 2 إلى5m وسمكه من 2 إلى 5 cm [54]، ساقه رقيقة لها شكل أسطواني أو ثلاثي السطوح، تحتوي على الفراغات تقوم بدور الممرات الهوائية[55]، وتختلف الساق حسب طبيعة نموها فقد تكون قائمة أو مفترشة أو ممتدة، كما يختلف لون الساق باختلاف العمر وباختلاف الأصناف ويتأثر اللون بالظروف البيئية المحيطة به[48].

III.1.3.3. الأوراق:

تتكون الأوراق من نصل وغمد حيث تكون الورقة مغطاة بالشعيرات[48]، ويتراوح عدد الأوراق من 10 إلى 15 ورقة، ويختلف حجم النصل باختلاف الأصناف ويختلف أيضا في النبات الواحد[54].

أما في العموم يتكون نبات القصب الأخضر من 11% بروتينا خاما، و% 31.4 أليافا خامة، و45% كربوهيدرات ذائبه، 11.4% رمادا على أساس المادة الجافة [50]، ومن المعروف أيضا أن الجذور والسيقان تحتوي على التانينات ، وحامض اللبنيك، والسكريات التي تبلغ % 48 ، أما الدهون الثلاثة 3%، ، وما يصل إلى 6% من البروتينات[55]، كما يتميز بالطاقة العالية فكل 100جرام تحتوي على 415سعرة حرارية، كذلك على كميات وفيرة من الدهنيات والنشويات والألياف، كما هو موضح في الجدول(**III.2**)، بالإضافة إلى بعض العناصر المعدنية مثل الكالسيوم والمغنسيوم وعدد من الفيتامينات مثل فتامين B2, B1, C, A.[51]

جدول(III.2): الأحماض الأمينية، المركبات الكيميائية والمعدنية للقصب [56]

Amine acide	composition minéral	composition Chemique
Thr ($g.kg^{-1}$) 4.393	Ca ($g.kg^{-1}$) 2.660	Matière sèche (%) 93.8
Val ($g.kg^{-1}$) 3.604	Mg ($g.kg^{-1}$) 2.649	N-substances ($g.kg^{-1}$) 120.6
Ile ($g.kg^{-1}$) 3.158	K ($g.kg^{-1}$) 10.899	Gras éprude ($g.kg^{-1}$) 18.2
Leu ($g.kg^{-1}$) 6.042	Na ($g.kg^{-1}$) 0.534	Fibre brute($g.kg^{-1}$) 278.3
Tyr ($g.kg^{-1}$) 4.962	P ($g.kg^{-1}$) 1.575	Cendre($g.kg^{-1}$) 67.3
Phe ($g.kg^{-1}$) 4.995	Fe ($mg.kg^{-1}$) 58.750	N-free substances($g.kg^{-1}$) 452
His ($g.kg^{-1}$) 2.200	Mn ($mg.kg^{-1}$) 96.964	Matière organique($g.kg^{-1}$)
Lys ($g.kg^{-1}$) 5.082	Zn ($mg.kg^{-1}$) 26.964	
Arg ($g.kg^{-1}$) 7.247	Cu ($mg.kg^{-1}$) 8.452	
Met ($g.kg^{-1}$) 0.378		
Asp ($g.kg^{-1}$) 9.819		
Ser ($g.kg^{-1}$) 4.330		
Glu ($g.kg^{-1}$) 9.376		
Pro ($g.kg^{-1}$) 7.081		
Gly ($g.kg^{-1}$) 4.307		
Ala ($g.kg^{-1}$) 6.981		
Cys ($g.kg^{-1}$) 0.199		

III. 4.1. زراعة القصب

تتم زراعة القصب في فترتين من السنة تسمى بالميعاد؛ أولها الزراعة الخريفية تكون من منتصف سبتمبر إلى منتصف شهر نوفمبر، أما الزراعة الربيعية تبدأ في شهر فيفري ومارس إلى غاية شهر أفريل [48]، يتطور بفضل زيادة العناصر الغذائية في البيئة[52]، له سيقان أرضية رايزوميه تمتد من 40إلى100cm، وربما تصل إلى 200 cm[51] ، فهي تبقى حية في التربة الجافة من 8 إلى 9 سنوات، وهذا يساعده على النمو حتى وإن قطعت أجزائه الخضرية ،مما يساعده على التكاثر[47]، فهو من أكثر النباتات الغازية بمساعدة عوامل أهمها: [52]

- الرياح والمياه: عندما تحمل الرياح البذور أو تنقل بواسطة تيار المائي فإنها تنتشر بعيدا، وتأسس نفسها في بيئة مواتية لها؛
- الاضطرابات البيئية: بعض أعمال الانسان تعرض البيئة للاضطراب وتترك الأرض عارية فيغزو فيها القصب؛
- الآلات: عند عمل الماكينة في المناطق التي ينتشر فيها القصب، من الممكن أن تظل البذور عالقة بالآلة وقد تستعمر أرضا أخرى أثناء العمل بها في أماكن جديدة.

III.5.1. أنواع القصب

III.1.5.1. القصب العملاق:

يعتبر من أهم أنواع القصب، كالقصب الفارسي وهو الأكثر شيوعا، يبلغ ارتفاعه بين 15 و20 قدما، يتميز بساقه (قصبة مجوفة) التي تتمايل في الهواء[53]، بفضل أوراقه متدلية ذات الطول 60cm والعرض 6cm، يتميز في فصل الشتاء بأوراق غير منتظمة، ويجب قطعها بشكل مستمر مما يسمح بإعادة نموه جيدا[24] ، يتم استخلاص بعض الجينات الوراثية منه وحقنها في نبات آخر كي ينمو بسرعة أكبر [57]، يتواجد بالهند والمناطق الدافئة، إلا أنه توفر اليوم في جميع أنحاء العالم بنموه قرب المجاري المائية وفي الأراضي الرطبة[12]، كما نجد توفره بكثافة حول البحر الميت وبحيرة الحولة ووادي الأردن [53].

الشكل (III.2): القصب العملاق [12]

III.1.5.2. القصب البليني :

نوع نباتي ينتمي للفصيلة النجيلية أحادي الفلقة، يعده بعض العلماء صنفا من القصب العملاق، حيث يصل ارتفاعه إلى أكثر من 3 أمتار، الساق عبارة عن قصبة مجوفة يتحول لونها إلى الأصفر موطنه المناطق الدافئة في حوض البحر الأبيض المتوسط، حيث ينتشر في بلاد الشام والمغرب العربي وكثير من مناطق أوروبا[12].

III.1.5.3. القصب الفورموزي:

نوع من النباتات أحادية الفلقة من الفصيلة النجيلية، يصل ارتفاعه إلى أكثر من 3 أمتار، ساقه تأخذ شكل قصبة مجوفة يتحول لونها إلى الأصفر، ينمو في جزيرة فورموزا والتايوان [12].

الشكل (III.3): القصب الفورموزي [12]

III.4.5.1. قصب السكر

القصب السكري نبات معمر من العائلة النجيلية، جذوره ليفية[58]، تنتشر في الطبقة السطحية للتربة الزراعية [59]، ساقه قائمة تتألف من عقد وسلاميات طولها بين 3-6 أمتار، قطرها ما بين 2-5أمتار، مغطاة بطبقة شمعية يختلف لونها بين الأخضر والأحمر، داخلها خلايا اسفنجية مشبعة بعصير السكري [58]، أوراقه شريطية وهي تلعب دورا هام في نموه و تطوره [59]، ينشئ القصب السكري في جنوب الصين وجزر المحيط الهادي، لكن انتشرت زراعته في العديد من دول العالم مثل تيلاند، استراليا، مصر والسودان وذلك لأهميته الاقتصادية، اذ يعتبر أهم محصول لاستخراج السكروز ومصدر لإنتاج السكر في العالم وصناعة العسل الأسود، كما استخدم حديثا لاستخراج الوقود الحيوي من عصير القصب لاستخدامه كوقود للسيارات[48].

الشكل (III.4): صورة لقصب السكر [48]

III. 6.1. استعمالات القصب

لنبات القصب استعمالات عديدة في مجالات مختلفة منها الصناعية، الغذائية ونذكر منها:

- تنقية المياه ومعالجتها من الملوثات[57]؛
- صنع السجاد، كما يتم تجميع العصي الطويلة لاستخدمها مأوى للإنسان [49]، فالفلاحون الأوروبيون يستعملون القصب العادي الجاف للسقف، أما الهنود يستعملون الورق لتغطية أراضيهم[60]؛
- ريشة للكتابة على الألواح القرآنية [48]؛
- نبات الغاب غني بمادة السليلوز وهي المادة الخام لصناعة الورق[61]، فاليابان تستخدم لباب القصب في صناعة الورق المقوى[60]؛
- السيقان المجوفة للقصب العملاق تستخدم في صناعة الآلات الموسيقية [24] [60]؛
- انتاج المواد الغذائية كالسكر المستخرج من قصب السكر، الذي يعتبر من أهم المحاصيل الزراعية والغذائية،[48]، ومنه تحضير شراب حلو باستعمال جذور وسيقان قصب السكر[55]؛
- في العصور القديمة كان يستخدم لصنع الدقيق لاحتواء جذر القصب على الكثير من النشا[55]؛
- يستخدم القصب المجفف كعلف حيواني[61]؛
- تتخذ منه الطيور أعشاشا لها[60]؛
- يتم استخدام سيقان القصب كمواد عازلة للحرارة والتعبئة ومواد البناء[55]؛
- الاستفادة من القصب الفارسي في إنتاج طاقة لتشغيل ووقود ديزل[57].

III. 2. المعالجة بالقصب

III. 1.2. آلية المعالجة

حظي نبات القصب باهتمام من طرف العلماء ابزرهم

Gersberg, *et al* (1986); Cooper & Boon (1987) and Williams, *et al* (1994).

لاستخدامه في المعالجة الحيوية للماء [47]، وذلك لما له من مميزات أهمها أنه من النباتات الكبيرة التي لها نظام جذري كثيف[62]، ويعتبر دليل بيولوجي لكونه غني بالمواد العضوية والمغذيات، وتكون المعالجة به طبيعية فهي غير مكلفة وبسيطة[63]، حيث يقوم بإزالة الملوثات بطرق عدية أهمها:

III.1.1.2. الاستزراع:

لقد وجد أن زراعة القصب في مجاري مياه الصرف الصحي تعمل بكفاءة عالية حيث أثبتت ذلك خلال 6أيام في إزالة العديد من الملوثات (المتطلب الحياتي للأكسجين والمواد العالقة الصلبة)[61]، وأوضحت نتائج التجارب التي أجريت في ألمانيا بنهري ''ألبا''، و''رون'' أنه تم القضاء على 3% من بكتيريا السالمونيلا الخطيرة التي تعيش بالنهر، و20% من بكتيريا كولي خلال 3 ساعات فقط من وضع مجموعة من نبات القيصوب ، كما أثبتت أن قدرة النبات لا تقتصر على تنقية الملوثات الكيميائية فقط، فهو ينقي المياه من النفايات الصناعية الدقيقة –والتي تعجز مرشحات التنقية المتطورة عن إزالتها من الماء– وذلك باستخدام النبات جدرانه الجانبية للسيقان، وبعض الأجزاء من جذوره لتجميع النفايات الدقيقة وتخزينها، ثم تنقل إلى قاع الماء، فهو قادر على تنقية المياه من بقع الزيوت البترولية، وقد أثبت ذلك الدكتورة سيدل بتجربتها التي أضيفت فيها مادة الديزل إلى لتر من الماء ووضعت

في الأنبوب نبات القيصوب فلاحظت بعد مرور 3 دقائق فقط أن الماء أصبح صالح للشرب وتمت تصفيته من الديزل[64].

III.2.1.2. استخدامه في نظام تقنية *phyto_épuration*

القصب له دور كبير في توفير الأكسجين لأكسدة المادة العضوية[6]، فهو من النباتات المائية البارزة الأكثر استخداما في امتصاص المغذيات من قاع الماء لامتلاكه رايزومات التي توفر مساحة سطحية كبيرة لتحطيم الملوثات بالبكتريا[20]، حيث تقوم خلاياAeronchyba من النبات بامتصاص الأكسجين من الهواء الجو، ومِنْ ثَمَّ انتقاله إلى الجذور والريزومات ليحقن داخل بيئة النمو بمعدل يصل إلى 50 جراما في المتر المربع في اليوم الواحد، وبالتالي رفع نسبة الأكسجين الذائب في البيئة إلى أكثر من 100 ضعف[61] ، كما يعمل النبات على فرز مضادات حيوية قاتلة للكائنات الممرضة الموجودة في المياه [20]،هذه المضادات يفرزها النبات لحماية نفسه من البكتيريا، لكن العجيب أنه لا يفرزها لحماية نفسه فقط، بل يفرزها لحماية المحيط البيئي الذي يعيش به[64]، كما له قابلية امتصاص العناصر الثقيلة مثل الزنك والرصاص[65].

III.2.1.3. الامتزاز:

يمكن استخلاص محلول رائق من نبات القصب لحين الحصول على سطح ماز من الخشب [50].

III. 2.2. الدراسات السابقة

أجريت تجارب عديدة لاختبار القصب في المعالجة الحيوية لإزالة الملوثات من الماء، ومثال ذلك التجربة التي كانت في مدينة الناصرية عام 2014م، قامت الدراسة بإجراء مقارنة بين المياه المعالجة بالمحطة والأخرى بنبات القصب الذي جمع من جانب نهر الفرات، حيث تم قياس العناصر الثقيلة (الرصاص، الكاديوم، الزنك والنيكل) في مياه الصرف ونبات القصب قبل وبعد المعالجة كما يوضح **الجدول(III.3)**

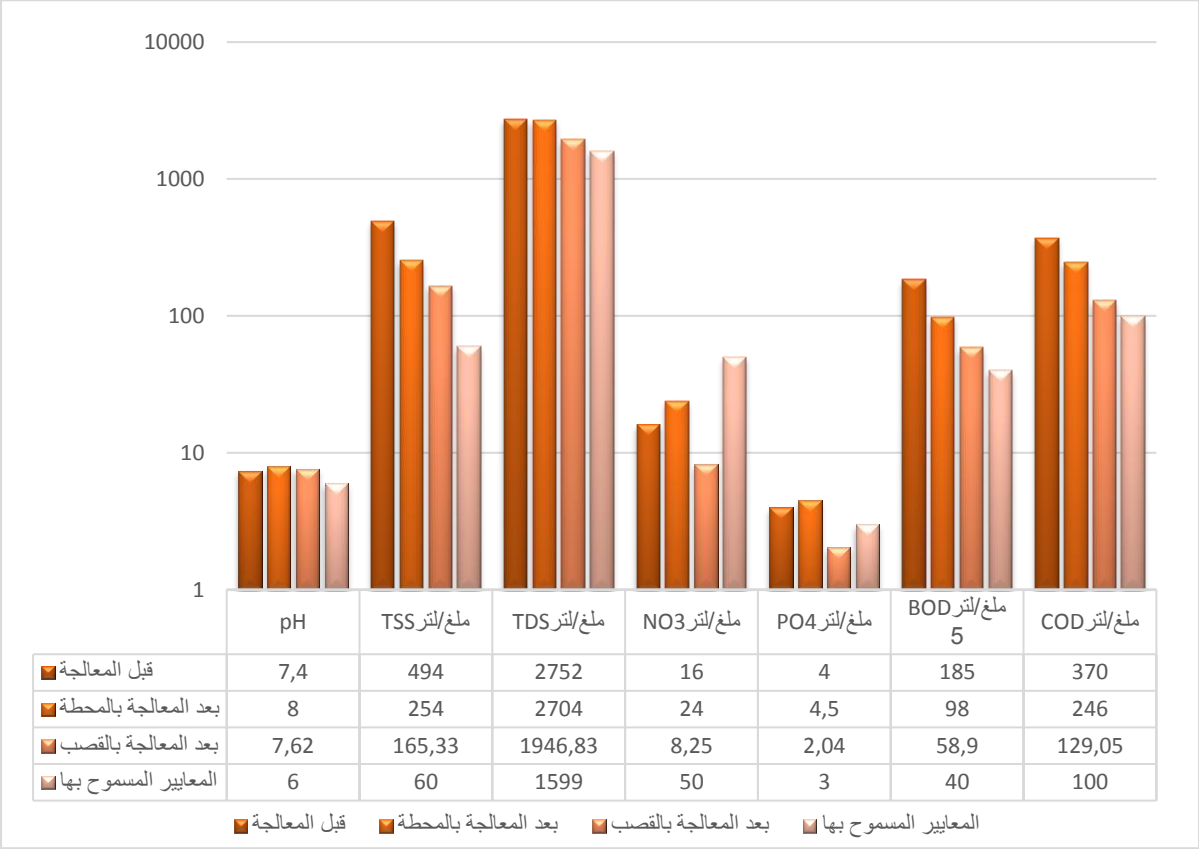
جدول(III.3): جدول يوضح العناصر الثقيلة قبل وبعد المعالجة في نبات القصب والماء [20]

العناصر	الماء تركيز (mg/l)		القصب تركيز (mg/g) وزن جاف	
	قبل المعالجة	بعد المعالجة	قبل المعالجة	بعد المعالجة
الرصاص	1.44	0.25	2.58	3.8
الكاديوم	1.27	0.72	1.41	1.97
الزنك	8.34	2.13	42.02	53.09
النيكل	1.77	0.72	2.96	5.38

ومن خلال هذه القيم نلاحظ نقص قيمة الملوثات من المياه وزيادة تراكمها في النبات أي أن القصب امتص الملوثات واحتفظ بها في أجزائها

كما تم قياس نسب مقاييس التلوث (الأس الهيدروجيني ، TSS، TDS، NO_3، PO_4 ، BOD ، COD) قبل وبعد المعالجة النباتية، ومقارنتها بأداء المحطة والمعايير المسموح بها.

شكل(III.3):مخطط يوضح تغير قيم الملوثات قبل المعالجة وبعد المعالجة بالمحطة ونبات القصب ومعايير اللازمة[20]



	pH	ملغ/لتر TSS	ملغ/لتر TDS	ملغ/لتر NO3	ملغ/لتر PO4	ملغ/لتر BOD5	ملغ/لتر COD
قبل المعالجة	7,4	494	2752	16	4	185	370
بعد المعالجة بالمحطة	8	254	2704	24	4,5	98	246
بعد المعالجة بالقصب	7,62	165,33	1946,83	8,25	2,04	58,9	129,05
المعايير المسموح بها	6	60	1599	50	3	40	100

قبل المعالجة بعد المعالجة بالمحطة بعد المعالجة بالقصب المعايير المسموح بها

ومن خلال دراسة قيم هذا المخطط نجد أن القصب عموما كانت له كفاءة عالية في المعالجة أفضل من المحطة حيث كانت قيمه الأقرب إلى المعايير المسموح بها.

بالإضافة إلى تنوع الدراسات والتجارب التي أجريت لإثبات دور القصب في المعالجة باختلاف الدراسة والمناطق وهذا ما سنلخص نتائجه في جدول الدراسات السابقة:

جدول (III.3): جدول الدراسات السابقة

التجربة	النتائج	المرجع
معالجة مياه الصرف الصحي بتطبيق نظام الجريان السطحي الحر وباستخدام نبات القصب	أخذت 120 لتر من مياه الصرف الصحي المعالج أوليا من حوض الترسيب الابتدائي لمشروع محطة حمدان/مديرية مجاري البصرة ووزعت على أحواض معالجة بنظام الجريان السطحي الحر ومزروعة بنبات القصب الذي جمع من منطقة جنوب جزيرة السندباد على ضفاف شط العرب، أولا تم قياس أبرز مؤشرات التلوث ، فكانت قيمة pH 7.53 أما TSS، TDS، BOD_5، COD، النتراتNO_3 والفوسفات PO_4 فكانت (170.33، 3474، 173.33، 274.67، 19.03، 4.8) ملغم/لتر على التوالي وتسجيل المؤشرات كل سبعة أيام حيث انخفضت في اخر مرة قيمة الـ pH إلى 7.83 أما قيم(6.33، 1547.33، 4.33، 18.33، 2.6، 0.87) فكانت للمؤشرات السابقة على التوالي	[6]

معالجة مياه الصرف الصحي بنظام *البحيرات* المزروعة بالنباتات الكبيرة	تم اختيار نباتPhragmites australis (بارز) أما العائم فكان نبات (Salvinia natans) وتمت زراعتها بشكلان مختلفان منفصل وآخر مجتمع في مناخ شبه جاف، وتم قياس كمية الملوثات المزالة والتي بلغت (النيتروجين(93%)، الأمونيوم (87.9%)، النتريت (52.8%)، DOB(95,7_98%)،DOC(95%) ، الفوسفور (40%) البكتيريا الممرضة (91_98%) في البحيرات ذات النباتات المجتمعة	[16]
استخدام نبات القصب في تنقية مياه فضلات المجاري في مدينة الناصرية	استخدم نبات القصب في نظام المعالجة النباتية phyto_épuration في مركز محطة مدينة الناصرية في شتاء 2014 حيث استخدم احواض في ذلك ذات الأبعاد (120,55,65) سم إضافة حجم قدره 120 لتر من المياه العادمة إلى كل حوض من أحواض التجربة بعد قياس المؤشرات البيئية للمياه قبل وبعد المعالجة في المحطة وكذلك في الأحواض كل أسبوع ولمدة 6أسابيع متتالية، حيث سجل انخفاض في تراكيز المواد الصلبة الذائبة الكلية ، المواد الصلبة العالقة الكلية، المتطلب الحيوي للأوكسجين ، المتطلب الكيميائي للأوكسجين، النترات والفوسفات الفعالة بنسب على التوالي(55.08%، 96.67%، 92.61%، 87.12%، 93.33%، 75.75 %) أما بالنسبة إلى تراكيز المعادن الثقيلة (الكادميوم، الخارصين، النيكل والرصاص) فقد تم قياسها قبل وبعد نهاية التجربة فكانت قد انخفضت بمقدار (0.72، 2.13، 0.72، 0.25) مايكروغرام /لتر على التوالي	[20]

دراسة كفاءة القصب في المعالجة الأولية لإزالة الملوثات بوادي الخرازي	تم اخيار موقعين المسافة بينهما 2كم من وادي الخرازي الذي يبلغ طوله حوالي 15 كم يستقبل مياه الأمطار وما تجرفه معها من تربة وملوثات، وتمت أجراء التجربة في فصلين الربيع والشتاء لدراسة تأثير درجة الحرارة على عملية التنقية فكان انخفاض الملوثات كليا في فصل الصيف حيث وصلت نسبة إزالة الفوسفات 71% والنترات 68.5% وارتفع تركيز الكاديوم في نبات القصب من الموقع الأول إلى الموقع الثاني بنسبة (0.085 _ 0.162) ملغ/لتر على التوالي كما سجلت زيادة في عنصر النحاس من 0.064 ملغ/لتر من الموقع الأول إلى 0.088 ملغ/لتر في الموقع الثاني أما لعنصر الرصاص لم يسجل تركيزه في الموقع الأول وظهر بتركيز 0.013 ملغ/لتر في الموقع الثاني.	[63]
التراكم الحيوي لعنصري الزنك والرصاص لنبات القصب النامي في وادي الخرازي	تم اختيار ثلاث مواقع من وادي الخرازي كما تم أخذ عينات من نبات القصب على مستوى كل موقع وتم فصل الساق عن الأوراق بالنسبة لكل عينة وتمت تتبع تركيز عنصري الزنك والرصاص على مستوى المواقع وكذلك بالنسبة للساق والأوراق حيث سجل تركيز عنصري الزنك والرصاص في أنسجة الأوراق (0.719 ، 4.992) مكغ/ غ و(3.594 ، 7.304) مكغ/ غ بالنسبة لأنسجة السيقان قبل التجربة أما بعد جريان الماء في الواد فقد بلغت بلغ معامل التراكم الحيوي لعنصر الرصاص والزنك في أوراق وسيقان نبات القصب (36.33_ 31.34) على التوالي.	[65]

دراسة نوعية للنباتات (القصب، الحلفا والحليان) لمعالجة المياه عين صوباشي في قضاء تلعمر	تناول البحث دراسة لنوعية المياه عين صوباشي وتقدير بعض العناصر الثقيلة لنبات القصب والحلف والحليان بعد تصريف مياه المجاري المدنية إلى مياه عين صوباشي خلال شهر الكانون الثاني التي بلغت (22، 72، 18، 0.9) للعناصر (Zn، Cu، Pb، Cd) على الترتيب كما لوحظ أن التراكم يكون في جذر نبات القصب بمستوى أعلى من باقي النباتات وعن باقي الأنسجة (السيقان والأوراق).	[66]

III. 3.2.تحليل النتائج

من دراسة تحليلية لنتائج الدراسات السابقة لوحظ أن جميعها تؤكد على القدرة العالية لنبات القصب (بشكله الكثيف لأنه تمكن من إزالة (DOB(95,7_98%، (DOC(95%، النيتروجين(93%)، البكتيريا الممرضة (91_98%) ، الأمونيوم (87.9%)، النتريت(52.8%)، الفوسفور (40%) وهذا تحت التأثير الإيجابي لدرجة الحرارة عليه) في معالجة المياه وخاصة إزالة المعادن الثقيلة في منطقة الجذر حيث ترسبت الملوثات ، ومما يحسن من كفاءتها هو استخدام نظام المعالجة بالجريان السطحي بأنواعه.

الخاتمة

الخاتمة

وفي الختام نحمد البارئ سبحانه وتعالى الذي وفقنا لما قدمناه في هذا المشوار، لنضع قطرتنا الأخيرة بعد هذا العمل الذي تناول اختبار استعمال نبات القصب في معالجة المياه المستعملة، وعلى ضوء ما تطرقنا إليه تم التعرف على المصادر الرئيسية للماء بمختلف أشكاله، خواصه، ملوثاته وكذا طرق معالجته، التي تكمن أهميتها في تحقيق حماية الصحة والمحافظة على البيئة، وكذا حماية التربة والمحاصيل الزراعية وتوفير مصادر إضافية للمياه، ومن أهم النتائج التي توصلنا إليها من خلال هذا البحث بخصوص المعالجة البيولوجية التي تتم طبيعيا أنها تعتمد على قوة النباتات المائية الكبيرة مثل القصب ...إلخ، وتنقسم النباتات حسب طبيعة تواجدها إلى بارزة، طافية ومغمورة، كما يمكن استخلاص المادة المازة للملوثات المتمثلة في الكربون النشط الذي يستخرج من بقايا ثمار عديدة، كما تم التعرف على عدة نباتات تقوم بتنقية المياه المستعملة؛ منها البردي، البوط، زهرة النيل، الطحالب والقصب، هذا الأخير كان محل دراستنا التي من خلالها تطورت معارفنا عن القصب بانتشاره الواسع في العالم وأسمائه الشائعة وكذا استخداماته العديدة التي تنوعت حسب احتياجات الانسان، والأهم منها في معالجة المياه، فقد وجدنا أن القصب أثبت قدرته العالية في إزالة الملوثات وتراكم بعض المعادن الثقيلة على أجزائه.

كما نوصي من خلال هذا البحث بتوسيع استعمال القصب في مجالات أخرى، ونقترح تطوير تقنية استخلاص الكربون النشط من نبات القصب.

وفي الأخير نأمل الله أن ينال قبولكم وأن يلقى الاستحسان منكم، ولا نستطيع أن ندعي فيه الكمال فالكمال لله سبحانه وتعالى، وبهذا وفقنا إلى الانتهاء من كتابة موضوعنا هذا نرجو أن ينال اعجابكم ونسأل الله التوفيق لنا ولكم.

قائمة المراجع

قائمة المراجع

❖ مراجع باللغة العربية

[1] د.محمد سعيد المصري، هدى عساف، (2007)، مصادر تلوث مياه الجوفية، تقرير عن دراسة علمية مكتبية، قسم الوقاية والأمان، هيئة الطاقة الذرية، سوريا.

[2]د. حسن خالد حسن العديكي، تكنولوجيا معالجة المياه، دار زهران للنشر والتوزيع، عمان.

[3] كرار حيدر سلمان(2019)، دراسة امكانية استخدام بعض أنواع الطحالب في معالجة مياه الصرف الصحي وتقييم كفاءتها، بكالوريوس علوم في علوم البيئة، قسم البيئة، كلية العلوم، جامعة القادسية.

[4] د.نصر الحايك (2017)، مدخل إلى كيمياء المياه(تلوث، معالجة، تحليل)، منشورات المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجية، سوريا.

[5] العابد (2015)، إبراهيم معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منقية محلية، أطروحة دكتوراه، قسم كيمياء عضوية، كلية علوم مادة، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة.

[6] منال محمد أكبر وآخرون(2014)، معالجة مياه الصرف الصحي بتطبيق نظام الجريان السطحي الحر (FWS) وباستخدام نبات القصب Phragmites australis، العدد 40، الجزء الثالث، مجلة أبحاث البصرة.

[8] شنوقي محمد الأمين ، بوشحدان السعيد (2006)، تلوث المياه ومعالجتها، مذكرة لنيل شهادة تعليم أستاذ ثانوي، جامعة القبة، الجزائر.

[10]لنا عبد الكريم سواعد، الماء وخواصه، مذكرات سنة ثانية تعليم ابتدائي منشورة على الموقع https://sites.google.com تاريخ الزيارة 2021/5/1 على الساعة 18:00

[11] آلاء جابر (14 فيفري 2019)، خصائص الماء الفيزيائية والكيميائية، مقال منشور على الموقع http://www.mawdoo3.com تاريخ الزيارة: 26/ 3/ 2021 على الساعة 15:15.

[12] http://www.wikipidia.comعلى الساعة 15:30

[13] د.حسن أبو سمور، د. حامد الخطيب، (1999)، جغرافية الموارد المائية، الطبعة الأولى، دار الصفاء للنشر والتوزيع، عمان

[14] نبراس عبد الكريم حسين الريماوي، (2014)، إعادة استخدام المياه العادمة المعالجة للأغراض الزراعية في منطقة رام الله بين المعيقات وسبل التعزيز، رسالة ماجستير، جامعة القدس، فلسطين.

[15] تقنيات تنقية مياه الشرب(1997)، مجلة العلوم والتقنية، العدد 43، الجزء الأول والثاني، الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر، الرياض.

[18] دعاء حسين نعمة (2017)، دراسة نوعية لمياه الشرب في مشروع 6 ديوانية/ العراق، شهادة بكالوريوس، كلية العلوم، جامعة القادسية، العراق

[19] عباس كمرشو(2017)، استعمال كربون منشط محضر من مشتقات نخيل التمر (نواة تمر دقلة نور) في معالجة المياه المستعملة الحضرية (دراسة مقارنة)، أطروحة دكتوراه، كيمياء تحليلية ومراقبة المحيط، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة

[20] باسم يوسف الخفاجي وآخرون (2016)، استخدام نبات القصب في تنقية مياه فضلات المجاري في مدينة الناصرية، المجلد5، العدد 4، مجلة علوم ذي قار، كلية العلوم جامعة ذي قار.

[21] محمد معن البرادعي، (2018) ، دليل تصميم محطات معالجة مياه الصرف، الطبعة الأولى، مؤسسة زايد الدولية للبيئة، الإمارات العربية المتحدة.

[22] هديل عبد الأميرخيون (2014)، الأكسدة الضوئية المحثة للمحاليل المائية لمركبات الثايزين، شهادة ماجستير في علوم الكيمياء، جامعة القادسية، العراق

[27] د. حسبن الجنيدي وآخرون (2016) ، المعالجة الثالثية لمياه الصرف الصحي باستخدام نيات عدس الماء في محطة الجنديرية نموذجا، سلسلة العلوم البيولوجية المجلد 38، العدد 3، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، ص 235_ 246.

[30] عبد الرزاق محمد سعيد التركماني (2001)، محطات معالجة الصرف الصحي بالنباتات

[32] عمر موسى رمضان وآخرون (2005) ، تحضير الكاربون المنشط من مخلفات أشجار الكوكس (Cocus Spp.) باستخدام الكربنة المحورة والتنشيط الحراري الكيمياوي، المجلة القطرية للكيمياء، المجلد 18، ص 161_ 169.

[33] لقاء حسين علوان السامرائي (2009)، دراسة تأثير موقع المعوضات على امتزاز 1،2،3 –مثيل آزو بيتا– نفثول، قسم الكيمياء، كلية التربية السامراء، جامعة تكريت، العراق.

[42] بدون مؤلف(2019)، تقنيات معالجة مياه الصرف الصناعي لمشروعات البيتروكيمياويات، منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول(أوابك)، دولة الكويت.

[43] إستبرق وفيق غياض(2012)، دراسة ثرموديناميكية لامتزاز الكادميوم على الكاربون المنشط المحضر من نوى التمر العراقي، المجلد السادس، العدد الثالث ، مجلة جامعة الانبار للعلوم الصرفة.

[44] مارك ج. هامر، مارك ج. هامر جونيور، ترجمة يوسف رضوان، الماء وتقنية مياه الصرف، سلسلة كتب التقنيات الاستراتيجية والمتقدمة، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، المنظمة العربية للترجمة.

[45] د.محمد سعيد المصري، يسر أمين(2010)، استعمال الكتلة الحيوية في إزالة المعادن الثقيلة من الأوساط المائية، تقرير عن دراسة علمية مكتبية، قسم الوقاية والأمان، هيئة الطاقة الذرية، الجمهورية العربية السورية.

[46]د. م عماد الحوراني، زهرة النيل، الواقع والحلول.

[47] د.وفاء محروس عامر(2001)، المعالجة الحيوية للملوثات البيئية، العدد21، مجلة أسيوط للدراسات البيئية، القاهرة.

[48] د. عبد العليم عبد الرحمان متولي سالم، م. يحيى حسن مكاوي أحمد صقر، محاصيل الحقل، الصف الثاني بالمدارس الثانوية الزراعية، نظام السنوات الثلاثة، قطاع الكتب، وزارة التربية والتعليم، جمهورية مصر العربية.

[50] زينب رعد ممدوح (2019)، دراسة طيفية وامتزاز لمعقدات انتقال الشحنة لبعض المركبات الامينية الواهبة للالكترونات مع عدد من المستقبلات، ماجستير علوم في الكيمياء، ابن الهيثم قسم الكيمياء، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة بغداد.

[51] محمود سلامة محمود الهايشة (2005)، الاستفادة من نبات الغاب في تغذية الحيوان، مقال منشور على الموقع http://www.m.ahewar.org تاريخ الزيارة 2021/4/15 على الساعة 23:39.

[53] عزت اندراوس، قصب_ قصبة، مقال منشور على الموقع http://www.coptichistory.org تاريخ الزيارة: 2021/4/16 على الساعة 17:50.

[54] صلاح الدين عبد الراق شفشق، عبد الحميد السيد الدبابي(2008)، إنتاج محاصيل الحقل، الطبعة الأولى، دار الفكر العربي، القاهرة.

[55] بدون مؤلف، نبات القصب – Bulrush .جنس من النباتات المائية للعائلةsedge ، مقال منشور على الموقع https://seweraage.ru تاريخ الزيارة 2021/4/15 على الساعة 23:15.

[57] صلاح المسن(2014)، الاستفادة امن الغاب الفارسي في إنتاج الطاقة، مقال منشور على الموقع https://www.youm7.com/ تاريخ الزيارة 2021/5/4 على الساعة 23:00.

[58] محمد خير طحلة، قصب السكر، مقال منشور على الموقع http://arab-ency.com تاريخ الزيارة 2021/3/30 على الساعة 1:30.

[59] أحمد زكي أبو كنيز (2010)، زراعة قصب السكر، معهد بحوث محاصيل السكرية، مركز البحوث السكرية، القاهرة.

[60] بدون مؤلف، القصب مقال منشور على الموقع https://alencyclopedia.net تاريخ الزيارة 2021/4/16 على الساعة 13:13.

[61] ريهام عاطف (2017)، جزر الغاب الكنزر المفقود على ضفاف النيل، مقال منشور على الموقع http://www.soutalomma.com تاريخ الزيارة 2021/4/15 على الساعة 23:50.

[63] مازن فضل السنجري (2011)، إختبار كفاءة نبات القصب في المعالجة الأولية للمياه الملوثة، المجلد 16، العدد 2 مجلة تكريت للعلوم الصرفة، العراق.

[64] سندس أسامة (2018)، القيصوب نبات عربي يكافح تلوق الماء، مقال منشور على الموقع https://www.qallwdall.com تاريخ الزيارة 2021/4/15 على الساعة 23:40.

[65] عبدالعزيز يونس طليع الصفاوي، وفاء عصام عبدالقادر السنجري(2019)، التراكم الحيوي لعنصري الرصاص والزنك في المجموعة الخضرية لنبات القصب Phragmatis australis النامي في وادي الخرازي في مدينة الموصل، العراق، المجلد 28، العدد 1، محلو علوم الرافدين، العراق، ص35_44.

[66] إبراهيم عمر سعيد (2014)، دراسة نوعية ومعالجة نباتية لمياه عين صوباشي في قضاء تلعفر، المجلد25، العدد 1، مجلة علوم الرافدين.

❖ مراجع باللغة الفرنسية

[7] Ammar **F** (2016), Etude et modélisation du traitement des eaux de surface par des procédés électro membranaires, these de doctorate en sciences, Université Ferhat Abbas Sétif -1, P 4 29

[9] Abdel kareem M.A Dawagreh, (2017), Environmental Pollution, Al-Balqa' Applied University, researchgate.net.

[16] Laabassi Ayecha (2016), l'épuration des eaux usées par le système de lagunage a macrophytes, thèse doctorat en sciences, université Ferhat Abbas, Sétif.

[17] RAJAONARIVELO Fanjatiana Justoberthe, (2013), La faisabilité de la phytoépuration des eaux usées dans la ville de Toliara, Diplôme d'Études Approfondies en Biodiversité et Environnement, faculté de science, université de TOLIARA.

[23] Miloš Rozkošný, et al (2014), Natural Technologies of Wastewater Treatment, gwp cee.

[24] MANCER Halima (2010), Analyse du pouvoir epuration de quelques plantes macrophytes dans les regions arides, thésé de Magister, université MOHAMED KHIDER , BISKRA

[25] Document collectif à du groupe français Macrophytes et traitement des eaux (2005), épuration des eaux usées domestiques par filtres plantes de macrophytes, recommandations techniques pour la conception et la réalisation, version n°1.

[26] Stéphanie Lux et al (2012), La phyto-épuration : des plantes pour traiter les eaux usées, fisher N°10 , Bâtir en favorisant la biodiversité, , Victoire editions, Paris, pp 135_ 141

[28] La Phyto epuration, ensemble de bureau d'études accompagnant de la conception à la réalisation, Association Régionale d'Eco-contructeurs du Sud oust, accueil-paysan.

[29] Rinad Jalal Yahya Hamed (2014), phytoremediation for treatment of brackish water from reverse osmosis plant, degree of master chemistry, faculty of graduat studies, an Najah national university, Nablus- Palestine.

[31] BEI ERE, Choix des plantes, Infrastructure routière et enjeux environnementaux : Application au périphérique toulousain, article dans la site http://hmf.enseeiht.fr/ 29/3/2021 à 1 :30.

[34] Nora SEDIRA(2013) ,Etude de l'adsorption des métaux lourds sur un charbon actif issu de noyaux de dattes, diplôme de MAGISTER en chimie physique et analytique, Université Mohamed Chérif Massaadia Souk-Ahras .

[35] Mona Saman(2009), production and characterization of activated carbon from cotton stalks and their application on adsorption of some dyes and phenols from aqueous solutions, Thesis Submitted For pH. Degree In Chemistry, ALEPPO university, Jordon.

[36]Tatianne Ferreira de Oliveira, (2011), Étude d'un procédé de dépollution basé sur le couplage ozone / charbon actif pour l'élimination des phtalates en phase aqueuse, these doctorat Chimie Appliquée et Génie des Procédés Industriels, universite D'ORLEANS.

[37] ZIATI Mounir (2012), Adsorption et électrosorption de l'arsenic (III) sur charbon à base de noyaux de dattes activés thermiquement et chimiquement, thèse doctorat,universite Badji Mokhtar, Annaba.

[38] REFFAS ABDELBAKI (2010), étude de l'adsorption de colorants organiques (rouge nylosan et bleu méthylene) sur des charbons actifs préparés à partir du marc de café, these doctorat en sciences en génie des procédés, universite Mentouri, Constatine.

[39] Belkebir Zohra(2007), Valorisation des dechets agro_alimentaires cas des grignons d'olives, thèse magister de technologie alimentaire, universite M'hamed bougara, Boumerdes.

[40] Imen BOUGHAITA(2018), Essais de dépollution des eaux contaminées par un composé organique par l'utilisation de nouveaux biosorbants, these Doctorat génie chimique, Université 20 Août 1955,Skikda.

[41] Mbaye GUEYE (2015), développement de charbon actif à partir de biomasses lignocellulosiques pour des applications dans le traitement de l'eau, these doctorat de sciences et technologies de l'eau, de l'energie et de l'environnement, 2iE, LBEB.

[49] Dr. Abdelmadjid CHEHMA(2006), Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien, laboratoire de recherche : « protection des ecosystemes en zones arides et semi arides », universite Kasdi Merbah, Ouargla.

[52] Karyne Benjamin, Le Roseau commun ou phragmites Australis, université MoGill, OBV du fleuve, saint Jean.

[56] M. BARAN et al,(2002), The Common Reed (Phragmites australis) as a source of Roughage in Ruminant Nutrition, Article in Acta Vet Brno71, P: 445–449.

[62] La station d'épuration des eaux usées à lits plantés de roseaux : la Rhizosphère , Charte de l'Environnement 2006-2010, Aéroport international Strasbourg, action 28.

الملخص

نظرا لأهمية الماء البالغة في الحياة البشرية، الإنسان، الحيوان والنبات أدى إلى استعماله الواسع في شتى المجالات، مما تسبب في تلوثه، فنتج عنه ندرة لهذه الثورة الثمينة على الأرض، ومن هذا الإشكال خصصت الدول وخاصة الصناعية طرق تهدف إلى معالجة المياه، وكان لزاما عليها أن تواكب التكنولوجيا لتسهيل هذه العملية وتقليل تكلفتها.

ومن هذه المعارف تطرقنا لهذه الدراسة التي تهدف إلى اختبار استعمال نبات القصب في معالجة المياه المستعملة التي حاولنا فيها جمع وحوصلة كل ما يخص معالجة المياه بطرق عديدة كالفيزيائية والكيميائية، حيث سلطنا الضوء على المعالجة البيولوجية التي تتم طبيعيا بواسطة النباتات الصغيرة كالطحالب والبكتيريا أو الكبيرة مثل القصب، وهذا الأخير بانتشارها الواسع وسهولة نموه في الأراضي الرطبة فقد أثبت كفاءته العالية في تراكم العناصر الملوثة على أجزائه خاصة الجذور، فهو يستعمل مع خاصية الجريان السطحي للماء مع الأخذ بعين الاعتبار طبيعة تواجده سواءا كان مغمورا أو بارزا

الكلمات المفتاحية: المياه المستعملة، المعالجة البيولوجية، التنقية النباتية، القصب.

Résume :

Compte tenu de la grande importance de l'eau dans la vie humaine d'un être humain, un animal et une plante ont conduit à son utilisation généralisée dans divers domaines, provoquant sa pollution, résultant en une pénurie de cette révolution précieuse sur terre, de quelle manière les États, en particulier les industriels, ont attribué des méthodes de traitement de l'eau et ont dû suivre le rythme de la technologie pour faciliter ce processus et en réduire le coût.

De ces connaissances, nous avons examiné cette étude, qui vise à tester l'utilisation des usines de canne à sucre dans le traitement des eaux usées, dans lequel nous avons essayé de recueillir et de produire l'ensemble du traitement de l'eau de nombreuses façons, telles que physique et chimique, où nous avons mis en évidence le traitement biologique effectué naturellement par les petites plantes, telles que les algues et les bactéries ou les grandes, telles que la canne.

Mots-clés : Eaux usées, traitement biologique, phytoépuration, Phragmites